CIMAS

I CONGRESO INTERNACIONAL DE LAS MONTAÑAS, SIERRA NEVADA 2018

MONTAÑAS.

FUENTES DE VIDA Y DE FUTURO

ACTAS DEL

I CONGRESO INTERNACIONAL DE LAS MONTAÑAS
SIERRA NEVADA 2018

8 al 11 de marzo de 2018 · Granada

eug

Manuel Titos Martínez
Teodoro Luque Martínez
José Manuel Navarro Llena
(Editores)

ACTAS DEL

I CONGRESO INTERNACIONAL DE LAS MONTAÑAS SIERRA NEVADA 2018

8 al 11 de marzo de 2018 · Granada

MON-TA-ÑAS.

FUENTES DE VIDA Y DE FUTURO

eug

Editores:
Manuel Titos Martínez
Teodoro Luque Martínez
José Manuel Navarro Llena
© Los respectivos autores
© Universidad de Granada
Campus Universitario de Cartuja
Colegio Máximo, s.n., 18071, Granada
Telf.: 958 243 930 - 246 220
Web: editorial.ugr.es
ISBN: 978-84-338-6510-6
Edita: Editorial Universidad de Granada
Campus Universitario de Cartuja. Granada
Diseño de cubierta: Tarma, estudio gráfico. Granada

Printed in Spain *Impreso en España*

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

I N D I C E

Pag

INTRODUCCIÓN

9 • Introducción Comité Científico.
13 • Sesión inaugural. La Montaña en la cultual y el arte. D. Eduardo Martínez de Pisón.

COMUNICACIONES

15 1. Geología, geomorfología y procesos geológicos

17 • Huellas geoquímicas del cambio ambiental en Sierra Nevada (España) durante los 11.500 años. ANTONIO GARCIA-ALIX; FRANCISCO J. JIMÉNEZ ESPEJO; GONZALO JIMÉNEZ-MORENO ; R. SCOTT ANDERSON; ANTONIO DELGADO HUERTAS; FRANCISCA MARTÍNEZ-RUIZ; JAIME L. TONEY; MARIA JOSÉ RAMOS-ROMÁN; JON CAMUERA; JOSE MANUEL MESA-FERNÁNDEZ.
25 • Ideas clave para entender el origen y formación de las montañas. LUIS CARCAVILLA URQUÍ
37 • Evaluación del riesgo por deslizamientos en la vertiente meridional de Sierra Nevada (España). JORGE DAVID JIMÉNEZ PERÁLVAREZ.
57 • ¿Qué mantiene a Sierra Nevada (Granada, España) por encima de los 3.000m de altitud? JOSÉ MIGUEL AZAÑÓN HERNÁNDEZ.
61 • Aportación de los ecosistemas serpentínicos a la red de Parques Nacionales de España. Biodiversidad y valores de conservación de Sierra Bermeja (Málaga). NOELIA HIDALGO-TRIANA; JOSÉ GÓMEZ-ZOTANO; ANDRÉS V. PÉREZ-LATORRE; FELIPE ROMÁN-REQUENA.

77 2. La montaña como albergue de endemismos y biodiversidad: flora, vegetación, fauna

79 • Efecto de la cobertura arbórea en variables botánicas, faunísticas y edáficas en el sistema montañoso de El Pardo (Madrid, España). ANTONIO ALBERTO RODRÍGUEZ SOUSA.
101 • Los antiguos mamíferos que poblaron Sierra Nevada (España). ELVIRA MARTÍN SUÁREZ; ANTONIO GARCÍA-ALIX DAROCA; RAEF MINWER-BARAKAT REQUENA; MATTHIJS FREUDENTHAL.
111 • Estado de las poblaciones de chova piquirroja (P. phyrrocorax) en el Parque Nacional de Sierra Nevada (España) y áreas periféricas. Diagnostico preliminar, análisis comparativo temporal y propuestas de actuación. JESÚS M. ZÚÑIGA .
125 • Volcán del Chimborazo (6268 msnm) en Ecuador: una cima singular con un sistema singular de gestión basado en la conservación de los caméllidos. JOSÉ GUERRERO CASADO; SOFÍA CRESPO GASCÓN.
135 • Reconstrucción paleoecológica de los bosques de Sierra Bermeja (Serranía de Ronda. Málaga, España) a través del registro de carbón. JOSÉ ANTONIO OLMEDO-COBO; RAQUEL CUNILL-ARTIGAS; JOSÉ GÓMEZ-ZOTANO.
155 • Diseño de una actuación de restauración del enebral en la alta montaña de Sierra Nevada (Granada, España). Trabajo en curso. REGINO ZAMORA RODRÍGUEZ; ANTONIO J. PÉREZ-LUQUE.
159 • Decaimiento de las Repoblaciones de pinar en Andalucía. El caso de la Sierra de Baza. JOSÉ RAMÓN GUZMÁN ÁLVAREZ, BORJA NEBOT SANZ, JAIME GONZÁLEZ SECO, JAVIER VENEGAS TRONCOSO, ANGEL CARRASCO GOTARREDONA, JUAN SÁNCHEZ RUIZ , MANUEL MEDINA, REGINO ZAMORA RODRÍGUEZ, RAFAEL NAVARRO CERRILLO, ANTONIO SÁNCHEZ ANGUITA, SIXTO RODRÍGUEZ REVIRIEGO, JOSÉ MANUEL RUIZ NAVARRO, MIGUEL ÁNGEL GÓMEZ DE DIOS, ANTONIO MUÑOZ RISUEÑO, RAFAEL CÉSAR DE CÓRDOBA, JAVIER COBOS AGUIRRE, SONIA SÁNCHEZ PALOMARES, IGNACIO HENARES; JAVIER NAVARRO; JAVIER CANO-MANUEL; FRANCISCO JOSÉ RUIZ GOMEZ , FRANCISCO BRUNO NAVARRO.

169 3. Suelos, glaciares y recursos hídricos

171 • Análisis e identificación de los servicios ecosistémicos de la Criosfera del Parque nacional de Sagarmatha; Everest, Himalaya. DANIEL BOYANO SOTILLO
187 • Las acequias de careo de Sierra Nevada (Sur de España): una herramienta ancestral para la adaptación al cambio climático. SERGIO MARTOS ROSILLO; ANTONIO GONZÁLEZ RAMÓN;

Pag

CARLOS MARÍN LECHADO; CAROLINA GUARDIOLA ALBERT; ANA RUIZ CONSTÁN; FRANCISO MORAL MARTOS; EDUARDO NAVARRETE MAZARIEGOS; JORGE JÓDAR BERMÚDEZ; ANTONIO PEDRERA PARIAS; JUAN JOSÉ DURÁN VALSERO.

200 • Ambientes periglaciares durante la pequeña edad de hielo en Sierra Nevada (España). Origen y evolución del foco glaciar del Corral del Veleta. ANTONIO GÓMEZ ORTIZ; MARC OLIVA FRANGANILLO; FERRAN SALVADOR FRANCH; DAVID PALACIOS; LUIS M. TANARRO GARCÍA; JOSÉ J. SANJOSÉ BLASCO.

215 • Fuentes para el estudio de los cambios de Usos y Coberturas del Suelo. Estado de la cuestión. DAVID GARCÍA-ÁLVAREZ; MARÍA TERESA CAMACHO OLMEDO.

233 • Taxus baccata en Sierra Arana (Granada, España). Análisis de una población en peligro crítico de extinción. JOSÉ ANTONIO OLMEDO-COBO; JOSÉ GÓMEZ-ZOTANO.

249 • Las centrales hidroeléctricas de Jérez del Marquesado (Granada). JUAN CARLOS GUERRERO RUIZ; JOSÉ MARÍA MARTÍN CIVANTOS.

265 4. Montaña: evolución, conservación y cambio climático

267 • Cambios en la vegetación, clima e impacto humano durante los últimos 11.500 años en Sierra Nevada. GONZALO JIMÉNEZ-MORENO; R. SCOTT ANDERSON; MARÍA J. RAMOS-ROMÁN; JON CAMUERA; JOSE MANUEL MESA-FERNÁNDEZ; SAUL MANZANO; ANTONIO GARCÍA-ALIX; FRANCISCO J. JIMÉNEZ-ESPEJO; JOSÉ S. CARRIÓN; JAIME L. TONEY

275 • Construcción de una serie climática de nubosidad en una montaña mediterránea: el caso de Calar Alto (Sierra de los Filabres, Almería). JOSE ANTONIO QUESADA MORENO; EMILIO MARTÍNEZ IBARRA.

285 • Caracterización del aerosol biológico de Sierra Nevada (Granada, España). DIANA URESTI DURÁN; PALOMA CARIÑANOS GONZÁLEZ; LUCAS ALADOS ARBOLEDAS; HASSAN LYAMANY.

303 • La consideración del medio natural como espacio deportivo en la nueva Ley del deporte de Andalucía y la consiguiente obligación para los municipios de fomentar las actividades deportivas en la naturaleza. JAVIER LUNA QUESADA.

319 5. Recursos agrícolas, ganaderos y cinegéticos

321 • La trashumancia en Sierra Nevada (España) y su Patrimonio Cultural Inmaterial. ESTEFANÍA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ.

337 • ¿Cómo es de rentable el olivar de montaña andaluz? MANUEL PARRAS ROSA; FRANCISCO JOSÉ TORRES RUIZ; MANUELA VEGA ZAMORA.

343 • Agricultura, turismo y desarrollo rural: un análisis exploratorio en la montaña de Sierra Nevada (Andalucía, España). ARLINDA ARENLIU; FRANCESCA REGOLI; MATTEO VITTUARI; SAMIR SAYADI.

363 6. Historia, paisaje y patrimonio cultural

365 • Naturaleza y cultura en la valoración moderna de la Sierra de Guadarrama. NICOLÁS ORTEGA CANTERO.

377 • Caracterización y evolución del paisaje en los humedales y turberas de Padul (Parque Natural de Sierra Nevada, Granada). JONATAN ARIAS-GARCÍA.

399 • Un daguerrotipo de 1847: La primera imagen fotográfica de Sierra Nevada (Granada, España). MANUEL TITOS MARTÍNEZ.

419 • Patrimonio cultural, histórico y natural de las Fuentes del Montseny. OSCAR FARRERONS-VIDAL.

433 • Naturaleza, cultura, paisaje y sociedad histórica en las montañas vascas. ÁNGEL MARTÍNEZ MONTECELO; JOSE RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ.

445 • Revisión de la investigación histórico-médica en torno a la cultura material de la tradición Ayurveda desde la perspectiva del pluralismo terapéutico contemporáneo. EDUARDO SÁNCHEZ SASTRE.

465 • Itinerarios poéticos por Sierra Nevada (Granada, España): Sulayr, los caminos y los pinceles de la luz. RAFAEL HERNÁNDEZ DEL ÁGUILA; FRANCISCO JAVIER TORO SÁNCHEZ).

Pag

485 • Arquitectura vernácula de montaña: innovación versus preservación. FRANCISCO J DEL CORRAL DEL CAMPO.

497 7. Deporte y turismo en la montaña

499 • Peligrosidad por movimientos de ladera en itinerarios turísticos de alta frecuentación en el alto Genil, Güejar Sierra (Granada, España), Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada. ANA BELÉN PÉREZ MUÑOZ; MIGUEL VILLALOBOS MEGÍA; FRANCISCO ROLDÁN GARCÍA; ROSA MARÍA MATEOS RUIZ; TOMÁS PEINADO PARRA.

517 • Gestión deportiva en espacios naturales protegidos, gobernanza en red colaborativa hacia un desarrollo sostenible. Tesis ganadora del Premio CIMAS a Jóvenes investigadores. EDUARD INGLÉS YUBA.

531 • Los problemas de las carreras (de o por) montaña o Trail running. Un análisis de reglamentos oficiales. VÍCTOR LABRADOR ROCA; EDUARD INGLÉS YUBA; JOAN BABÍ LLADÓS; MÍRIAM ROCHER DOLZ; IÑIGO GARCIA CHARTERINA.

547 • Análisis del perfil de los usuarios-visitantes del medio natural en España. Primeros avances. PABLO LUQUE VALLE.

561 • El papel de la FEDME en la defensa del medio natural, las carreras por montaña. PAU PÉREZ DE PEDRO.

571 • Práctica de actividades deportivas en espacios naturales protegidos y uso de drones con ocasión de las mismas: caso del Parque Nacional de Sierra Nevada (Granada, España). FRANCISCO MIGUEL BOMBILLAR SÁENZ.

583 • Análisis Jurídico-penal del deporte de riesgo en la montaña. JOSÉ MANUEL RÍOS CORBACHO; MANUEL RODRÍGUEZ MONSERRAT.

589 • El control administrativo de las actividades deportivas en los Espacios Naturales Protegidos. A propósito de la viabilidad de la colaboración de las federaciones deportivas. *IGNACIO JIMÉNEZ SOTO.*

603 • "Fuera lo rubinao!" El patrimonio material de la escalada en el Parque Natural de la montaña de Monserrat (Barcelona). Trabajo en curso. JORDI MORERAS.

607 • Variabilidad de la frecuencia cardíaca durante el ascenso al Kanchenjunga: ¿un parámetro fiable? Estudio de un caso. Trabajo en curso. ELENA SARABIA-CACHADIÑA; CARLOS MARTÍNEZ GARCÍA; ÓSCAR BARQUERO PÉREZ; REBECA GOYA ESTEBAN; ANTONIO J CAAMAÑO; JOSÉ LUIS ROJO ÁLVAREZ.

613 8. Gestión y territorio

615 • La incidencia del Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo en el entorno de Sierra Nevada (España). JUAN GARRIDO CLAVERO; RAFAEL HERNÁNDEZ DEL ÁGUILA; MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DEL ÁRBOL.

629 • La cartografía participativa de servicios de los ecosistemas como herramienta para la ordenación territorial. PALOMO-CAMPESINO, SARA; MORENO-ORTIZ, JAVIER; PALOMO, IGNACIO; MATARÁN RUIZ, ALBERTO; GONZÁLEZ, JOSÉ A.

639 • El Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada y su influencia en Sierra Nevada (España). JUAN GARRIDO CLAVERO; MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DEL ÁRBOL; RAFAEL HERNÁNDEZ DEL ÁGUILA.

657 • Análisis del imput de conocimiento científico en el ciclo de gestión de áreas naturales protegidas: brechas y oportunidades. Caso de estudio: Parque Nacional Huascarán (Perú). MARÍA D. LÓPEZ-RODRÍGUEZ; HERMELINDO CASTRO NOGUEIRA ; MARCO ARENAS ASPILCUETA; ELÍAS VALENZUELA QUEVEDO; RICARDO J. GÓMEZ-LÓPEZ; ASUNCIÓN CANO; JAVIER CABELLO PIÑAR.

671 • El modelo de gestión del desarrollo en las reservas de la Biosfera y su implementación en los espacios de montaña: El caso de Sierra Nevada (Granada, España). ALEJANDRO RUIZ-RUIZ; LAURA PORCEL-RODRÍGUEZ; YOLANDA JIMÉNEZ-OLIVENCIA.

691 • Distintos enfoques de Participación Social en los Planes de Desarrollo Rural. ITZIAR BARINGA-REMENTERIA ZABALETA; ARTITZAR ERAUSKIN-TOLOSA.

Pag

709 • La apuesta por el turismo en Sierra Nevada (Granada, España), desde el eje Leader entre 2007 Y 2013. JUAN CARLOS MAROTO MARTOS; AIDA PINOS NAVARRETE; EUGENIO CEJUDO GARCÍA; FRANCISCO A. NAVARRO VALVERDE.

733 • Desarrollo rural en el espacio natural Sierra Nevada (Granada, España). Las actuaciones Leader en el período 2007-2013. EUGENIO CEJUDO GARCÍA; FRANCISCO NAVARRO VALVERDE; MAROTO MARTOS, JUAN CARLOS; JOSÉ ANTONIO CAÑETE PÉREZ.

749 • Gestión adaptativa para la protección de servicios ecosistémicos ante un escenario de cambio climático: el proyecto LIFE ADAPTAMED. JOSÉ MIGUEL BAREA AZCÓN; RUT ASPIZUA CANTÓN; FRANCISCO JAVIER CANO; MANUEL LEÓN; REGINO ZAMORA RODRÍGUEZ.

759 • Análisis de información de redes sociales deportivas para facilitar la gestión y explotación de recursos naturales. ISAAC LERA[1] CARLOS GUERRERO; TONI PÉREZ VICTOR M.EGUÍLUZ; CARLOS JUIZ.

777 • Esbozo metodológico para un derecho de la montaña. ADOLFO J. SÁNCHEZ HIDALGO.

785 • Co-creación de un valor online en el ecoturismo de montaña. LAURA HERNÁNDEZ LÓPEZ ; SALVADOR DEL BARRIO GARCÍA.

801 • Actuación para la divulgación de los valores geológicos en los parques nacionales de montaña. L. ROBERTO RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ.

809 • Aplicaciones de las TIG para la determinación de geoindicadores del cambio climático en glaciares del Valle de la Laguna Parón (Cordillera Blanca, Perú). *Trabajo Fin de Máster ganador del Premio CIMAS a Jóvenes investigadores.* ÁLVARO NAVARRO FRUTOS.

829 • Proyecto OPCC-2: La cooperación transfronteriza como herramienta para la adaptación al cambio climático en zonas de montaña. Trabajo en curso. JUAN TERRÁDEZ MAS ; IDOIA ARAUZO.

835 • La gestión del marketing de las áreas naturales protegidas. Trabajo en curso. TEODORO LUQUE MARTÍNEZ; LUIS DOÑA TOLEDO; NINA FARAONI; IRVING MARTÍNEZ GASCA.

843 • Ciencia Ciudadana en la Red Española de Reservas de la Biosfera. Programa de Seguimiento Fenológico. Trabajo en curso. MANUEL OÑORBE; ÁLVARO DE TORRES.

847 • Auditoría de marketing y estaciones de esquí, especial referencia a redes sociales. Trabajo en curso. TEODORO LUQUE MARTÍNEZ; LUIS DOÑA TOLEDO; NINA FARAONI; IRVING MARTÍNEZ GASCA.

855 • EWOM sobre dimensiones de RSC en destinos turísticos de montaña. ¿Cuál es la más útil e influyente?. Trabajo en curso. MARINA ZANFARDINI; ENRIQUE BIGNÉ; LUISA ANDREU

863 **CONCLUSIONES MESAS REDONDAS**

865 • Tecnologías de la información y la comunicación para ayudar en la montaña

869 • Culture and biodiversity in Mediterranean Mountains- A necessary alliance

871 • Seguridad en montaña

873 • Aerosol atmosférico en sitios de montaña y sus efectos climáticos

877 • Haciendo frente al cambio global en las áreas protegidas.

879 • El fenómeno socioeconómico de los eventos deportivos en los espacios de montaña.

881 • Instrumentos de fomento y control de las actividades deportivas en los espacios naturales protegidos.

883 • Ecosistemas acuáticos de alta montaña, centinelas del cambio global

887 • Marketing y Comunicación de Áreas Naturales Protegidas (ANP)

891 • La industria de la nieve, sostenible ante el cambio global

895 • Problemática de los ungulados en parques nacionales de montaña.

899 • Sociedad y Áreas Protegidas de montaña

903 • Jornada Agesport: Organización de eventos deportivos en espacios naturales. Amenazas y oportunidades.

905 • Cimas Singulares: Montañismo Responsable

POSTER

- Reconstrucción de la ELA AABI en glaciares de la cuenca Parón (Cordillera Blanca, Perú).
- El fenómeno de los neo-rurales en la montaña de Sierra Nevada, en el Sudeste de España
- El sistema Cerromán-Pueblo Alto de Cáñar (Granada): un caso de recarga artificial de tradición oral.
- Distribución del manzano silvestre (Malus sylvestris Mill.) en la Sierras de Guadarrama y de Ayllón
- Actualización fitogeográfica de la vegetación de la sierra de Baza (Granada, España)
- Un físico en las montañas: Extracto de las fichas de divulgación científica del libro "Los Tresmiles de Sierra Nevada"
- Linking earh observation systems with functional and structural biodiversity in Sierra Nevada
- El tapiz edáfico de Sierra Nevada (Granada, España). Singularidad de sus suelos.
- Caracterización del olivar andaluz en pendiente y zonas desfavorecidas
- Movimiento, conectividad y estructura genética de Parnassius apollo en Sierra Nevada
- Elaboración de inventarios de movimientos de ladera multitemporales mediante técnicas de LiDAR y fotogrametría
- Calidad del aire en Sierra Nevada (Granada, España)
- Dinámica de la vegetación, clima e impacto humano durante el Holoceno basado en la reconstrucción del registro sedimentario de humedales de elevada y baja altitud de Sierra Nevada (sureste de la Península
- Papel vectorial potencial de las garrapatas de Parques Naturales del Alto Guadalquivir (Jaén)
- Cambios paleoambientales y climáticos en el sur de la Península Ibérica durante el último periodo glacial y la deglaciación (50.000; 10.000 años AP) mediante el estudio multidisciplinar en la Laguna de Padul
- Hacia la conservación de los humedales de las cordilleras Béticas andaluzas: Contribución a través del estudio de los macroinvertebrados
- Alteración paisajística en la Serranía norte de San Vicente del Raspeig asociado a la construcción de un campo de Golf y urbanizaciones anejas.
- Efecto de quemas prescritas en la germinación y supervivencia temprana de tres pinares Mediterráneos de la Red Natura 2000.
- Beneficios de las técnicas de agricultura de conservación en olivares de montaña.
- Arte Público y Arte Vivo: En los Bordes de lo rural, lo urbano y en la naturaleza
- Remote sensing to address the climate change impacts at Sierra Nevada Global Change Observatory
- Carreras por Montaña: de la insostenibilidad al equilibrio
- Prospectiva del queso tradicional de montaña de Andalucía.
- Ganadería tradicional de montaña y turismo: estudio de caso con razas autóctonas andaluzas.
- Proyecto de exhibición transitoria: Conéctate con los paisajes de montaÑas.
- Caracterización Radiológica de Aguas y Sedimentos de Sierra Nevada
- Comparativa de los principales parámetros hidromorfológicos de las lagunas de Sierra Nevada con el resto de lagunas continentales de Andalucía
- Carreras por Montaña de la insostenibilidad al equilibrio
- Conservación de acequias tradicionales en el Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada (Granada, España).
- Viñedos en montaña. ¿Alternativa frente al cambio climático?

INTRODUCCIÓN

Durante la segunda semana de marzo de 2018 se celebró en el Palacio de Exposiciones y Congresos Granada un Congreso internacional sobre los problemas de las montañas, CIMAS, que ha contado con el aval del Rey de España como presidente de su Comité de Honor, la Presidenta de la Junta de Andalucía como Vicepresidente y con el apoyo de dos consejerías de la Junta de Andalucía, del Espacio Natural Sierra Nevada, de la Estación de Esquí Sierra Nevada, de la Universidad de Granada y de diversas instituciones locales y regionales públicas y privadas.

El último de los reyes granadinos de la dinastía zirí, dejó constancia en sus *Memorias* redactadas en el siglo XI de la influencia de Sierra Nevada en la ubicación de la población granadina : las aguas del río Genil, la rica comarca que éste riega y la protección que le daban al lugar las montañas de Sulayr, fueron determinantes para situar aquí la capital de su reino. Seguramente que los romanos y quienes ocuparon estos solares en tiempos más remotos, tuvieron las mismas razones que los musulmanes para buscar junto al Genil y el Darro un lugar ideal para vivir, procrear y morir. Los hombres han vivido siempre en la montaña y de la montaña. Constituye el origen del agua y en el agua está el origen de la vida.

Granada es tributaria de Sierra Nevada por la riqueza, la belleza y el disfrute que la misma le aporta y así lo ha reconocido históricamente con numerosas exposiciones, eventos deportivos, congresos y un valioso programa de investigación, en todos los ámbitos del saber, que remonta sus orígenes varios siglos atrás, pero que ha adquirido una especial relevancia desde la segunda mitad del siglo XX, de manera que es ingente la cantidad de conocimiento acumulado e inmensa la bibliografía a través de la cual el mismo se ha puesto a disposición de la sociedad para que comprenda, disfrute y actúe en consecuencia.

No podemos olvidar en este sentido la “1ª Conferencia Internacional Sierra Nevada. Conservación y Desarrollo Sostenible”, celebrada en 1996, de la que se conservan cinco gruesos volúmenes de ponencias y comunicaciones, o las Conferencias sobre la Alpujarra: “Recursos naturales, conservación, agricultura y medio ambiente”, celebradas en 1997 y 1999.

Tampoco las numerosas exposiciones en las que las montañas han sido protagonistas, comenzando por la organizada por Antonio Gallego Morell en 1961 en la hemeroteca y museo de la Casa de los Tiros de Granada, o las más recientes, “Sierra Nevada: naturaleza y recursos” organizada por la Universidad en 1995, la conmemorativa del centenario del montañismo en Granada organizada por la Diputación Provincial en 1998, “Luces de Sulayr”, de 2009 organizada por el Parque Nacional y la Fundación Caja Granada, y “Volando a ras de nieve” organizada por Cetursa en 2014 para conmemorar el centenario de la primera vez que unos intrépidos jóvenes granadinos se calzaron unos esquís en Sierra Nevada para dejarse caer por las faldas del Dornajo.

Desde aquellos lejanos comienzos que se han intentado conmemorar con dichos eventos, Sierra Nevada ha tenido la oportunidad de convertirse en una de las primeras estaciones de esquí de Europa, donde se han celebrado numerosas pruebas de la Copa del Mundo, dos Campeonatos del Mundo: el de esquí alpino en 1996 y el de Snowboard y free Style en 2017 y una Universiada, una olimpiada de invierno universitaria, en la que participaron 1551 deportistas de 43 países.

También ha progresado en su reconocimiento como espacio protegido, con la proclamación en 1966 como Reserva Nacional de Caza, en 1986 como Reserva de la Biosfera por la Unesco, como Parque Natural en 1989 por el Parlamento de Andalucía, como Parque Nacional por las Cortes Generales de España en 1999 y su inclusión en la red Natura 2000. El trabajo del equipo responsable del Espacio Natural facilitó en 2014 la entrada de Sierra Nevada en la Lista Verde de Áreas Protegidas Bien Gestionadas de la Unión Internacional

para la Conservación de la Naturaleza (UICN), que integra tan solo a veinticuatro áreas de todo el mundo.

El caudal de conocimientos que hemos adquirido sobre Sierra Nevada es ingente, como resultado del interés de los científicos de las Universidades y de los Centros de Investigación de todo el mundo, pero particularmente de los ubicados las provincias de Granada, Almería, Jaén y Málaga y es inmensa la cantidad de bibliografía publicada, en todos los ámbitos del saber, que ha ampliado nuestro conocimiento sobre este espacio natural tan singular.

Sin embargo, como todos los sistemas montañosos, como el planeta en su conjunto, los retos actuales son también ingentes:

- Cómo compatibilizar explotación legítima y necesaria (turística, deportiva, agrícola, ganadera, cinegética) con la conservación de sus valores biológicos, paisajísticos y culturales.
- Cómo mejorar lo que hemos recibido para transferírselo a otras generaciones.
- Cómo frenar o al menos retrasar los efectos a los que están sometidas las montañas como consecuencia del cambio climático, generador de un cambio global
- Cómo implicar a la sociedad en el proyecto, para que lo entienda no como un conjunto de prohibiciones caprichosas sino como una necesidad para la conservación del planeta y la nuestra propia
- Cómo seguir ampliando el conocimiento científico y cultural que tenemos de las montañas para conseguir que sigan siendo fuentes de vida y fuentes de futuro, como dice el lema del Congreso.

Esto va más allá de los límites geográficos de Sierra Nevada para convertirse en un reto también global y esto es lo que ha querido ser CIMAS que, ámbito mundial, ha pretendido profundizar en el conocimiento para conseguir armonizar una explotación responsable y un compromiso de conservación para el futuro.

Por ello, sin olvidar donde estamos, hemos querido ampliar el marco geográfico y expandir el temático para que CIMAS se convirtiera en:

- Un punto de encuentro de investigadores de cualquier lugar y sobre cualquier tema relacionado con el conocimiento y el uso de las montañas.
- Un planteamiento de debates y discrepancias en torno a los problemas sobre los que se ha pretendido centrar el Congreso.
- Y una integración de áreas aparentemente contrapuestas como son las de la explotación y la conservación, con el propósito de aunar criterios que permitan alcanzar un compromiso consensuado colectivo.

La inscripción de 851 personas y la presencia de un centenar y medio de expertos de todas las áreas posibles del conocimiento procedentes de dieciséis países de los cuatro continentes, que han acudido a Granada por la garantía que la organización les ofrecía y la singularidad de contar con la montaña más elevada de la península Ibérica, el tercer sistema montañoso de Europa por su altitud tras el Cáucaso y los Alpes, permite afirmar que el conocimiento sigue progresando y que, aunque los debates siguen abiertos, es posible seguir avanzando en una teoría de la convergencia en la comprensión del paisaje y de sus distintos retos y posibilidades.

Como miembros del Comité Científico y en el del Comité Asesor en el que se han integrado representantes de las Universidades y Centros de Investigación de nuestro entorno, representantes del Parque Nacional Sierra Nevada y de Cetursa, organizaciones públicas y empresariales e individuos que por su singularidad podían ayudar a encauzar los objetivos y dinamizar la participación, en el del director del Palacio de Congresos Raúl Lozano y en el del director técnico del Congreso, José Manuel Navarro Llena, queremos agradecer el respaldo

organizativo y financiero que ha prestado la Junta de Andalucía a través de varias de sus Consejerías, a la Universidad de Granada, a la empresa pública Cetursa, al Organismo Parque Nacional Sierra Nevada, a la Diputación Provincial, al Ayuntamiento de Granada y a las numerosas instituciones e públicas y privadas que han confiado en este evento y han dado la oportunidad de que se desarrolle.

También a los que han participado como estudiantes, como conferenciantes, ponentes, integrantes de mesas redondas, organizadores del curso universitario, responsables de las actividades culturales complementarias y a los investigadores que han presentado sus trabajos bajo las diferentes formas que se establecieron para ello: comunicaciones, pósteres, resúmenes de TFG, TFM y tesis doctorales.

Y, naturalmente, a su majestad el Rey de España que, con la aceptación de la presidencia del Comité de Honor, prestó su aval para que este evento haya sido posible.

CIMAS nació con la voluntad de constituirse en un congreso de referencia internacional por su organización, por la calidad de sus contenidos, por el prestigio de sus ponentes y, sobre todo, por proponer y defender la transversalidad en las propuestas científicas y por favorecer las hipótesis que integren diferentes visiones que ayuden a garantizar la sostenibilidad económica, la riqueza y variedad ecológica y el respeto al medio a través del conocimiento de sus paisajes naturales y humanos. Un foro de exposición, de discusión y de consenso donde aportar conocimiento e ideas innovadoras para compatibilizar el desarrollo y la conservación.

Durante su celebración se ha trabajado para conseguir este objetivo con inteligencia y con pasión, la única cosa seria según escribió Oscar Wilde. Recordemos la conferencia inaugural de Eduardo Martínez de Pisón y la de clausura de Ramón Araujo, en la que la pasión terminó imponiéndose al argumento.

Y pasión para que no nos ocurra lo que premonitoriamente denunciaba García Lorca, que nació y murió tan cerca de aquí: “La aurora llega y nadie la recibe en su boca / porque ya no hay mañana ni esperanza posible”. Y para que sepamos conservar lo que tenemos, conscientes cada vez más de su agónica fragilidad, “porque ;continuando con lo que escribió Federico- tan solo el diminuto banquete de la araña / basta para romper el equilibrio de todo el cielo”.

Granada, marzo de 2018

Manuel Titos
Teodoro Luque
Eduardo Valenzuela
(Comité Científico)

LA MONTAÑA EN LA CULTURA Y EL ARTE

(Resumen de la conferencia inaugural)

No sería posible, en nuestra cultura europea, referirnos a la cultura más característica en época moderna prescindiendo de lo que los paisajes de montaña han intervenido en su modelación, desde el Renacimiento y sobre todo en la Ilustración y el Romanticismo. En este último movimiento cultural, las montañas – y en ellas principalmente la cordillera de los Alpes- intervinieron en algunas de las expresiones de sus más poderosos sentimientos, como escenario, como acción y como pensamiento. Hay, no obstante, versiones parciales de estos movimientos culturales que, por razones históricas, fueron marginales y no participaron o lo hicieron en escasa o tardía medida en tal arraigo, lo que les ha privado de un sentido que fue un eje claro, entre otros, en los ámbitos de la ciencia, del arte e incluso de la filosofía. Porque fue una corriente cultural abarcadora, completa, que cubrió todas esas manifestaciones nobles de modo conjunto.

Del mismo modo, donde esa corriente tuvo lugar, en numerosos países de Europa, la montaña fue objeto de una mirada complaciente, admirada, respetuosa y, como fruto final, del otorgamiento de unos valores que se superpusieron a su formidable entidad física y a su experiencia directa. De tal modo que, hoy, existe una montaña paralela, como un reflejo de la real, creada por el hombre tras su vivencia, interpretación y filtro, que no se encuentra sólo entre sus relieves, sino fuera de ellos, en bibliotecas y museos. Esta montaña complementaria es imprescindible para entender lo que son, como totalidad, sus paisajes.

Si no es factible comprender las montañas sin haber estado en ellas, sin la asimilación vital de sus realidades, y no bastaría con intentar su aproximación a través sólo desde números, letras o pinceles, tampoco es completa una visión que prescinda de éstos, entregada a un contacto meramente práctico, deportivo o turístico.

La montaña de quien la vive es mejor, hasta es tal vez íntegra, cuando también la lee, piensa y disfruta en el campo del arte. La del pintor, escritor, lector, músico, igualmente será menos parcial cuando la una a la vivencia que sólo procede del sentimiento directo de su naturaleza. Hoy ambos campos forman una unidad indisociable para la comprensión adecuada de los paisajes de montaña. Repasar la historia de este paisaje cultural, sobre todo cuando ha sido insuficiente en su momento como efecto de la mencionada marginalidad, es imprescindible, por un lado, para nuestra incorporación plena a la montaña a través de su cultura, y por otro para gozar, que no es poco, de sus regalos extraordinarios en reflexión, literatura, música, pintura y ciencia. Otra montaña, la devuelta en forma de cultura por el hombre agradecido a su naturaleza, permite agrandarla, situarla correctamente, disfrutar con calidades superiores y nos enseña a mirar, a ver mejor la roca, las nieves, los bosques y las gentes.

Eduardo Martínez de Pisón

C O M U N I C A C I O N E S

1. Geología, geomorfología y procesos geológicos

- Huellas geoquímicas del cambio ambiental en Sierra Nevada (España) durante los 11.500 años.
- Ideas clave para entender el origen y formación de las montañas
- Evaluación del riesgo por deslizamientos en la vertiente meridional de Sierra Nevada (España)
- ¿Qué mantiene a Sierra Nevada (Granada, España) por encima de los 3.000m de altitud?
- Aportación de los ecosistemas serpentínicos a la red de Parques Nacionales de España. Biodiversidad y valores de conservación de Sierra Bermeja (Málaga)

HUELLAS GEOQUÍMICAS DEL CAMBIO AMBIENTAL EN SIERRA NEVADA (S ESPAÑA) DURANTE LOS ÚLTIMOS 11.500 AÑOS

ANTONIO GARCIA-ALIX[1, 2]; FRANCISCO J. JIMÉNEZ ESPEJO[3]; GONZALO JIMÉNEZ-MORENO[1]; R. SCOTT ANDERSON[4]; ANTONIO DELGADO HUERTAS[2]; FRANCISCA MARTÍNEZ-RUIZ[2]; JAIME L. TONEY[5]; MARIA JOSÉ RAMOS-ROMÁN[1]; JON CAMUERA[1]; JOSE MANUEL MESA-FERNÁNDEZ[2]
agalix@ugr.es, fjjspejo@jamstec.go.jp, gonzaloj@ugr.es, scott.anderson@nau.edu, antonio.delgado@csic.es, fmruiz@ugr.es, Jaime.Toney@glasgow.ac.uk, mjrr@ugr.es, jcamuera@ugr.es, jmesa@iact.ugr-csic.es
[1]*Departamento de Paleontología y Estratigrafía, Universidad de Granada, España,*
[2]Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT), CISC-UGR, Armilla, España,
[3]*Department of Biogeochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Japón,*
[4]*School of Earth Sciences and Environmental Sustainability, Northern Arizona University, EEUU,*
[5]*School of Geographical and Earth Sciences, University of Glasgow, UK.*

RESUMEN

En este trabajo se analizan los registros geoquímicos de los depósitos sedimentarios Holocenos (últimos ~11.500 años) de tres humedales alpinos de Sierra Nevada: Laguna de Río Seco (LdRS), Borreguil de la Virgen (BdlV), y Borreguil de la Caldera (BdlC). A partir de estos datos, se realiza una reconstrucción paleoambiental de las áreas de estudio. Los datos geoquímicos de BdlV y de LdRS coinciden con los patrones ambientales generales del Mediterráneo occidental, con una tendencia hacia la aridificación en los últimos 6.000 años. Sin embargo, el registro paleoambiental de BdlC sugiere una evolución diferenciada hacia ambientes más húmedos en los últimos 4.500 años, lo que pone de manifiesto la complejidad de los ambientes alpinos de Sierra Nevada. Finalmente, se ha podido reconstruir impacto antrópico en el área a partir del contenido en plomo de los registros, mostrando la presencia de polución atmosférica a en los últimos 4.000 años.

Palabras clave: *Holoceno, Paleoambientes, Sierra Nevada, Geoquímica, Impacto humano*

ABSTRACT

Here we analyse the geochemical data of three Holocene (last ~11.500 years) sedimentary records from alpine wetlands in the Sierra Nevada: Laguna de Río Seco (LdRS), Borreguil de la Virgen (BdlV), and Borreguil de la Caldera (BdlC). A paleoenvironmental reconstruction has been developed with these data. The geochemical data from BdlV and LdRS agree with the general environmental trends in the western Mediterranean region, showing an aridification trend during the las ~ 6.000 years. However, the paloenvironmental record from BdlC, based on palynological and geochemical data, suggests a local evolution towards humid environments during the last 4.500 years. This supports the environmental complexity of the alpine wetlands in Sierra Nevada. Finally, anthropogenic impact has also been deduced from geochemical proxies, showing an increase in lead atmospheric pollution during the last ~4.000 years.

Keywords: *Holocene, Paleoenvironments, Sierra Nevada, Geochemistry, Human impact*

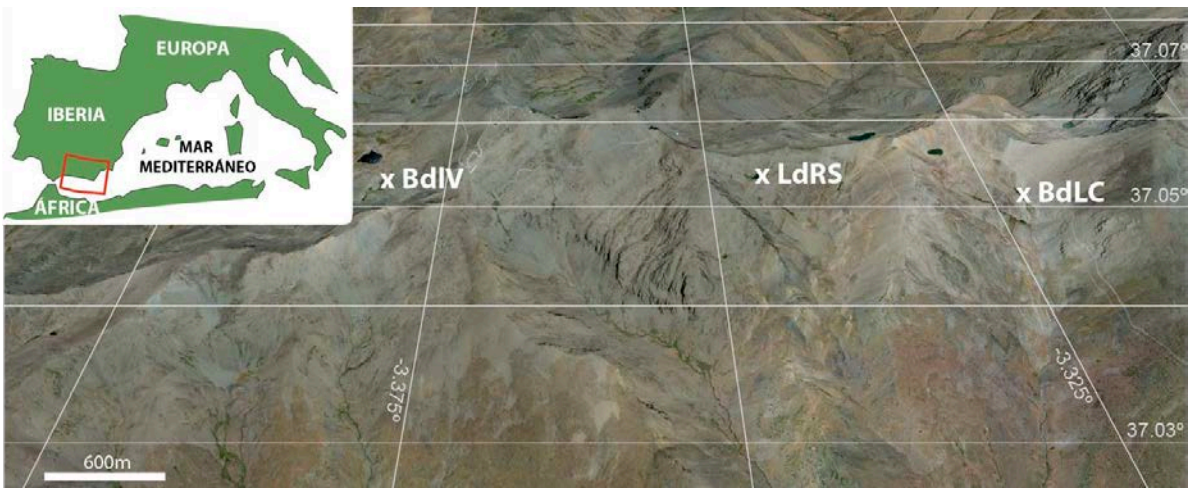
1. Introducción

Las zonas montañosas de la región mediterránea, como las existentes en Sierra Nevada, son áreas extremadamente vulnerables a los cambios ambientales (Regato & Salman, 2008). Esto hace que su futuro sea bastante incierto, ya que las previsiones climáticas en estas áreas sugieren un incremento de la temperatura y disminución de la precipitación (López-Moreno et al., 2011), lo que acelerará drásticamente su degradación ambiental.

Los análisis geoquímicos orgánicos e inorgánicos en materiales sedimentarios son una magnífica herramienta para evaluar las respuestas de ecosistemas pasados a cambios

climáticos, o inducidos por el hombre, así como para reconstruir teleconexiones climáticas a escala hemisférica (García-Alix et al., 2017; Jiménez-Espejo et al., 2014). A este respecto, las áreas alpinas de Sierra Nevada en el sur de la Península Ibérica han experimentado escaso impacto humano durante siglos, por lo que son el laboratorio natural ideal para realizar este tipo de estudios. Los resultados de este trabajo muestran, a partir de análisis de geoquímica orgánica e inorgánica, las respuestas a cambios ambientales producidos por fenómenos naturales vs. los indirectamente inducidos por el hombre en estas áreas alpinas. Las zonas de estudio de este trabajo son de oeste a este: Borreguil de la Virgen, Laguna de Rio Seco y Borreguil de la Caldera.

FIGURA 1
Situación de los registros sedimentarios estudiados en Sierra Nevada: Borreguil de la Virgen, BdlV; Laguna de Río Seco, LdRS; Borreguil de la Caldera, BdlC. Modificado de García-Alix et al. (2017)



2. Métodos

En este trabajo se han estudiado tres testigos sedimentarios con edades que alcanzan ~11.500 en los testigos largos, hasta 4.500 años en los testigos más cortos. Los testigos fueron datados mediante carbono 14 y muestreados a distintas resoluciones (Anderson, Jiménez-Moreno, Carrión, & Pérez-Martinez, 2011; Jiménez-Moreno & Anderson, 2012; Ramos-Román et al., 2016). Las edades de radiocarbono fueron calibradas y se construyó un modelo de edad (cal yr BP) donde el año 0 representa el año calendario 1.950. Todas las edades de este trabajo corresponden a edades expresadas como cal yr BP (anteriores a 1.950). Las muestras de sedimento se secaron mediante liofilización, fueron molidas en mortero de ágata y pesadas. La muestra resultante se dividió en diferentes alícuotas para realizar los distintos análisis geoquímicos. Para los análisis de geoquímica inorgánica, las muestras se atacaron con una mezcla caliente de ácido fluorhídrico al 40% y ácido nítrico al 65% en vasos de teflón durante 150 minutos. Posteriormente, se evaporó la solución y se disolvió de nuevo en 100ml de ácido nítrico con una concentración del 4%. Esta solución se dividió a su vez en dos alícuotas, una para su análisis mediante espectrometría de absorción atómica (elementos mayoritarios y minoritarios), y otra para los análisis de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo ICP-MS (elementos traza) (Jiménez-Espejo et al., 2014).

Para el análisis elemental de CHNS en la materia orgánica del sedimento, una alícuota de sedimento se atacó con ácido clorhídrico a concentración 1M durante 12 horas. A continuación, la muestra se lavó con agua ultrapura (Milli-Q) y se centrifugó para eliminar el ácido sobrenadante. La muestra se volvió a liofilizar y se pesó de nuevo. Posteriormente se realizó el análisis elemental de CHNS (García-Alix et al., 2017; García-Alix, Jiménez-Moreno, Anderson, Jiménez Espejo, & Delgado Huertas, 2012).

En el caso de la extracción de biomarcadores, los extractos de lípidos totales (TLE) de cada muestra de sedimento seco se extrajeron mediante ultrasonidos a una temperatura de 38ºC durante 1 hora a partir de una mezcla 9:1 de diclorometano: metanol. Posteriormente se centrifugó esta disolución y se recogió el solvente sobrenadante, que es donde se concentra el extracto total de los lípidos (TLE), y se secó en una turboVap mediante una corriente de nitrógeno. El TLE obtenido se separó en dos fracciones, una neutra y otra ácida, mediante cromatografía usando gel de sílice-aminopropil y dos solventes: diclorometano-alcohol isopropílico y éter con un 4% de ácido acético, respectivamente. Una vez separadas las fracciones se secaron por corriente de nitrógeno en concentradores de muestra y se pesaron. La fracción neutra se separó a su vez en 4 sub-fracciones mediante cromatografía usando gel de sílice y 4 solventes con distintas polaridades que van desde el desde hexano al metanol. Se obtuvieron las fracciones N1 (hidrocarburos alifáticos), N2 (ketonas, ésteres, aromáticos), N3 (alcoholes), y N4 (fracción polar). De entre todas estas fracciones nos centramos en la N1, dónde se estudian las ceras de las hojas o *n*-alcanos. Las muestras se midieron usando cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID) y acoplada a un espectrómetro de masas (GC-MS) (García-Alix et al., 2017). En este trabajo se va a usar el índice Portion Aquatic (P_{aq}) para caracterizar a los *n*-alcanos: P_{aq}= (C_{23} + C_{25}) / (C_{23} + C_{25} + C_{29} + C_{31}).

3. Resultados

El valor de la relación entre el Zr y el Th muestra los menores valores del registro en LdRS (por debajo de 1,75) durante el Holoceno temprano. En los últimos 7.800 años, este valor va subiendo gradualmente. Al comienzo del Holoceno medio, los valores comienzan a aumentar, y los máximos valores (superiores a 3,25) se alcanzan entre 3.600 y 900 años. Ocasionalmente se alcanzaron estos valores también a 4.700 años y en la segunda mitad del siglo XX (Fig. 2).

La relación entre el Pb y el Al, muestra unos valores bastante homogéneos en LdRS hasta hace 4.000 años, cuando comienzan a subir gradualmente. Los valores de la relación Pb/Al son bastante altos a 2.900 años (mayores que 1,1) y a 2.000 años (superando los 0,7). Los máximos valores se alcanzan durante la segunda mitad del siglo XX (por encima de 1,4) (Fig. 2).

La relación entre el contenido de carbono y el contenido de nitrógeno en LdRS oscila entre 8,4 (~7.500 años) y 14.7 (~2.000 años), registrándose un cambio drástico alrededor de 6.000 años (Fig. 2). El registro de C/N del BdlV muestra los valores más bajos durante el Holoceno temprano, con un valor mínimo de 13,1 hace ~7.200 años. Los máximos valores se observan entre 5.000 y 3.600 años, y al final del siglo XX, con valores mayores que 25 (Fig. 2). Un patrón inverso de variación se puede observar en los *n*-alcanos procedentes de las ceras de las hojas en BdlV a través del índice P_{aq}: Los valores más bajos (por debajo de 0,25), se obtienen entre 5.000 y 3.600 años y durante el siglo XX. Ocasionalmente se han alcanzado valores de P_{aq} menores a 0,25 a 8.400 y a 450 años (Fig. 2 y 3).

Los valores del carbono orgánico total (%TOC) solo se muestran para los últimos 5.000 años en BdlV. En este caso, los mayores valores de TOC (por encima de 30%) se obtienen entre 5.000 y 3.600 años, coincidiendo con los mayores valores de C/N en este registro. El registro de BdlC es más corto, solo 4.500 años, y registra los máximos valores, cercanos al 40% al inicio del registro, entre 4.300 y 3.700 (Fig. 3).

El registro de BdlC es más corto, y cubre solo los últimos 4.500 años. En éste, el P_{aq} muestra un incremento gradual desde valores muy inferiores a 0,01 antes de 3.600 años, hasta los valores máximos que se obtienen en la actualidad (P_{aq}=0,44) (Fig. 2).

FIGURA 2

Comparación de distintos indicadores paleoambientales de Laguna de Río Seco (LdRS) y Borreguil de la Virgen (BdlV): a) abundancia relativa de los granos de polen de Pino en LdRS, b) relación Zr/Th en LdRS, d) relación C/N en LdRS, d) relación C/N en BdlV, e) Portion aquatic (P_{aq}) en BdlV, y f) relación Pb/Al en LdRs. Modificado de Anderson et al. (2011); García-Alix et al. (2017); García-Alix et al. (2012); Jiménez-Espejo et al. (2014)

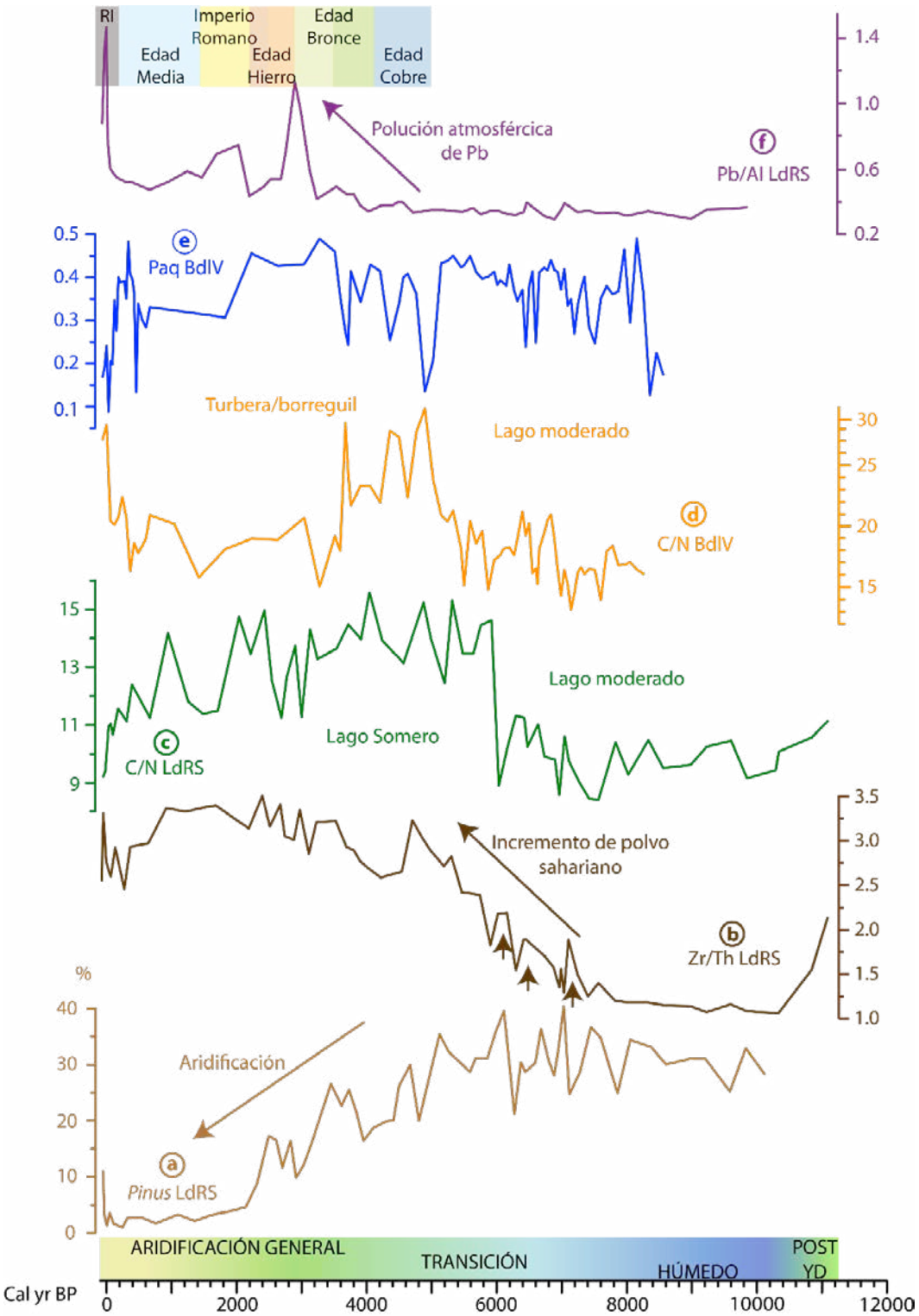
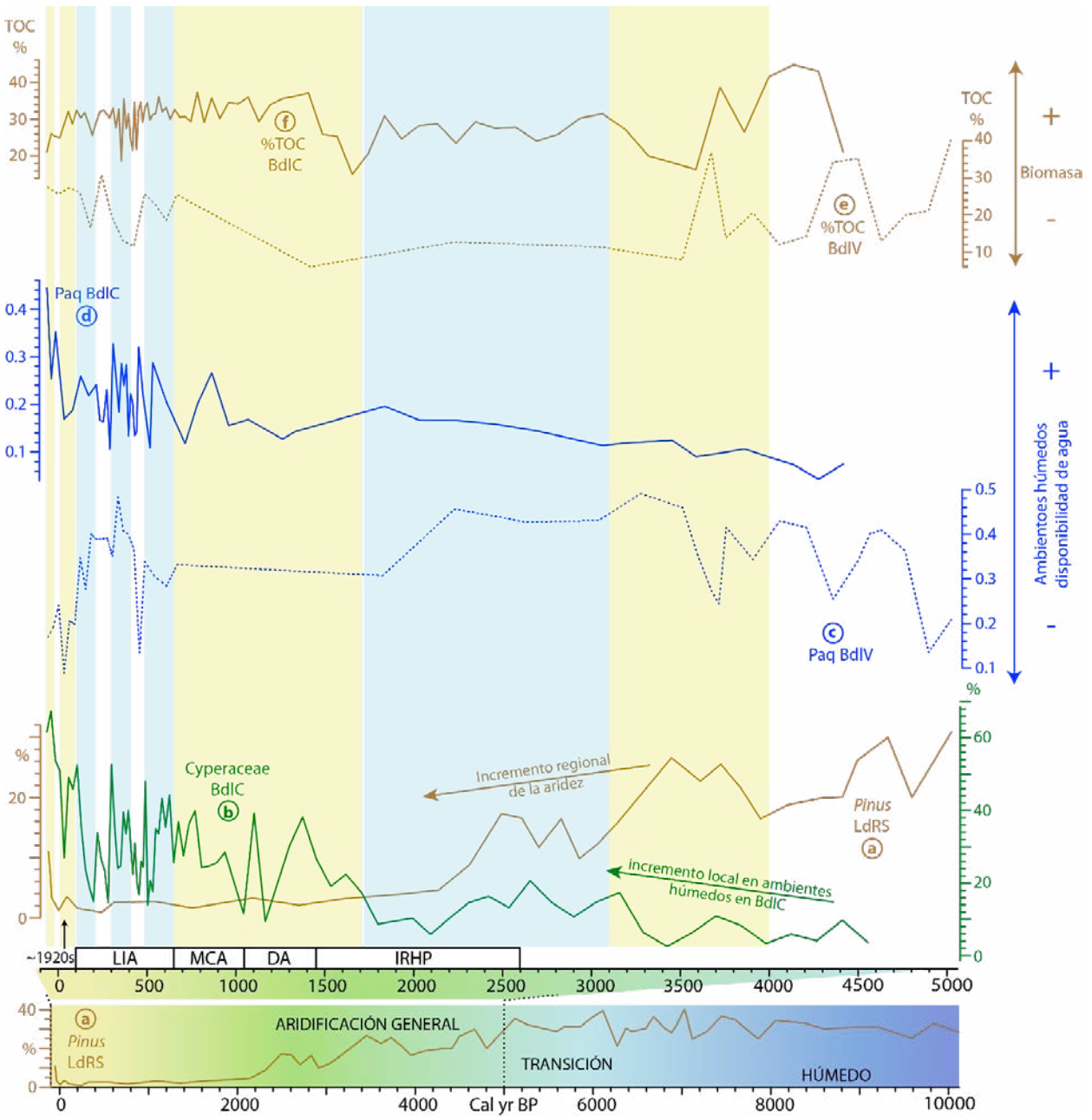


FIGURA 3

Comparación de distintos indicadores paleoambientales de LdRS, BdIV y BdIC durante los últimos 5000 años: a) abundancia relativa de los granos de polen de Cyperaceae en BdIC, b) abundancia relativa de los granos de polen de Pino en LdRS, c) Portion aquatic (P_{aq}) en BdIV, d) Portion aquatic (P_{aq}) en BdIC, e) contenido de carbono orgánico total (%TOC) en BdIV, f) contenido de carbono orgánico total (%TOC) en BdIC. Modificado de Anderson et al. (2011); García-Alix et al. (2017); García-Alix et al. (2012); Ramos-Román et al. (2016).



4. Discusión

Los indicadores geoquímicos estudiados, excepto la relación Pb/Al, nos muestran el grado de humedad o aridez de los distintos ambientes. Estos datos sugieren un ambiente mucho más húmedo durante el Holoceno inicial y medio que en el tardío. El Zr/Th está relacionado con las entradas de polvo sahariano y muestra mínimos valores durante el Holoceno inicial y medio, así como un aumento progresivo de estas entradas de polvo sahariano entre ~8.000 años hasta 6.000 años, cuando esta tendencia se incrementa ostensiblemente. Este patrón es coherente con la evolución ambiental de la región del oeste del Mediterráneo y el fin del denominado *Periodo Húmedo Africano* (deMenocal et al., 2000; Jiménez-Espejo et al., 2014). Estos cambios se correlacionan perfectamente con las variaciones en la vegetación local, ya

que se observa un máximo desarrollo de bosques de pino en el Holoceno temprano, que va decayendo en los últimos 6.000 años debido al proceso de aridificación generalizada en el Mediterráneo occidental (Anderson et al., 2011). La relación C/N muestra el origen de la materia orgánico registrada en los sedimentos. Está bien establecido que las relaciones de C/N inferiores a 10 están relacionadas con aportes de algas, mientras que las mayores que 20 con plantas superiores, y entre 10 y 20 representan una mezcla de ambas fuentes. Durante el Holoceno inicial, y parte del medio predominan valores de C/N bajos, en torno a 10 en LdRS y menores de 15 en BdlV, sugiriendo un gran desarrollo de algas relacionados con un ambiente lacustre moderado. En el caso de LdRS hay un cambio muy drástico a los 6.000 años, y los valores de C/N se hacen mayores, sugiriendo un lago más somero. En BdlV, localizado en la cara norte, este cambio se produce ligeramente más tarde, hace unos 5.300 años. Pero en BdlV lo valores de C/N superan el valor de 20, al igual que en BdlC entre 4.500 y 3.000 años, sugiriendo un ambiente de turbera, localmente llamado borreguil, que prevalece, con más o menos oscilaciones hasta la actualidad. El P_{aq} de BdlV presenta también la misma evolución, sugiriendo un ambiente de vegetación más terrestre entre 5.100 y 3.600 años. Desde este momento el P_{aq} desciende gradualmente, con oscilaciones, hasta alcanzar los valores más bajos en el siglo XX (ambiente de turbera con gran aridez).

Si se comparan las señales de %TOC, y P_{aq} del BdlV y de BdlC, se observan tendencias opuestas durante el Holoceno tardío. En la actualidad el BdlV es una turbera relativamente seca, mientras que la turbera de BdlC está saturada en agua. La evolución hasta estos ambientes tan diferentes se observa a lo largo del registro (tendencias ambientales relativamente opuestas). BdlV registra la tendencia típica en la región, una aridificación a lo largo del Holoceno tardío, como muestra la señal regional del polen de pino, mientras que BdlC muestra una tendencia opuesta. Esta respuesta diferenciada de las tendencias generales también se puede observar en el desarrollo de plantas con afinidades acuáticas durante el Holoceno tardío (Fig. 3) (Ramos-Román et al., 2016). Independientemente de todas estas diferencias hay un rasgo común en todos los registros estudiados: a partir de 1920 se aceleran los cambios ambientales en Sierra Nevada.

Por último, el registro de Pb/Al de LdRS nos permite reconstruir la polución atmosférica de plomo durante el Holoceno. Se observa que esta polución comenzó hace unos 4.000 años, con las primeras explotaciones mineras y metalúrgicas en el sureste de la Península. El primer gran incremento en este indicador se produce en la Edad del Hierro, cuando se produjeron grandes extracciones de plomo y plata en el sur de la Península Ibérica, así como durante el periodo romano. La polución más reciente asociada a la revolución industrial también se reconoce en este registro, así como el descenso en la polución atmosférica de plomo que se produjo entre los años 70-80 del siglo XX por el uso generalizado de combustibles sin plomo.

5. Conclusiones

Los datos geoquímicos orgánicos e inorgánicos muestran tres episodios ambientales en Sierra Nevada a lo largo del Holoceno: 1) un periodo húmedo durante el Holoceno temprano, 2) un periodo de ambientes transicionales desde hace unos 7.000 hasta 5.000 años, que el caso de LdRS fue localmente abrupto hacia los 6.000 años, y 3) una tendencia hacia una aridificación durante el Holoceno tardío hasta la actualidad. Esta evolución encaja perfectamente con el contexto paleoambiental del Mediterráneo occidental. Sin embargo, hay áreas, como BdlC, que muestra una evolución ambiental opuesta durante el Holoceno tardío, lo que indica la complejidad de ambientes de Sierra Nevada. Los indicadores geoquímicos han demostrado su utilidad también para identificar la polución atmosférica asociada a actividades industriales y mineras en el pasado. Se ha conseguido identificar un incremento de este tipo de polución en los últimos 4.000 años hasta la actualidad, relacionada en sus inicios con el desarrollo minero y metalúrgico en el sureste de la Península Ibérica, y en los últimos siglos, con el desarrollo industrial.

6. Referencias bibliográficas

- Anderson, R. S., Jiménez-Moreno, G., Carrión, J., & Pérez-Martinez, C. (2011). Postglacial history of alpine vegetation, fire, and climate from Laguna de Río Seco, Sierra Nevada, southern Spain. *Quaternary Science Reviews, 30*, 1615–1629.
- deMenocal, P., Ortiz, J., Guilderson, T., Adkins, J., Sarnthein, M., Baker, L., & Yarusinsky, M. (2000). Abrupt onset and termination of the African Humid Period:: rapid climate responses to gradual insolation forcing. *Quaternary Science Reviews, 19*(1–5), 347-361. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00081-5
- García-Alix, A., Jimenez Espejo, F. J., J.L., T., Jiménez-Moreno, G., Ramos-Román, M. J., Anderson, R. S., . . . Kuroda, J. (2017). Alpine bogs of southern Spain show human-induced environmental change superimposed on long-term natural variations. . *Scientific Reports., 7*, 7439 doi:10.1038/s41598-017-07854-w
- García-Alix, A., Jiménez-Moreno, G., Anderson, R. S., Jiménez Espejo, F. J., & Delgado Huertas, A. (2012). Holocene environmental change in southern Spain deduced from the isotopic record of a high-elevation wetland in Sierra Nevada. *Journal of Paleolimnology, 48*(3), 471-484. doi:10.1007/s10933-012-9625-2
- Jiménez-Espejo, F. J., García-Alix, A., Jiménez-Moreno, G., Rodrigo-Gámiz, M., Anderson, R. S., Rodríguez-Tovar, F. J., . . . Pardo-Igúzquiza, E. (2014). Saharan aeolian input and effective humidity variations over western Europe during the Holocene from a high altitude record. *Chemical Geology, 374-375*, 1-12. doi:10.1016/j.chemgeo.2014.03.001
- Jiménez-Moreno, G., & Anderson, R. S. (2012). Holocene vegetation and climate change recorded in alpine bog sediments from the Borreguiles de la Virgen, Sierra Nevada, southern Spain. *Quaternary Research, 77*(1), 44-53. doi:10.1016/j.yqres.2011.09.006
- López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Morán-Tejeda, E., Lorenzo-Lacruz, J., Kenawy, A., & Beniston, M. (2011). Effects of the North Atlantic Oscillation (NAO) on combined temperature and precipitation winter modes in the Mediterranean mountains: Observed relationships and projections for the 21st century. *Global and Planetary Change, 77*(1–2), 62-76. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.03.003
- Ramos-Román, M. J., Jiménez-Moreno, G., R.S., A., García-Alix, A., Toney, J. L., Jiménez-Espejo, F. J., & Carrión, J. S. (2016). Centennial-scale vegetation and North Atlantic Oscillation changes during the Late Holocene in the southern Iberia. *Quaternary Science Reviews, 143*, 84-95.
- Regato, P., & Salman, R. (2008). *Mediterranean Mountains in a Changing World*. Gland, Switzerland and Malaga, Spain: International Union for Conservation of Nature.

IDEAS CLAVE PARA ENTENDER EL ORIGEN Y FORMACION DE LAS MONTAÑAS

LUIS CARCAVILLA URQUÍ
l.carcavilla@igme.es
Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

RESUMEN

A pesar de los avances científicos desarrollados en las últimas décadas que ha revolucionado la manera de entender el origen y formación de las montañas, gran parte de la población desconoce cómo funcionan los principales procesos generadores de cordilleras. Cuánto tiempo tarda en formarse una montaña, el por qué de su distribución, qué fuerzas son las que las originan, qué relación guardan con los terremotos o qué técnicas podemos emplear para conocer la estructura profunda de una cordillera son cuestiones básicas, ampliamente superadas en el ámbito científico pero desconocidas para gran parte de la población. En este trabajo se muestran, en tono divulgativo, las ideas básicas que debería saber todo aquel que esté interesado en saber cómo se han originado las cordilleras terrestres, incluyendo los avances recientes de la última década, en la que se ha progresado mucho en esta temática.

Palabras clave: Montañas, cordilleras, tectónica de placas, orogenia

ABSTRACT

In spite of the scientific advances developed in recent decades, people do not know mountain building processes. Questions as how long it takes to form a mountain, the reason for its distribution, what forces originate them, how they relate to earthquakes or what techniques we can use to know the deep structure of a mountain range are basic issues, overcome in the field scientific but unknown to a large part of the population. In this work are shown, with a simple lenguage, the basic ideas that should know anyone who is interested in knowing mountain building processes, including the recent advances of the last decade, which has made much progress in this area.

Keywords: *Mountains, mountain ranges, plate tectonics, orogeny.*

1. Introducción

La Tierra tiene una edad aproximada de 4600 millones de años. Durante este enorme periodo de tiempo, su aspecto ha cambiado incesantemente. Los continentes, cordilleras y oceános han estado en constante evolución y cambio, dirigidos por la energía del calor interno del planeta. Desde que fue enunciada la teoría de la Tectónica de Placas en los años 70 del siglo XX, sabemos los principios generales de esta mutabilidad geográfica en general, y los procesos formadores de montañas en particular. Sin embargo, en las últimas dos décadas se han hecho notables avances en diferentes diciplinas de las Ciencias de la Tierra que han hecho cambiar parte de lo que se pensaba acerca de la formación de las montañas. Así, la Geología es la ciencia que trata del conocimiento acerca de cómo funciona la Tierra, y para ello se apoya en muchas disciplinas científicas. La geofísica permite entender cómo funciona la convección en el manto terrestre, que es el motor de las placas tectónicas y, por tanto, de la formación de cordilleras. El paleomagnetismo es la técnica que permite descifrar el campo magnético en el formación de determinadas rocas, permite reconstruir los fondos marinos a lo largo del tiempo y utilizar los cambios de polaridad magnética para realizar mapas de la edad del lecho oceánico. La sismología nos ayuda a entender cómo funcionan los terremotos, a qué profundidad se generan y en qué re´gimen de esfuerzos. La geocronología nos permite utilizar los isótopos radiométricos como relojes para datar el momento de formación de ciertos

minerales, y así poder dediucir no solo la formación de ciertas rocas, sino en qué condiciones tuvo lugar. La paleontología es la ciencia que estudia los fósiles y, en combiandión con la estratiografía, aportan información acerca de la edad de formación de las rocas, condiciones y ambiente de sedimentación e incluso minuciosainformación acerca del ecosistema en elque vvieron los organismos. De modo similar, la petrología y geoquímica de las rocas graníticas, metamórficas y volcánicas pueden ser utilizadas para determinar diferentes contextos tectónicos.

Todas estas ciencias y disciplinas, utilizando cartografía de campo, técnicas de laboratorio o el uso de complejo instrumental, permiten desentrañar los procesos que forman las cordilleras terrestres. Para ello también investigan los restos de antiguas cordilleras hoy desaparecidas, cuyos núcleos afloran hoy en día en la superficie delatando cómo eran y cuándo se formaron como lo harían los cimientos de una antigua construcción.

Hoy en día sabemos a ciencia cierta que, para comprender las montañas, tenemos que conocer lo que pasa bajo ellas, en el interior terrestre. Precisamente por eso, entender cómo se originan las montañas no es fácil. La formación de una cordillera es un proceso de tal complejidad y magnitud que implica una gran cantidad de procesos que se prolongan a lo largo de millones de años y, a menudo, a cientos e incluso miles de kilómetros de profundidad. Además, no todas las montañas y cordilleras se forman de la misma manera.

A continuación se muestran algunas ideas acerca de los principales procesos formadores de montañas y su distribución en el planeta.

2. ¿Qué entendemos por montaña?

No existe una definición formal de montaña. Las variaciones son tantas y, a veces tan complejas, que no existe una definición universalmente aceptada que cubra todos los casos. Además, el término montaña tiene muchas acepciones y matices que superan lo estrictamente fisiográfico.

FIGURA 1
Montañas de diferentes cordilleras del mundo. Arriba izquierda: Rocosas canadienses. Arriba derecha: Aiguille Verte y Dru, Alpes franceses. Abajo izquierda: Macizo del Monte Cook, Alpes neocelandeses. Abajo derecha: Cerro Torre, Andes.

El problema a la hora de elegir una definición de montaña es que son formas de la superficie terrestre que resultan de una compleja combinación entre relieve, cota y prominencia. Es difícil que una definición cubra todo el espectro posible debido a las enormes variaciones de escala, aunque es evidente que las montañas son formas del relieve con ciertas características: 1) Elevación con respecto al relieve circundante. Es importante independizarlo de la cota, puesto que, por ejemplo, la meseta tibetana está situada como media por encima de 5.000 metros de altitud y no es una montaña sino una zona plana, mientras que en zonas litorales podrán tener una cota modesta y aún así constituir verdaderas montañas. Así que la altitud no es criterio suficiente para definir una montaña. Por ello, más que la cota absoluta se suele utilizar como referencia la diferencia de cota con respecto al relieve circundante, definido por las altitudes máximas y mínimas del entorno. Pero, de nuevo, poner valores es complejo. 2) Delimitadas por laderas con fuertes pendientes: aunque el problema en este caso es establecer el límite entre las montañas y los picos que las forman. 3) Que den lugar a un relieve abrupto: además de laderas con fuertes pendientes, las montañas se caracterizan por tener escarpes, cortados, aristas, valles que las separan, etc., y otros rasgos que aportan una sensación de verticalidad y rugosidad topográfica. Pero una vez más, es difícil establecer intervalos numéricos. La generalización del uso en las últimas dos décadas de los sistemas de información geográfica (SIG) y de la creación de modelos digitales de elevación del terreno (MDT) ha propiciado que los análisis combinados de pendientes, altitud, y rugosidad puedan realizarse de manera sistemática en muchas regiones del planeta.

3. ¿Es la tierra un planeta montañoso?

Las montañas son un rasgo conspicuo del planeta y las hay en todos los rincones del planeta (Fig. 2). Las hay en todas las latitudes y continentes, pero también en islas y archipiélagos. Incluso enormes cordilleras surcan los fondos oceánicos. Atendiendo a los criterios de cota, pendientes y relieves, se estima que el 27% de la superficie terrestre es montañosa (Kapos et al., 2000) y que el 26% de la población mundial vive en esos territorios (Maybeck et al., 2001).

FIGURA 2.
Mapa de las regiones montañosas del planeta (UNEP World Conservation Monitoring Centre, 2012).

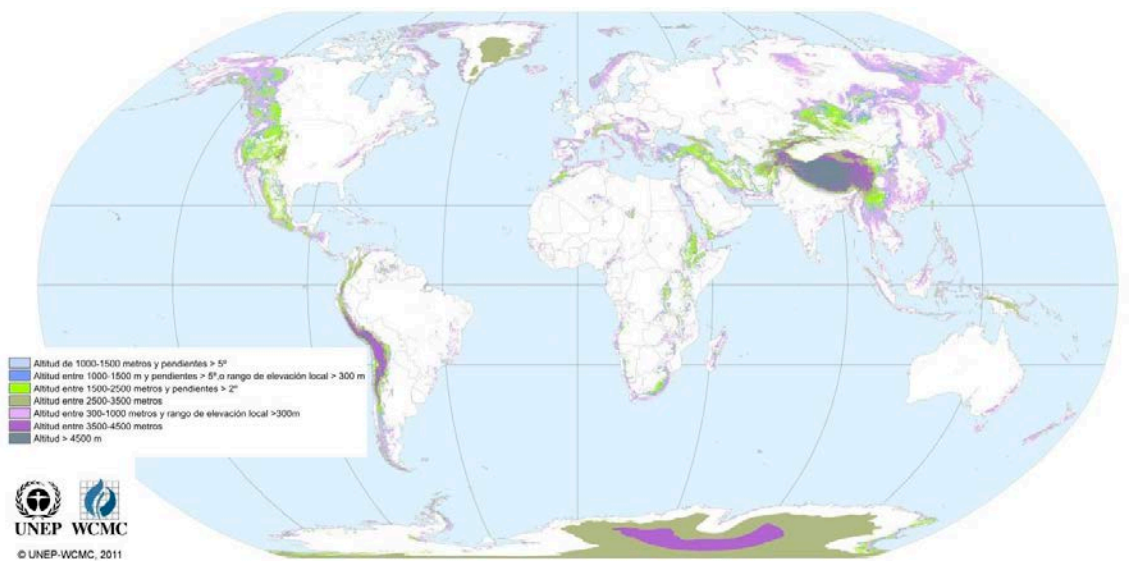
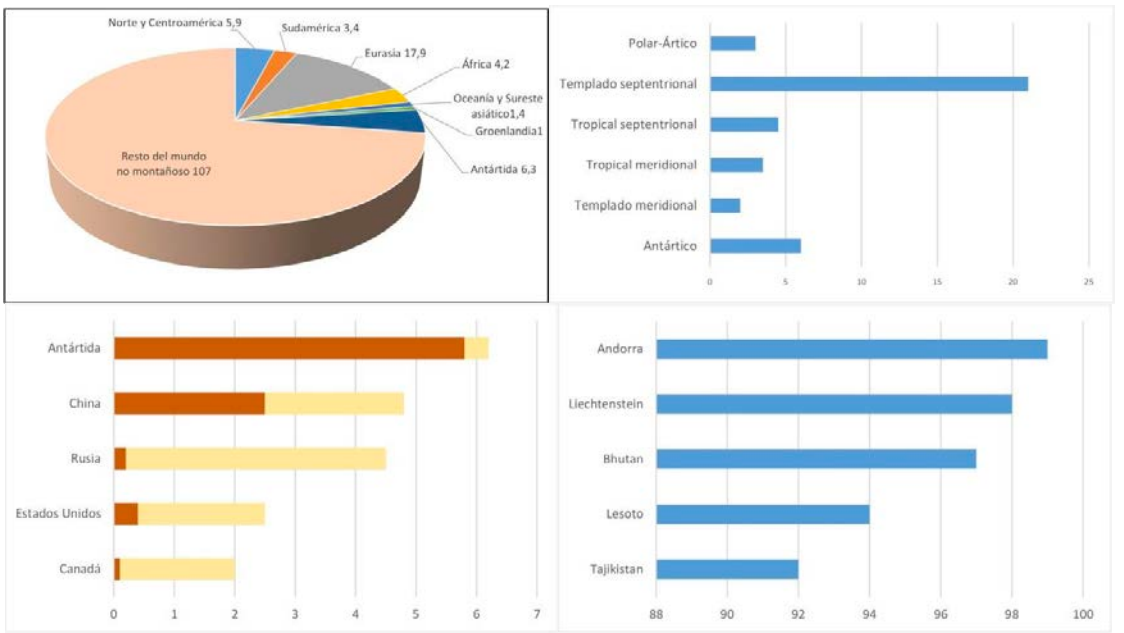


FIGURA 3.

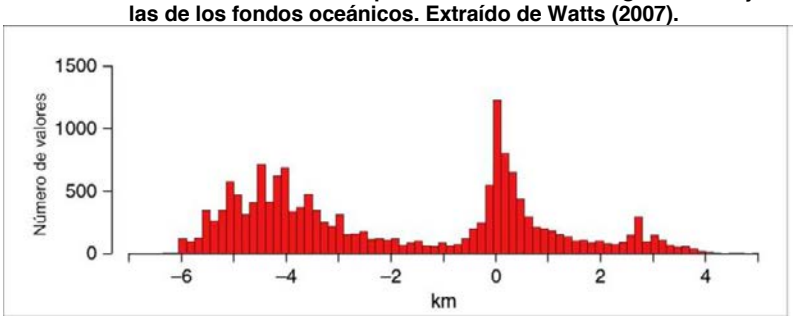
***Distribución de las zonas de montaña por diferentes criterios. Cantidades están expresadas en millones de km². Izquierda arriba: superficies montañosas de los diferentes continentes. Derecha abajo: distribución por latitudes. Izquierda abajo: los 5 países con más zonas de montaña en superficie. En* oscuro la superficie correspondiente a relieves por encima de los 2500 metros de altitud. En claro los situados por debajo de esa cota. Derecha abajo: los 5 países con más porcentaje de su territorio correspondiente a zonas de montaña. Datos procedentes de Blyth et al. (2002).**



Si las montañas se distribuyen por todo el planeta y cubren un 27% de la superficie terrestre emergida (Blyth et al., 2002) a las que sumar las enormes dorsales medio-oceánicas y otros relieves submarinos, podríamos pensar que la Tierra es un planeta montañoso. Sin embargo, tan solo un 3% de su superficie se eleva por encima de los 3500 metros de altitud. Así, la Tierra es un planeta de relieve irregular con muchas montañas, pero donde las grandes altitudes son, desde el punto de vista geográfico, una rareza. Es más, si se analizan las altitudes del planeta, se observa que la Tierra es "más profunda que alta", pues la cota media de los océanos es de;4300 metros, mientas que la altitud media de los continentes es de tan solo 300 metros (Fig. 4). Esta distribución bimodal es única en los planetas del Sistema Solar, donde las montañas también existen, pero con otra distribución. Esta distribución bimodal es debida a la existencia de dos cortezas, una continental menos densa y una oceánica (Alfaro et al., 2007). Así que si el planeta tuviese cuatro cortezas de diferente densidad, muy posiblemente habría cuatro escalones en esa distribución.

FIGURA 4.

Distribución de las cotas en la superficie terrestre. Las negativas reflejan las de los fondos oceánicos. Extraído de Watts (2007).



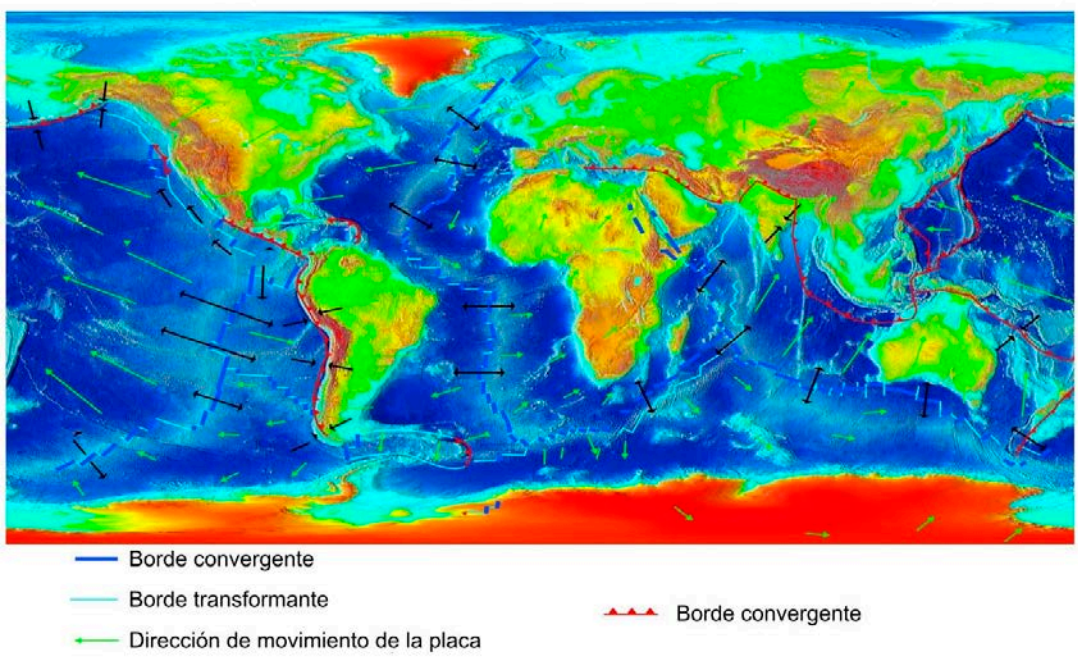
4. ¿Cuál es la montaña más alta de la tierra?

Todos sabemos que el Everest, con 8848 metros de altitud sobre el nivel del mar, en el Himalaya y haciendo frontera entre Nepal y China. Sin embargo, hasta esta cuestión tiene sus matices. Si se tiene en cuenta la diferencia de cota entre la cumbre y la base de la montaña, el record sería para el Kilimanjaro (Tanzania), con 5600 metros de diferencia (frente a los 5200 m del Everest). Pero si a la hora de considerar la base de la montaña también consideramos el fondo marino, entonces el Mauna Kea (Hawai) sería la montaña más alta, pues supera los 4200 metros sobre la superficie, pero se trata de un edificio volcánico que se eleva desde los 6000 metros de profundidad en el océano Pacífico. Incluso también se podría considerar como la montaña más alta alguna de las pequeñas islas situadas en las inmediaciones de la Fosa de las Marianas, pues se elevarían sobre una referencia de casi 12000 metros de profundidad. Pero si consideramos como la montaña más alta el punto más alejado del centro de la Tierra, entonces el título de "techo del mundo" sería para el Chimborazo (6268 m), debido a que la forma del planeta, ensanchado por el ecuador implica que su cumbre se aleja 6384 kilómetros del centro terrestre, más que ningún otro lugar del planeta.

5. ¿Cómo se distribuyen las montañas?

Hay dos tipos de procesos fundamentales a la hora de formar las montañas: los tectónicos y los térmicos. La importancia de cada uno de ellos estará estrechamente relacionada con la posición respecto a los límites de placas (Fig. 5). Así que, a la hora de analizar la posición de las cordilleras, se suele analizar en relación con su posición respecto a los límites de placas, pero indicando si priman las fuerzas tectónicas o los proceso ígneos a la hora de formar los relieves.

FIGURA 5.
Relieve terrestre (en rojo las cotas más altas y en tonos de azul las profundidades) y tipos de límites de placas (modificado de NOAA).



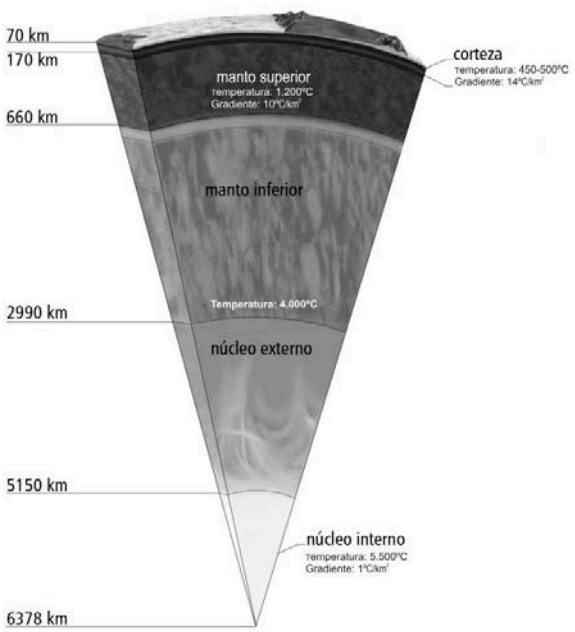
6. ¿Por qué se forman las montañas?

La acción conjunta del calor interno del planeta y las fuerzas gravitacionales es la causa de que de que las placas litosféricas se muevan y de que funcione la Tectónica de Placas y, por tanto, de que haya montañas. Es como la gasolina que impulsa las placas y que hace que se muevan. Pero el calor controla también la resistencia de las rocas, los mecanismos de

deformación, su metamorfismo y los procesos magmáticos, incluidas las erupciones volcánicas. Así que para entender cómo se forman las montañas, es fundamental conocer cómo se genera, distribuye y disipa el calor interno de nuestro planeta.

Es asumido que el calor aumenta con la profundidad en el interior terrestre. Por algo siempre se ubicó el infierno en el centro de la Tierra. Mitología aparte, es fácil comprobar cómo, en profundidad, hace más calor. En algunos casos ese calor llega a la superficie de manera evidente, como ocurre en las zonas termales. Se ha podido calcular que lo normal es que la temperatura aumente entre 25 y 30º C por cada kilómetro que se profundice en el subsuelo, lo que se denomina gradiente geotérmico. Eso querría decir que, siguiendo esa tendencia, en el centro de la Tierra la temperatura debería ser de casi 180000º C. Sin embargo, los datos demuestran que la temperatura en el núcleo terrestre es 30 veces menor de lo estimado. Es más, se ha calculado que la temperatura en la base de una corteza continental de 35 km de espesor es de 450-500º C (lo que muestra un gradiente de unos 14º C/km), la de la base de la litosfera a 120 km de profundidad es de unos 1300º C (lo que refleja un gradiente de unos 10º C/km) y que la temperatura en el centro de la Tierra a 6400 km de profundidad es de unos 5500º C (lo que muestra un gradiente de menos de 1º C/km). Es decir, que es en las capas más superficiales de la Tierra donde más aumenta la temperatura con la profundidad, y luego aumenta con una tendencia mucho menor (Fig. 6).

FIGURA 6.
Evolución del gradiente geotérmico del planeta en profundidad.



Para entender por qué ocurre esto se debe conocer de dónde procede el calor terrestre. Se calcula que un 20% de este calor es remanente de la formación del planeta. Pero el otro 80% se debe al calor emitido por la desintegración radioactiva de ciertos elementos químicos inestables.

La razón de que el gradiente geotérmico sea mucho mayor en la corteza terrestre que en el manto o en el núcleo es que, es en las capas superficiales del planeta donde se encuentra la mayor cantidad de isótopos radiogénicos que emiten calor. Son, fundamentalmente, el Potasio 40, el Uranio 238 y el Thorio 232. Eso sí, si todo el calor terrestre proviniera de los elementos radioactivos situados en la corteza, el interior de nuestro planeta estaría “frío” hace miles de millones de años, ya que se habría disipado muy rápidamente. Dicho de otro modo, la Tierra es un planeta caliente flotando en un universo frío. Cuanto mejor mantenga ese calor, más

tiempo estará caliente y durante más tiempo será un planeta “vivo”, con una tectónica de placas activa. Si la fuente de calor de la Tierra se sitúa en el núcleo, a unos 6000 km de profundidad, se mantendrá más caliente que si lo está en la corteza, simplemente porque el calor se disiparía más eficazmente, igual que es más fácil mantener caliente una casa bien aislada que una sin aislamiento.

Se ha comprobado que es en el manto terrestre, por debajo de la corteza, donde se genera la mayor cantidad de calor. Aunque la proporción de isótopos radiogénicos sea mucho menor que en la corteza, su espesor es mucho mayor (unas 80 veces más) así que, en términos globales, en el manto se genera el 60% del calor radiogénico del planeta.

Así que la razón de que el gradiente geotérmico sea mucho más alto en las capas superficiales que en las profundas se debe a la irregular distribución de los elementos radiogénicos que producen ese calor. El Potasio 40 es, en proporción, casi 70 veces más abundante en la corteza que en el manto y el Thorio 232 casi 50, pero el manto tiene mucho más espesor y, por tanto, genera mucho más calor en su globalidad, aunque menos por cada kilómetro que profundicemos.

Esto es muy importante, porque la manera en la que el planeta disipa su calor es esencial en la formación de las montañas, como luego veremos. Pero, además, nos lleva a una idea interesante: hace millones de años la Tierra estaba más caliente que ahora, y que progresivamente se está enfriando. Hace 3000 millones de años, el calor terrestre era, al menos, el doble que el actual. Entonces, ¿se movían más rápido las placas? ¿Se formaban más rápido las montañas? ¿Sabemos cuánto durará el calor terrestre? Se sabe que ya se ha “consumido” la mitad del Uranio 238 que la Tierra tenía originalmente, que sólo queda un 1,5% del Uranio 235 original y alrededor del 10% del Potasio 40. Así que la cosa pintaría mal si no fuera porque aún queda “nos queda” un 80% del Thorio 232.

Con respecto al calor hay otro aspecto importante a la hora de formar montañas. Muchos materiales cambian sus propiedades físicas al ser sometidas a calor. La cera podría ser un buen ejemplo. Del mismo modo, las capas inferiores de la corteza cambian su comportamiento físico al ser sometidos al calor, pasando de un comportamiento frágil a dúctil, pudiendo incluso fluir. Imaginemos que una litosfera que soporta la enorme carga de una cordillera por encima de ella es calentada en su base debilitándose… Del mismo modo, la elevación dependerá de cómo se comporten la corteza y el manto litosféricos, pues actúan en sentidos contrarios (Johnson y Harley, 2012). Así, una corteza engrosada producirá una rápida elevación de terreno, pero un manto litosférico engrosado provocará una reducción de la elevación por su alta densidad.

7. ¿Desde cuándo hay montañas en la Tierra?

Si las cordilleras terrestres son resultado de los procesos de la Tectónica de Placas, e pregunta es equivalente a saber cuándo comenzó a operar la Tectónica de Placas en nuestro planeta. Y la comunidad científica está dividida: mientras que unos piensan que comenzó hace 4200 millones de años, la mayoría que hace 3000 Ma, y otros que hace sólo 1000 Ma (Morton, 2017). La pregunta no es fácil de responder porque el reciclaje cortical provoca que no haya fondos oceánicos antiguos y son pocos los remanentes de corteza continental de esa antigüedad, los cuales, además, suelen estar tremendamente deformados y metamorfizados. A mayores, la pregunta tiene que responder otras cuestiones difíciles como cuándo y cómo se inició la primera zona de subducción, cuándo aparecieron los continentes o cuándo la corteza litosférica se rompió en diferentes continentes por primera vez.

La hipótesis más extendida sugiere que en las primeras etapas del planeta, su superficie estaba cubierta de un océano de magma hirviente. Según se fue enfriando, la capa más superficial de lava empezó a solidificar y se formó una fina litosfera inicial que cubriría toda la superficie terrestre. Millones de años más tarde, se rompería y las partes más densas se

hundirían en el manto iniciando la subducción. Pero que la corteza continental subduzca no es fácil, porque es más ligera que el manto. No hace falta más que mirar al techo del mundo: es más fácil crear una gran cordillera como el Himalaya que iniciar una subducción continental. Entonces, ¿cómo ocurrió? Parece que la explicación está en el calor de la Tierra primigenia, un escenario en el que el manto debía estar incluso 300ºC más caliente que en la actualidad (Gerya, 2015), de manera que las placas serían más débiles y fácilmente fragmentables. Aún así, el modelo se basa en que la rigidez de las placas permite el tirón de la lámina (*slab pulling*), así que la litosfera debía ser lo suficientemente rígida como para permitir iniciar el proceso, aunque se rompiera iniciando y parando la subducción una y otra vez en ciclos más cortos que los actuales.

Lo que sí se sabe a ciencia cierta es que la corteza continental se empezó a formar tan solo 100 millones de años después de la formación del planeta, pues se han encontrado circones de 4400 millones de antigüedad en rocas del Oeste de Australia (Dhuime et al., 2015). Y también que una vez se inició la tectónica de placas, ésta ha operado sin interrupciones hasta la actualidad (Dhuime et al., 2012).

8. ¿Cuánto tarda en formarse una cordillera?

Para referirse a las cordilleras formadas por la colisión entre placas tectónicos, se utiliza el término “orógeno”, procedente del griego “*oros*” que significa montaña y “*genia*” que significa origen. Un orógeno sería un cinturón estrecho y alargado, de incluso miles de kilómetros de longitud, en el que la corteza terrestre ha sido deformada fundamentalmente por compresión en un proceso denominado orogenia. La evolución geológica de un orógeno es compleja y se extiende principalmente durante varias decenas de millones de años. La formación de las montañas ocuparía la fase de elevación del terreno, pero los procesos geológicos que llevan a ello pudieron iniciarse muchos millones de años antes. Por este motivo, es importante la definición de ciclo orogénico, entendido como la sucesión de cuatro etapas más una preorogénica. Esta fase está caracterizada por la acumulación de sedimentos en cuencas sedimentarias marinas y continentales incluyendo la posibilidad de procesos plutónicos y volcánicos en un contexto distensivo. A partir de esta etapa comienza la formación de una cordillera en las siguientes cuatro etapas:

1. Inicio de la fase orogénica, con inversión del régimen a compresivo y comienzo de la deformación de los materiales formados en la etapa anterior. Al producirse la colisión continental, se pueden producir procesos de obducción (cuando fragmentos de la corteza oceánica son emplazadas sobre la continental como resultado de la colisión)
2. Continuación de la deformación orogénica mediante la formación de grandes mantos de corrimiento, metamorfismo, plutonismo y depósito de materiales sinorogénicos (aquellos que se depositan al mismo tiempo que se produce el orógeno)
3. Inicio de la fase postorogénica, con continuación del ajuste isostático, elevación de la región y deformación postorogénica
4. Finalización de la fase postorogénica con fracturación en bloques de escala cortical, desarrollo de cuencas y eventual intrusión de cuerpos ígneos (Moores & Twiss, 1995).

De manera que la evolución individual de una cordillera es de decenas de millones de años, y está incluida dentro de un ciclo orogénico que se prolonga centenares de millones de años. Hay que tener en cuenta que, según crece una cordillera, la denudación aumenta como consecuencia de la mayor pendiente de sus laderas, el incremento del poder erosivo de los ríos, el desencadenamiento de deslizamientos y desprendimientos, etc. Paradójicamente, los altos ritmos de denudación contribuyen a acelerar el levantamiento como resultado de la disminución de la carga litostática. La transferencia de sedimentos a las regiones externas también puede contribuir al levantamiento debido a la flexura de la corteza causada por la subsidencia.

Ya hemos dicho que el calor del interior terrestre y la gravedad son “el motor” que hace que se formen nuevas cordilleras. Pero el asunto va, en realidad, más allá. El calor no solo propicia que se muevan las placas tectónicas, es que condiciona cada una de las fases de formación de las montañas. De esta manera, se puede hablar de una “evolución termal” en la formación de una cordillera, y la “vida” de una cordillera dependerá de lo rápida o lenta que sea esa evolución.

Lo importante es que la evolución termal de la cordillera no solo condiciona su formación (crecimiento de las montañas), sino también su desaparición, ya que el desmantelamiento de la cordillera también dependerá de su “eficacia” para perder calor. Así, esa evolución dependerá de: 1) la duración en engrosamiento de la corteza; 2) el tiempo que tarda en alcanzarse un equilibrio térmico, es decir, que la zona vuelva a mostrar un gradiente geotérmico normal; y 3) la duración de la exhumación de las rocas profundas. En términos generales, el engrosamiento de la corteza es relativamente rápido (en términos geológicos, claro), pudiendo duplicarse el espesor de la corteza en tan solo 10 millones de años. Sin embargo, el equilibrio térmico puede tardar en alcanzarse del orden de 50 Ma. Por su parte, la velocidad de la exhumación puede variar mucho, desde los 50 Ma hasta mucho menos.

9. ¿Cuáles son las principales cordilleras y como se formaron?

Como se vio en la Fig. 5, la mayoría de los sistemas montañosos se desarrollan paralelos a los límites de placas litosféricas. En la actualidad hay dos grandes sistemas montañosos en el planeta: el Alpino-Himaláyico-Tibetano y el Circumpacífico, además de los sistemas de dorsales mediocéanicas. Ambos sistemas se han formado durante el Cenozoico. Se consideran activos si en ellos continúa la deformación, como ocurre en el Himalaya.

Sin embargo, un análisis de la Fig. 5 muestra que hay orógenos que no tienen ninguna relación con los actuales bordes de placa, pues se formaron hace centenares de millones de años con una disposición de placas litosféricas diferente de la actual. Esta es la situación del orógeno de las Caledoniano-Apalaches, (que incluyen las Caledónides de Groenlandia, Svalbard, Irlanda, Bretaña y Escandinavia), además de los orógenos de los Apalaches de Estados Unidos y Canadá, las Montañas Innutian en el ártico de Canadá y Groenlandia, las Montañas Ouachita del interior de Estados Unidos, la Cordillera Oriental de México, los Andes venezolanos y el cinturón plegado de África occidental. Por ejemplo, parece que el orógeno caledónico descrito influyó en la forma en la que centenares de millones de años más tarde se abriría el océano Atlántico (Johnson y Harley, 2012).

No existe un “orógeno-tipo” para usar como referencia. Varían mucho en el tiempo en el que se prolonga la orogénesis (decenas a centenares de millones de años), el tipo de colisión (frontal, oblicua o lateral), y su evolución termal. A pesar de ello, muchos de los orógenos presentan una forma curva, es casi una característica si no intrínseca, sí mayoritaria. Hay varias explicaciones para ello, porque hay dudas acerca de si esta curvatura es resultado de rotaciones durante la colisión o si refleja estructuras originales del margen continental. En algunos casos se sabe que es debida a la indentación, entendida como la incrustación y penetración de una masa continental en la otra, como ocurre en el Himalaya con la India sobre Asia. En otros casos la curva refleja la intersección entre una zona de subducción con la superficie terrestre, que da lugar a una estructura arqueada, como ocurre en los archipiélagos de Tonga, Banda y Aleuitianas. Por último, otras curvaturas pueden ser debidas a plegamientos de eje vertical (oroclinales), tal y como está ocurriendo en la actualidad en los Andes, o como ocurrió en orógenos antiguos como la “rodilla asturiana” en el Varisco.

Los cinturones montañosos actuales están formados por otros de menores dimensiones generados por procesos distintos. Por ejemplo, algunos se originan por una gran convergencia producida por la subducción que causa una delaminación de la litosfera y produce el apilamiento de escamas corticales procedentes de la placa litosférica que subduce, como ocurre en el cinturón mediterráneo (Brun & Faccenna, 2008; Jolivet et al., 2003; Royden,

1993b). Estas montañas se caracterizan por una baja elevación, poco engrosamiento cortical y presencia de estructuras compresivas (Doglioni et al., 1999; Royden, 1993a). Otro tipo orogénico es el que se origina por el apilamiento de gruesas láminas corticales procedentes tanto de placa que subduce como del margen continental y que originan altos "plateaus" de gran elevación como el Altiplano o el Tíbet, donde la corteza puede alcanzar espesores de hasta 80 km (Hatzfeld & Molnar, 2010). Algunos autores proponen incluso que estos dos ejemplos sean los casos extremos del espectro de posibles tipos de orógenos en la Tierra (Dongre, 2016) y todos los demás sean casos intermedios.

Quizá los dos orógenos más conocidos sean los Andes y el Himalaya. Los Andes son la cordillera de mayor longitud en la Tierra. Superan los 8000 km y en el sector central su anchura ronda los 800 km. Se forman por la subducción de las placas tectónicas de Nazca y Farallón (placa ya extinguida) bajo Sudamérica desde, por lo menos, el Paleozoico. Los Andes están formados por láminas de la corteza superior de Sudamérica y por la intrusión de abundante material ígneo, alcanzando un espesor de alrededor de 70 km en la zona boliviana (Dongre, 2016).

El cinturón alpino-himaláyico se formó por la subducción del océano de Tethys y está activo desde al menos el Jurásico, acrecionando bloques continentales contra el margen de la placa euroasiática (Dercourt et al., 1986). La India se separó de Gondwana hace alrededor de 90 millones de años y primero derivó a gran velocidad entre los 67 y 52 Ma, cuando se ralentizó debido a su incrustación con Asia y penetrar en ella del orden de mil kilómetros (Molnar & Tapponier, 1978; Najman & Garzanti, 2000; Patriat & Achache, 1984; Rowley, 1996). El plató tibetano es un producto de esa colisión, aunque aún se debate su modelo de formación. A pesar de que en el Himalaya se alcancen las máximas cotas del planeta, sus 2400 km de longitud y 300 km de anchura hacen que la cordillera se quede pequeña comparada con los Andes o con los 7000 km de la cordillera norteamericana.

Otros orógenos muestran características singulares. El tirón que ejercen las placas que subducen es el principal motor de las placas tectónicas. Pero esta fuerza puede verse reducida si la carga que debe arrastrar es muy grande, como ocurre en los Apeninos o en los Cárpatos (Royden et al., 1987), Incluso en algunos casos como en la India o Arabia el tirón de la placa que subduce se reduce al mínimo (Chemenda et al., 2000).

Otra fuerza importante es la que ejercen las dorsales, debido al engrosamiento térmico de la litosfera oceánica. Y la tercera fuerza que mueve las placas es la llegada de plumas mantélicas a la base de la litosfera, que reducen la viscosidad y facilitan el movimiento de la litosfera (van Hinsbergen et al., 2011). Este mecanismo es el que se ha utilizado para explicar, por ejemplo, la rápida deriva de ciertas placas como la mencionada de la India durante el emplazamiento de la gran provincia ígnea del Deccan (Cande y Stegman, 2011; van Hinsbergen et al., 2011).

10. Conclusiones

Las montañas son reflejo directo de la dinámica interna del planeta. Por supuesto, los procesos externos operan con gran eficacia y son los que configuran el relieve final, pero absolutamente condicionados por procesos directamente vinculados con la disipación del calor interno del planeta (para las montañas "no orogénicas), y procesos termales y mecánicos que se producen durante la colisión continental (para el caso de las montañas "orogénicas"). Entender los procesos que forman las montañas durante las orogenias requiere un profundo (y nunca mejor dicho) conocimiento de cómo funcionan los procesos tectónicos, magmáticos y metamórficos que crean nuevas rocas o transforman las existentes. Los geólogos, geógrafos, geofísicos, geoquímicos y profesionales de muchas otras disciplinas deben actuar como detectives para encontrar las pruebas que permiten describir los procesos que tiene lugar en la formación de las montañas, desde el enterramiento de sedimentos a grandes profundidades

durante la construcción del orógeno hasta la exhumación de niveles profundos de la corteza, pasando por el modelado final que les da el aspecto reconocible como montañas.

Referencias bibliográficas

- Alfaro, P., Andreu, J.M., González, M., López, J.A. y Pérez, Á. (2007). Un estudio integrado del relieve terrestre. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15.2, 112-123.
- Blyth, S., Groombridge, B., Lysenko, I., Miles, L., y Newton, A. (2002). *Mountain Watch. Environmental change and suistainable development in mountains.* UNEP-WCMC, 80 p.
- Brun, J.P. y Faccenna, C. (2008). Exhumation of high-pressure rocks driven by slab rollback. *Earth Planetary Science Letters,* 272, 1-7.
- Chemenda, A. I., Burg, J.P. y Mattauer, M. (2000). Evolutionary model of the Himalaya-Tibet system: Geopoem based on new modelling, geological and geophysical data. *Earth Planetary Science Letters,* 174, 397-409.
- Dercourt, J., et al. (1986). Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias. *Tectonophysics,* 123, 241-315.
- Dhuime, B., Hawkesworth, C.J., Cawood, P.A., Storey, C.D. (2012). A Change in the Geodynamics of Continental Growth 3 Billion Years Ago. *Science,* 16, 335, 6074, 1334-1336.
- Dhuime, B., Wuestefeld. A., Hawkesworth, C.J. (2015). Emergence of modern continental crust about 3 billion years ago. *Nature Geoscience,* 8, 552–555.
- Doglioni, C., Harabaglia, P., Merlini, S., Mongelli, F., Peccerillo, A. y Piromallo, C. (1999). Orogens and slabs vs their direct of subduction. *Earth Science .Reviews, 45*, 167-208.
- Dongre, N.L. 2016. *Mountain orogenesis*, 1-20.
- Gerya, T.V, Stern, R.J., Baes, M., Sobolev, S.B., Whattam, S.A. (2015). Plate tectonics on the Earth triggered by plume-induced subduction initiation. *Nature*, 527, 221-225.
- Hatzfeld, D., y Molnar, P. (2010). Comparisons of the kinematics and deep structures of the Zagros and Himalaya and ot he Iranian and Tibetan plateaus and geodynamic implications. *Review of Geophysics,* 48, 1-48.
- Jolivet, L., Faccenna, C., Goffe, B., Burov, E. y Agard, P. (2003). Subduction tectonics and exhumation of high-pressure metamorphic rocks in the Mediterranean orogens. *American Journal of Sciences,* 303, 353-409.
- Jonson, M.R.W. y Harley, S.L. (2012). *Orogenesis. The making of mountains.* Cambridge University Press, 378 p.
- Kapos, V., Rhind, J., Edwards, M., Price, M.F. y Ravilious, C. (2000). Developing the map of the world´s mountain forests. En M.F. Price y N. Butt (eds.), Forests in sustainable Mountain Development: a state –of-knowledge (pp. 4-9). Wallingford, Reaino Unido: CABI international, Report for 2000.
- Maybeck, M., Green, P. y Vörösmatry, C. (2001). A new typology form mountains and other relief classes: an application to global continental water resources and population distribution. *Mountain research and development,* 21, 1, 34-45.
- Molnar, P. y Tapponnier, P. (1978), Active tectonics of Tibet. *Journal of Geophysics Research*, 83, 5361-5375.
- Moores, E.M. y Twiss, R.J. (1995). *Tectonics*. W.H. Freeman & Co., 415 p.
- Morton, M.C. (2017). When did and how plate tectonics begin on Earth? *Earth Magazine*, 22-29.
- Najman, Y. y Garzanti, E. (2000). Reconstructing early Himalayan evolution and paleogeography from Tertiary foreland basin sedimentary rocks, northern India. *Geological Society of America Bulletin,* 112, 435-449.
- Patriat, P. y Achache, J. (1984). India-Eurasia collision chronology has implications for crustal shortening and driving mechanism of plates. *Nature,* 311, 615-621.
- Rowley, D. B. (1996). Age of initiation of collision between India and Asia: A review of stratigraphic data. *Earth Planetary Science Letters,* 145, 1-13.
- Royden, L. H. (1993a). The tectonic expression slab pull at continental convergent boundaries. *Tectonics,* 12, 303-325.
- Royden, L. H. (1993b). Evolution of retreating subduction boundaries formed during continental collision. *Tectonics,* 12, 629-638.
- Royden, L., Patacca, E. y Scandone, P. (1987). Segmentation and configuration of subducted lithosphere in Italy: An important control onthrust-belt and foredeep-basin evolution. *Geology,* 15, 714-717.
- UNEP World Conservation Monitoring Centre (2012). *Mountain Watch: Environmental Change and Sustainable Development in Mountains.* Cambridge, 84 p.
- Watts, A.B. (2007). An Overview. Crust and lithosphere dynamics. *Treatise on Geophysics,* 5, 1-48.

EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTOS EN LA VERTIENTE MERIDIONAL DE SIERRA NEVADA

JORGE DAVID JIMÉNEZ PERÁLVAREZ
jorgejp@ugr.es
Universidad de Granada

RESUMEN

En este trabajo se evalúa el riesgo por deslizamientos en la vertiente meridional de Sierra Nevada. El riesgo se cartografió combinando el mapa de peligrosidad de los deslizamientos y la vulnerabilidad de los elementos en riesgo. La peligrosidad se basó en la probabilidad de ocurrencia espacio-temporal de los deslizamientos y en su intensidad. La vulnerabilidad se aproximó según la relación entre las clases de peligrosidad y el daño que causaría. Los edificios y las carreteras que cubren el 2,6% de la zona, representan el 80% del riesgo. La tierra de cultivo cubre el 50% del área pero representa el 7,1% del riesgo. Los resultados indican que, aunque esta metodología empírica está sometida a cierto grado de incertidumbre, proporciona una estimación razonable del riesgo específico por deslizamientos a gran escala, a pesar de la falta de información sobre su ocurrencia.

Palabras Clave: Intensidad de deslizamientos • Vulnerabilidad • Riesgo específico

ABSTRACT

Landslide risk was assessed in terms of specific landslide risk in a region with limited information on landslide occurrence. Landslide risk was mapped by combining the landslide-hazard map and vulnerability of the elements at risk. The assessment of landslide hazard was based both on the spatial-temporal probability of landslide occurrence and on landslide intensity. Vulnerability was studied based empirically on the inferred relationship between the hazard class and the likely damage that the landslide would cause. Buildings and main roads cover 2.6% of the study zone while representing approximately 80% of the specific landslide risk. On the other hand, croplands cover almost 50% of the area but represent only 7.1% of specific landslide risk. The results indicate that, although this empirical methodology is subject to some level of uncertainty, it can provide reasonable estimates of specific landslide risk over a large area despite lacking information on landslide occurrence.

Keywords: *Landslide intensity • Vulnerability • Specific landslide risk*

1. Introducción

La presión urbanística ejercida sobre el territorio como consecuencia del incremento exponencial de la población mundial desde los años 50 (United Nations – Department of Economic and Social Affairs 2017), eleva el número de elementos del territorio expuestos al riesgo por fenómenos naturales, en este caso deslizamientos[1], en la clásica expresión del riesgo natural de Varnes (1984). El impacto de este fenómeno en el marco socio-económico es elevado al ser responsable de la pérdida de bienes, servicios y en ocasiones, pérdidas en términos de vidas (Haque et al. 2016). El nivel de daño se puede reducir cuando el fenómeno está identificado en el espacio y en el tiempo, especialmente los deslizamientos, ya que son de los fenómenos naturales más predecibles y controlables en comparación con otros análogos de carácter catastrófico como terremotos, erupciones volcánicas, etc. (Brabb 1991).

[1] En el texto se alude a deslizamientos como término genérico divulgativo para referirse a los movimientos de ladera en general

Una de las principales medidas para reducir el nivel de pérdidas es la prevención mediante cartografías previsoras de deslizamientos, así como la evaluación de su peligrosidad y riesgo (e.g. Dai et al. 2002; Corominas and Moya 2008; Guzzetti et al. 2012). El desarrollo de cartografías básicas previsoras ha sido ampliamente tratado en la bibliografía en las últimas décadas (e.g. Carrara et al. 1991; Chung and Frabbri 2003; Bertolini et al. 2005; Guzzetti et al. 2005; Irigaray et al. 2007) así como procedimientos normalizados para la generación de mapas de peligrosidad y riesgo por deslizamientos (e.g. AGS 2007; Fell et al. 2008; SafeLand 2011). Sin embargo son más escasos los estudios que producen mapas de riesgo por deslizamientos (e.g. Remondo et al. 2005; Van Westen et al. 2006; Vranken et al. 2015). De hecho, muchos países y regiones únicamente están equipadas con mapas inventario de deslizamientos, a veces de susceptibilidad, a gran escala (Van Den Eeckhaut and Hervás 2012), no siendo tan frecuente la existencia de mapas de detalle, o mapas más avanzados (de peligrosidad y riesgo) (Glade et al. 2005; Pellicani et al. 2014) que permiten una mejor política de control sobre el uso y ordenación del territorio.

El riesgo es la probabilidad de pérdida, de modo que la cartografía del riesgo por deslizamientos debe basarse tanto en datos espacio-temporales como en información sobre su capacidad destructiva, que dependerá de la vulnerabilidad (grado de pérdida esperable) de los elementos del territorio (Fell et al. 2008). Desafortunadamente no existen medidas directas sobre la magnitud de un deslizamiento para determinar su capacidad destructiva, porque no es un parámetro que puede ser medido como por ejemplo la magnitud de un terremoto. En muchos casos, el área del deslizamiento puede ser una aproximación razonable (Guzzetti et al. 2005, 2012; SafeLand 2011), si bien la intensidad del deslizamiento en función de su velocidad, dimensiones, tipología, etc., es una aproximación más realista (e.g. Fell 1994; Cruden and Varnes 1996; Cardinali et al. 2002). De esta forma la peligrosidad de los deslizamientos, que determinará el nivel de riesgo según la vulnerabilidad de los elementos del territorio, es definida como la probabilidad espacio-temporal de ocurrencia del fenómeno (Guzzetti et al. 2005; Van Westen et al. 2006) en función de las dimensiones y la actividad de los deslizamientos (WP/WLI 1993), es decir, en función de su intensidad o potencial destructivo.

La probabilidad de ocurrencia temporal de los deslizamientos es uno de los problemas más complejos a resolver en este tipo de trabajos, debido a la falta de información a este respecto (Pellicani et al. 2014). Esta falta de información es particularmente un problema en zonas montañosas en desarrollo poco estudiadas y con infraestructuras especialmente vulnerables donde, paradójicamente, se registran las mayores incidencias por deslizamientos (Vranken et al. 2015). La frecuencia de ocurrencia de los deslizamientos se ha obtenido tradicionalmente de catálogos de eventos históricos (e.g. Carrara et al. 2003; Guzzetti et al. 2005). Sin embargo en zonas con información limitada sobre la ocurrencia y actividad de los deslizamientos es necesario recurrir a otro tipo de técnicas y/o procedimientos como por ejemplo: fotointerpretación, LiDAR, dendrocronología, etc. (Pellicani et al. 2014; Vranken et al. 2015, Jiménez-Perálvarez et al. 2017). En cualquier caso, la frecuencia de ocurrencia de los deslizamientos estará asociada al periodo de retorno del fenómeno que lo desencadena, principalmente lluvias extraordinarias y/o terremotos de una determinada magnitud (Wieczoreck 1996; Martelloni et al. 2012). Por lo que cualquier influencia regional sobre los factores que desencadenan los deslizamientos, como por ejemplo aquellas ligadas al cambio climático, incidirán directamente sobre el riesgo por deslizamientos. De hecho, como consecuencia del cambio climático y del calentamiento global se espera un incremento de la actividad de los deslizamientos y, por extensión de las pérdidas socioeconómicas ocasionadas por el fenómeno, debido al incremento en las precipitaciones, cambios en el ciclo hidrológico, climas extremos, deshielo en regiones Alpinas, etc. (SafeLand 2011; Vranken et al. 2015).

El riesgo final dependerá del grado de pérdidas esperadas en los elementos del territorio (vulnerabilidad). Por lo que la probabilidad de pérdida está condicionada por la probabilidad espacio-temporal de ocurrencia y la intensidad de los deslizamientos, la vulnerabilidad de los elementos del territorio y su exposición (personas o cuantía económica de la pérdida). Sin

embargo, la evaluación del riesgo por deslizamientos en términos de riesgo específico (R_s = ***P***eligrosidad × ***V***ulnerabilidad) (Varnes 1984; Fell et al. 2008) esto es, enfocado en el grado relativo de pérdidas, expresa el riesgo de forma más objetiva manteniéndolo independiente de las diferencias económicas entre países y de la inestabilidad de los mercados en periodos de crisis económica (Uzielli et al. 2015).

De esta forma, el objetivo principal de este trabajo es la evaluación del riesgo específico por deslizamientos la vertiente meridional de Sierra Nevada, que corresponde a una región con información limitada sobre su ocurrencia. El estudio se basa en la probabilidad espacio-temporal de ocurrencia de los deslizamientos mediante el análisis cruzado entre factores determinantes de la estabilidad y deslizamientos activos, y en el grado de pérdidas esperadas de los elementos del territorio considerando la intensidad de los deslizamientos.

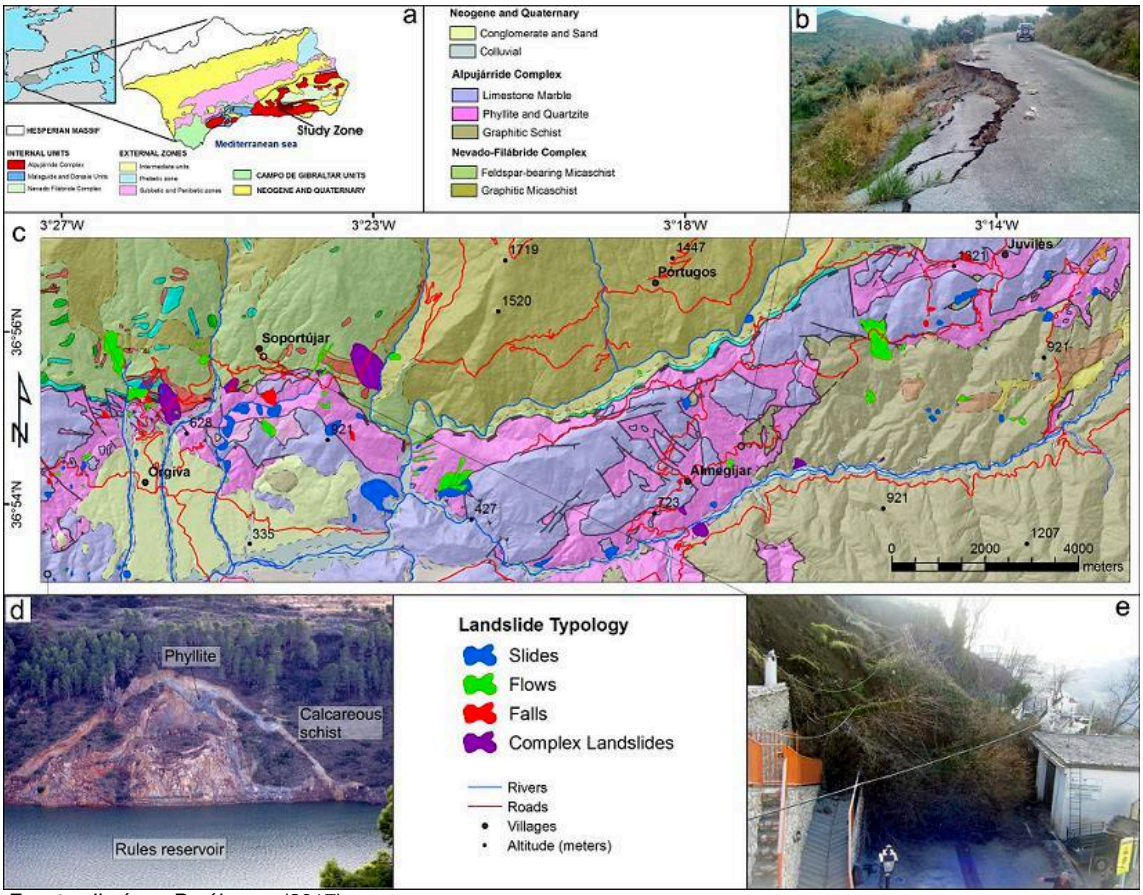
2. Marco geográfico y geológico

La zona de estudio se encuentra en la vertiente meridional de Sierra Nevada (La Alpujarra, Granada) y forma parte del parque nacional y de la comarca candidata a ser incluida en la lista lugares patrimonio de la humanidad de la UNESCO (2017). Según su interés geomorfológico y socioeconómico se ha delimitado un área de 172 km^2 (figura 1) de la cuenca alta del río Guadalfeo vertiente al embalse de Rules (infraestructura más importante de la zona). Corresponde a una región rural en desarrollo donde el turismo rural crece en importancia socioeconómica, como ocurre en otros lugares patrimonio de la humanidad (Margottini and Vilímek 2014), de forma que la presión urbanística desplaza la población hacia zonas inestables y expone al riesgo los elementos del territorio (Vranken et al. 2015). En este sentido el área es especialmente vulnerable ya que muchos pueblos y lugares están únicamente comunicados por una única vía de acceso, debido a lo complejo y sinuoso de la orografía. Por ejemplo, en la noche del 5 de febrero de 2009, un pequeño deslizamiento que apenas provocó daños materiales (figura 1e) bloqueó la única vía de acceso a Soportújar y lo mantuvo aislado de suministros durante 2 días.

La zona de estudio presenta una morfología variada, en las que zonas marcadas por un relieve alomado alternan con otras de orografía abrupta, donde los cauces están muy encajados y los deslizamientos son más abundantes. Según describe en el apartado 5.2 de Fell et al. (2008), las características topográficas y geológicas de la zona, son las propias de un área potencialmente susceptible a generar deslizamientos. De hecho, las investigaciones previas muestran la existencia de amplias zonas inestables y la incidencia destructiva de deslizamientos asociados a lluvias extraordinarias (Fernández et al. 2003; Irigaray et al. 2007; Jiménez-Perálvarez et al. 2011).

Desde el punto de vista geológico, la zona delimitada está constituida por unidades del Dominio Interno de la Cordillera Bética representadas por el complejo metamórfico Nevado-Filábride y, suprayacente, el complejo Alpujárride. Discordantes sobre estos complejos se disponen depósitos Neógenos y Cuaternarios de carácter post-tectónico, representados principalmente por conglomerados, arenas y coluviales. El complejo Nevado Filábride comprende el 31% de la zona de estudio y está compuesto principalmente por esquistos oscuros y micaesquistos feldespáticos. El complejo Alpujárride abarca el 57% de la zona y predomina en su sector meridional (figura 1c); está constituido por diversas unidades apiladas en mantos y delimitadas por contactos mecánicos. Estas unidades presentan una secuencia tipo constituida, de muro a techo, por esquistos, cuarcitas, filitas, y mármoles (Gómez-Pugnaire et al. 2004).

FIGURA 1
Encuadre geográfico y geológico de la zona de estudio (a, c) mostrando el inventario de deslizamientos (c) y ejemplos de daños en diferentes lugares de la zona (b, d, e)



Fuente: Jiménez-Perálvarez (2017).

3. Metodología

El procedimiento de evaluación del riesgo empieza por la identificación del proceso que lo genera y por la definición de su área de influencia. El estudio se ha desarrollado en las siguientes 3 etapas:

3.1 Inventario de deslizamientos

Es el dato de referencia en cualquier proyecto regional de deslizamientos, especialmente cuando se adopta una aproximación empírica de probabilidad estadística (Guzzetti et al. 2012). Para la evaluación del riesgo por deslizamientos se deben consideran únicamente los deslizamientos activos o suspendidos (con actividad permanente, intermitente o estacional) (WP/WLF 1993; Fernández et al. 2013) que pueden ser reactivados en sucesivos eventos desencadenantes. Así que el primer paso es la determinación de la ocurrencia de los movimientos de ladera.

3.1.1 Estimación del periodo de ocurrencia de los deslizamientos

Es uno de los problemas más complejos a resolver en zonas con información limitada sobre la actividad de los deslizamientos; de forma que para aproximarla se consideran diversas fuentes de información. En este estudio la determinación del periodo de ocurrencia de deslizamientos se ha obtenido a partir de los siguientes procedimientos:

- Búsqueda de información en documentos de información general (prensa, noticias, informes, etc.).
- Trabajos específicos de investigación sobre la aplicación de técnicas basadas en sensores remotos para el estudio de deslizamientos. En este sentido la determinación de la ocurrencia de deslizamientos se apoya en los resultados de estudios previos realizados en la zona de estudio sobre DInSAR (Fernández et al. 2009), Fotogrametría Digital (Fernández et al. 2017) y LiDAR terrestre (Palenzuela et al. 2016). Además, se realizó un estudio de fotointerpretación 3D sobre ortofotografías históricas.
- Análisis dendrogeomorfológico de deslizamientos basado en el crecimiento asimétrico de los anillos de árboles inclinados por deslizamientos.
  Mediante las técnicas y procedimientos mencionados se pudo explorar un periodo máximo comprendido entre 1932 y 2012 (fin de adquisición de datos) (Jiménez-Perálvarez et al. 2017).

3.1.2 Base de datos de deslizamientos

Se cartografió en gabinete un inventario preliminar de deslizamientos activos sobre ortofotografía aérea, según los resultados del análisis previo realizado para la estimación del periodo ocurrencia de los deslizamientos. Con posterioridad, se cotejó y completó el inventario mediante itinerarios de campo, a la vez que se registraron datos sobre litología, tipología, mecanismo de rotura, dimensiones, actividad, velocidad, etc. Estos datos son necesarios para estimar la intensidad de los deslizamientos, fundamental para la posterior evaluación del riesgo. Finalmente, se cartografió una base de datos geoespacial de deslizamientos a escala 1:10.000, como es recomendada para la extensión estudiada según el apartado 7.1 de la Guía de Fell et al. (2008). Por tanto, la base de datos de deslizamientos definitiva recoge información geo-espacial (cartografía de deslizamientos), información temporal sobre la actividad de los deslizamientos y sus principales características (litología, tipología, dimensiones, rotura, etc.).

3.2 Evaluación de la peligrosidad de los deslizamientos

Resumidamente, la zonación de la peligrosidad de los deslizamientos se fundamenta en el análisis estadístico bivariante (análisis condicional) entre los factores condicionantes de la estabilidad y la frecuencia espacio-temporal de los deslizamientos activos según su intensidad. Esta aproximación es apropiada para la escala de trabajo (Van Westen 2000; Fell et al. 2008) y se desarrolla en 4 pasos:

3.2.1 Selección de los factores condicionantes de la estabilidad

Los factores que determinan la presencia espacial de los deslizamientos están controlados principalmente por la naturaleza del terreno y la morfología de la ladera (e.g. Irigaray et al. 2007; Costanzo et al. 2012; Capitani et al. 2013). Los factores condicionantes (también llamados determinantes) son aquellos factores que más contribuyen a los procesos de inestabilidad de las laderas, según la relación espacial entre cada factor y cada tipo de deslizamiento y permiten discriminar entre condiciones estables e inestables.

Las características del terreno se expresaron en forma de modelos digitales del terreno en formato ráster (tamaño de píxel de 5 m) que representan los factores que pueden determinar la estabilidad. Los factores que controlan el comportamiento mecánico de la ladera y la naturaleza del terreno como por ejemplo la litología, los contractos geológicos, etc., fueron creados a partir de los correspondientes mapas temáticos a escala 1:10.000. Los factores morfométricos tales como pendiente, curvatura del terreno, etc. que describen la morfología de la ladera fueron calculados a partir de un modelo digital de elevaciones de 5 m de precisión de la zona de estudio. Tanto las variables espaciales (factores) cualitativas nominales como las cuantitativas se dividieron en

clases, como procedimiento requerido por el análisis estadístico que se lleva a cabo. (Jiménez-Perálvarez et al. 2011; Capitani et al. 2013).

Para identificar los factores que determinan la distribución espacial de los deslizamientos se analizó el grado de asociación espacial entre los factores condicionantes mencionados y la zona de rotura de los diferentes tipos de deslizamientos, mediante las tablas de contingencia resultantes del análisis cruzado entre estas dos variables (Capitani et al. 2013). Este tipo de análisis consiste en un contraste de hipótesis mediante los estadísticos $R = \sqrt{(C/C_{max})}$ (donde R es el coeficiente de correlación lineal del coeficiente de contingencia, C el coeficiente de contingencia y C_{max} el coeficiente de contingencia máximo), y el coeficiente de Goodman-Kruskal (G-K) [Eq. 1]. De esta forma, se identificaron los factores condicionantes que más contribuyen a la inestabilidad para cada tipo de deslizamiento cuando el test (contraste de hipótesis) fue significativo y se obtuvieron valores de tanto de R como de G-K superiores a 0,5 (i.e. $P > 50\%$). Este tipo de análisis ha sido previamente discutido en la bibliografía (e.g. Fernández et al. 2003; Irigaray et al. 2007; Jiménez-Perálvarez et al. 2011, 2017; Costanzo et al. 2012; Capitani et al. 2013).

El coeficiente de Goodman-Kruskal (G-K) se determinó según la siguiente expresión:

$$GK = \frac{[\sum u_n \times (\Sigma R_j / T)] - [\sum u_n \times (\Sigma C_i / T)]}{[\sum u_n \times (\Sigma R_j / T)]} \quad \textbf{[Eq. 1]}$$

Donde u_n es el área ocupada por cada combinación única de la tabla de contingencia (área con o sin deslizamientos para cada clase de factores determinantes), R_j es el área para cada fila, C_i es el área para cada columna, y T es el área total.

Los factores determinantes de los deslizamientos han sido estudiados con anterioridad en la zona de estudio (Jiménez-Perálvarez et al. 2011; 2017). En cualquier caso, para este estudio se analizaron un total de 11 factores condicionantes: litología, uso del suelo, distancia a los contactos geológicos, distancia a los cauces, edafología, pendiente, orientación, elevación, curvatura, rugosidad e índice de humedad (TWI). Sin embargo, únicamente aquellos factores que representaron el mejor modelo (best model) para cada tipo de deslizamiento fueron considerados como determinantes (Costanzo et al. 2012; Capitani et al. 2013).

3.2.2 Factores desencadenantes – periodo de retorno

Los principales factores naturales desencadenantes de deslizamientos están relacionados con episodios de lluvias extraordinarias y/o con terremotos de una determinada magnitud (e.g. Wieczoreck 1996; Martelloni et al. 2012). En este sentido, se analizó el registro histórico de terremotos de la zona de estudio, que comprende más de 1200 terremotos desde 1910 hasta 2012; y el registro de lluvia diaria desde 1941 a 2012 de las 11 estaciones pluviométricas con registro completo existentes en la comarca.

Por otra parte, con el objetivo de estimar el periodo de retorno de los deslizamientos se realizó un análisis cruzado entre los factores desencadenantes y la ocurrencia de deslizamientos. La asociación y grado de dependencia entre variables se estableció, en su caso, mediante los coeficientes de correlación y test significativos previamente descritos (R y G-K). Este análisis cruzado de datos permitió determinar el umbral o la magnitud del factor desencadenante relacionado con la generación de deslizamientos y la frecuencia con la que se repite el fenómeno en la zona de estudio. De esta forma, se establece indirectamente el periodo de retorno de los deslizamientos como aquel de la magnitud estimada del factor desencadenante.

3.2.3 Cartografía de la peligrosidad de los deslizamientos

La zonación de la peligrosidad de los deslizamientos se basa en el análisis cruzado entre la mejor combinación de factores determinantes (condicionantes) de la estabilidad (mejor modelo) y la probabilidad de ocurrencia espacio-temporal de los deslizamientos activos, a partir de un análisis estadístico bivariante (análisis condicional) (e.g. Carrara et al. 1991; Van Westen 2000; Fernández et al. 2003; Irigaray et al. 2007; Capitani et al. 2013). La intensidad de los deslizamientos se expresa, por su parte, mediante los niveles (descriptores) de la peligrosidad.

Para la evaluación de la peligrosidad de los deslizamientos se definieron las unidades de cartografía básicas para las cuales el modelo proporciona un valor de peligrosidad. Con este propósito se establecieron todas las posibles combinaciones entre las clases del mejor modelo de factores determinantes de forma que cada combinación representa una *UCU* (Unique Condition Unit). Por tanto, en este trabajo las unidades de cartografía básica son las *UCU*. Este método geoestadístico de partición de la superficie del terreno (*UCU*) es recomendable para evaluaciones de la peligrosidad de los deslizamientos basadas en un análisis condicional, que requiere la superposición de varias capas de factores determinantes divididas en clases para formar una sola capa con toda la información y, además, cuando los datos fuente son deslizamientos de tamaño y forma conocida (es decir, cartografiados como polígonos y no como puntos) (Carrara et al. 1991; Rotigliano et al. 2012; Capitani et al. 2013).

En términos de probabilidad condicional según el teorema de Bayes sobre análisis condicional, la probabilidad que el *evento A* (evento dependiente) ocurra dependiendo del *evento B* (evento predeterminado), esto es $P(A|B)$, está determinada por la relación entre la probabilidad de que ocurran los dos eventos simultáneamente $P(A \cap B)$ y la probabilidad de ocurrencia del evento condicionado $P(B)$. En estudios de deslizamientos, esto es equivalente a la probabilidad (probabilidad de ocurrencia espacial en este caso) que una *UCU* determinada (evento predeterminado) esté afectada por deslizamientos. Por lo tanto, $P(L|UCU)$ = (área fuente de deslizamientos ∩ área de la UCU) / (área de la UCU) (Carrara et al. 1991; Capitani et al. 2013), siendo L = deslizamientos.

En consecuencia, la probabilidad espacial de ocurrencia de deslizamientos en cada *UCU* varía entre 0 y 1, donde 1 representa que toda el área ocupada por esa combinación de clases de factores, esto es el área de la *UCU*, está afectada por deslizamientos, es decir $P(L|UCU) = 1$; y 0 significa que no hay evidencias de deslizamientos en esa *UCU*, o lo que es lo mismo $P(L|UCU) = 0$.

Por otra parte, la definición de peligrosidad de los deslizamientos requiere información sobre su intensidad (Cardinali et al. 2002) ya que, por ejemplo, el poder destructivo de un desprendimientos rápido y grande es mayor que el de un deslizamiento superficial pequeño y lento (como casos extremos). Por lo tanto, la intensidad *(I)* de los deslizamientos es considerada como una medida de la destructividad de los deslizamientos según su tamaño estimado *(s)* y su velocidad esperada *(v)*, i.e. $I = f(s, v)$ (Cardinali et al. 2002). El tamaño se estimó como el volumen del deslizamiento según el área de su zona de rotura y su profundidad aproximada (en función de la proyección superficial del deslizamiento) (Fell 1994). La velocidad se clasificó según Cruden and Varnes (1996) en tres niveles (lento, moderado y rápido) tomando en consideración la tipología del deslizamiento, su tamaño y actividad. Las clases de intensidad resultantes se muestran en la tabla 1 basándose en Cardinali et al. (2002).

TABLA 1
Intensidad de los deslizamientos, modificado de Cardinali et al. (2002)

	Velocidad esperada (mm/s)		
Volumen estimado (m^3)	**Rápida (> 5×10^{-1})**	**Moderada (5×10^{-1}; 5×10^{-3})**	**Lenta (< 5×10^{-3})**
0 – 0,1	Leve	*(Infrecuente)*	*(Infrecuente)*
0,1 – 5	Media	Leve	*(Infrecuente)*
5 – 500	Alta	Media	Leve
500 – 50 000	Muy alta	Alta	Media
50 000 – 500 000	*(Infrecuente)*	Muy alta	Alta
> 500 000	*(Infrecuente)*	*(Infrecuente)*	Muy alta

Fuente: Jiménez-Perálvarez (2017).

En cualquier caso, los niveles o clases de peligrosidad de los deslizamientos se describen como el área afectada por deslizamientos en cada *UCU* (en porcentaje o, lo que es lo mismo, probabilidad de ocurrencia espacial de deslizamientos) dividida por el periodo de retorno en años, según los descriptores recomendados en el apartado 7.2.3 de la Guía de Fell et al. (2008). De esta forma, el mapa de peligrosidad de deslizamientos refleja su frecuencia de ocurrencia, siendo una alternativa a representar varios mapas en función del periodo de retorno.

Por tanto, aunque los valores del mapa de peligrosidad muestran la probabilidad de ocurrencia espacial de deslizamientos por año, el mapa resultante es zonificado según 4 descriptores (clases cualitativas de peligrosidad) basadas en dicha probabilidad (probabilidad espacial / año) (apartado 7.2.3; Fell et al. 2008). Cada clase de peligrosidad, de baja a muy alta, se clasificó de manera supervisada según el método estadístico de "Natural Breaks" (Jenks 1967) redondeando al número entero más cercano (Irigaray et al. 2007). Sin embargo, con el objetivo de reproducir la intensidad de los deslizamientos, los valores de corte entre las diferentes clases se asignaron según la intensidad de los deslizamientos. De esta forma, los valores de corte más bajos (más restrictivos) se asignaron a los deslizamientos más intensos. La tabla 2 muestra los descriptores (clases de peligrosidad) y valores de corte entre clases obtenidos en esta aproximación. Consecuentemente, el mapa de peligrosidad de los deslizamientos muestra estos tres aspectos principales: probabilidad espacial, frecuencia temporal e intensidad de los deslizamientos.

TABLA 2
Valores de corte para los descriptores de la peligrosidad en la zona de estudio (probabilidad espacial/año) según la intensidad de los deslizamientos, modificado de Fell et al. (2008)

	Intensidad			
Descriptor (clase) de Peligrosidad	**Leve**	**Media**	**Alta**	**Muy alta**
Baja	0,00 a 0,15	0,00 a 0,10	0,00 a 0,05	0,00 a 0,01
Moderada	0,15 a 1,50	0,10 a 1,00	0,05 a 0,50	0,01 a 0,10
Alta	1,50 a 15,0	1,00 a 10,0	0,50 a 5,00	0,10 a 1,00
Muy alta	>15,0	>10,0	>5,00	>1,00

Fuente: Jiménez-Perálvarez (2017).

El análisis de la peligrosidad se realizó individualmente para cada tipo (intensidad) de deslizamiento, ya que el mejor modelo de factores condicionantes es diferente para cada tipología. Por otra parte, la evaluación de la peligrosidad general de los deslizamientos en la zona de estudio (ver figura 3a), se determinó como la probabilidad de que una combinación determinada de clases de factores condicionantes (*UCU*) pudiera esta afectada por algún tipo de deslizamiento, en otras palabras, la suma de las probabilidades espaciales (según el diagrama de Venn) para cada tipología de deslizamiento.

3.2.4 Validación de los mapas obtenidos

La capacidad del mapa resultante para predecir nuevos movimientos (i.e. la calidad del mapa) se estimó mediante técnicas de correlación espacial y medidas del grado de ajuste [Eq. 2] entre un conjunto de datos determinados (deslizamientos en este caso) y el correspondiente mapa (Goodchild 1986; Chung and Fabbri 2003; Irigaray et al. 2007). Consecuentemente, la asociación entre el inventario de deslizamientos (independiente del usado para la evaluación de la peligrosidad) y el mapa de peligrosidad se calculó mediante el grado de ajuste (*DF*) según la siguiente expresión:

$$DF_i = \frac{(z_i / s_i)}{\Sigma(z_i / s_i)} \qquad \textbf{[Eq. 2]}$$

donde z_i es el área ocupada por deslizamientos en la clase de peligrosidad *i*, y s_i es el área de la clase de peligrosidad *i*.

El grado de ajuste para cada clase de peligrosidad representa el % de nuevos deslizamientos (en términos espaciales) en esa clase. La eficiencia del modelo será validada cuando el grado de ajuste más bajo aparezca en las clases de peligrosidad baja y muy baja (error relativo), y el más alto en las clases de peligrosidad alta y muy alta (precisión relativa) (Fernández et al. 2003; Irigaray et al. 2007).

3.3 Evaluación del riesgo por deslizamientos

Aunque el riesgo por deslizamientos es difícil de alcanzar rigurosamente en zonas con información limitada sobre la ocurrencia de deslizamientos, éste depende del "estado de la naturaleza" (i.e. peligrosidad de los deslizamientos, *H*) y del daño esperado en los elementos en riesgo (i.e. vulnerabilidad, *V*) (Cardinali et al. 2002). En otras palabras, el riesgo al que una serie de elementos están sujetos cuando ocurre un deslizamiento, i.e. riesgo específico por deslizamientos (R_S) [$R_S = f\ (H, V)$] (e.g. Varnes 1984; Cardinali et al. 2002; Fell et al. 2008). En este estudio el riesgo por deslizamientos se evaluó en términos de riesgo específico, es decir, centrado en el grado de pérdidas usando criterios de pérdidas en propiedades ya que se requieren mapas de riesgo diferentes según se refiera a riesgo de pérdida en propiedades o riesgo de pérdida en términos de vidas (Fell et al. 2008).

3.3.1 Elementos en riesgo (E) y vulnerabilidad (V)

Los elementos en riesgo se cartografiaron a la misma escala que el mapa de peligrosidad (1:10.000) y después se clasificaron en siete tipos según las principales infraestructuras de la zona de estudio (ver figura 3b) como se recomienda para este tipo de aproximaciones (AGS 2007; Fell et al. 2008). Las tablas 3 y 7 muestran, conjuntamente con la información relacionada, los elementos en riesgo tomados en consideración en este estudio.

La vulnerabilidad se consideró como una expresión del grado de pérdidas (e.g. Cardinali et al. 2002; Fell et al. 2008; Pellicani et al. 2014; Vranken et al. 2015) siendo la pérdida el daño causado por deslizamientos de una determinada intensidad en los elementos en riesgo (Remondo et al. 2005). El grado de pérdidas se expresó en una escala de 0 (sin pérdida) a 1 (pérdida total) (Fell et al. 2008). Aunque, como se ha mencionado con anterioridad, se requieren mapas independientes para el riesgo por pérdida en propiedades y para el riesgo por pérdida en términos de vidas, las pérdidas en la población fueron aproximadas indirectamente considerando los elementos en riesgo como un indicador de la densidad de población. De hecho, la población es vulnerable en conjunción con (o debido a) la presencia de estructuras e infraestructuras (Cardinali et al. 2002).

La estimación de la vulnerabilidad se basó en la relación inferida entre las clases de peligrosidad de los deslizamientos (una expresión de la intensidad de los deslizamientos) (ver tabla 2) y el daño probable que el deslizamiento causaría (consecuencia) (Cardinali et al. 2002). De esta forma, se consideraron cuatro tipos de daño esperado: menor (cuando el grado de pérdidas fue inferior a 0,25), medio (grado de pérdidas entre 0,25 y 0,50), mayor (grado de pérdidas entre 0,50 y 0,75), y total (grado de pérdidas mayor de 0,75). La tabla 3 muestra el daño esperado para cada elemento en riesgo según su exposición a la peligrosidad de los deslizamientos. Esta información empírica se basó en observaciones locales (ver figura 1b, 1d y 1e), en la limitada información del registro de daños por deslizamientos de la región y en revisiones bibliográficas (e.g. Cardinali et al. 2002; Fell et al. 2008; Vranken et al. 2015). En cualquier caso, la evaluación del daño esperado suele estar sujeta a cierto nivel de incertidumbre.

TABLA 3
Vulnerabilidad, daño esperado en los elementos en riesgo (matriz de consecuencias). Para las clases de peligrosidad según la probabilidad de ocurrencia espacio-temporal y la intensidad de los deslizamientos ver tabla 2

	Elementos en riesgo						
Clase de Peligrosidad	**Edificios**	**Cultivos**	**Caminos**	**Conducciones hídricas**	**Balsas**	**Carreteras principales**	**Tendido eléctrico**
Baja	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor	Menor
Moderada	Medio	Menor	Menor	Menor	Menor	Medio	Medio
Alta	Mayor	Menor	Medio	Medio	Medio	Mayor	Mayor
Muy alta	Total	Medio	Medio	Mayor	Mayor	Total	Mayor

Fuente: Jiménez-Perálvarez (2017).

Debe señalarse que la vulnerabilidad se definió de forma separada para cada clase de elemento en riesgo dependiendo de su exposición, esto es, del nivel de peligrosidad en la medida que las clases de peligrosidad son una expresión tanto de la intensidad de los deslizamientos (volumen y velocidad) como de la probabilidad de ocurrencia espacio-temporal de los mismos (ver tablas 1 y 2).

3.3.2 Cartografía del riesgo por deslizamientos (R_s)

El riesgo específico por deslizamientos se cartografió combinando el mapa de peligrosidad y la probabilidad espacio-temporal y vulnerabilidad definida para los elementos en riesgo (Fell et al. 2008). Este último (el producto de la vulnerabilidad y los elementos en riesgo) es comúnmente llamado la “consecuencia” (ver tabla 3) (Van Westen et al. 2006; Vranken et al. 2015). Como se ha comentado en el apartado 3.3.1, la consecuencia es medida en términos de grado de pérdidas. La consecuencia se puede mostrar tanto en grado de pérdidas como en términos de costo del daño (Fell et al. 2008). En este caso, la consecuencia se mostró en términos de grado de pérdidas (entre 0 y 1) adecuada para este tipo de aproximaciones geomorfológicas.

Según los descriptores recomendados para la zonación del riesgo por deslizamientos siguiendo criterios de pérdida en propiedades (AGS 2007; apartado 7.2.4 de Fell et al. 2008), el riesgo por deslizamiento se mostró en cuatro niveles de según a un valor indicativo de la probabilidad aproximada anual (la tabla 6 muestra, conjuntamente con la información relacionada, los descriptores para la zonación del riesgo por deslizamientos usados en esta aproximación)

4. Resultados

Los resultados obtenidos se presentan a continuación según la metodología descrita.

4.1 Inventario de deslizamientos

La figura 2 muestra (en barras rojas horizontales) los periodos de tiempo entre los cuales se documentó la ocurrencia de deslizamientos según los diferentes procedimientos llevados a cabo (ver apartado 3.1.1) Un análisis detallado de la ocurrencia de deslizamientos se puede consultar en Jiménez-Perálvarez et al. (2017). La resolución temporal depende de la técnica aplicada, como queda reflejada en el gráfico, de forma que la posterior correlación de resultados y los factores desencadenantes precisará la fecha exacta (figura 2). Los resultados revelan que en la zona de estudio los deslizamientos fueron generados tras periodos de lluvias prolongadas.

En cualquier caso, los datos obtenidos del análisis de la ocurrencia de deslizamientos han puesto de manifiesto la presencia de 150 deslizamientos con actividad reciente, es decir deslizamientos activos o suspendidos con actividad permanente, intermitente o estacional. Consecuentemente, se ha elaborado una base de datos de 150 deslizamientos (figura 1c, tabla 4) descritos según los conceptos, términos y clasificaciones internacionalmente aceptadas (Cruden and Varnes 1996; Hungr et al. 2014). El inventario comprende información geoespacial de los deslizamientos (cartografía de deslizamientos), sus principales características (litología, tipología, etc.) y los datos temporales (fecha de ocurrencia); de utilidad para la evaluación del riesgo por deslizamientos. El inventario de deslizamientos representa el 2,26% de la zona de estudio e incluye 71 deslizamientos trasnacionales, 55 flujos de derrubios y de tierra, 14 desprendimientos rocosos y 10 deslizamientos complejos (tabla 4).

TABLA 4
Inventario de deslizamientos. Proporciones de los deslizamientos y litologías afectadas por la zona de rotura de los 150 deslizamientos cartografiados

	Área en km² y área afectada en % por complejo litológico		**Número de casos y área afectada en % respecto al total de área movilizada**		**Número de casos y área afectada en % respecto al total de área movilizada, por tipología**							
Complejo litológico			**Deslizamientos**		**Deslizam. Translacion.**		**Flujos**		**Desprendim.**		**Deslizam. Complejos**	
	Área	**Afectada**	**n**	**Área**	**n**	**Área**	**n**	**Área**	**n**	**Área**	**n**	**Área**
Aluvial	6,64	0,53	13	0,90	7	44,6	4	44,9	0	0,00	2	10,5
Conglomerado	12,4	0,34	4	1,08	3	63,1	1	36,9	0	0,00	0	0,00
Calizas y mármoles	32,5	2,59	35	21,6	21	64,8	7	22,5	6	11,0	1	1,70
Filita y cuarcita	26,9	5,38	55	37,2	25	43,5	21	40,6	7	6,77	2	9,13
Esquisto	39,5	0,91	19	9,22	11	40,0	6	41,4	0	0,00	2	18,6
Anfibolita	1,38	13,9	6	4,93	0	0,00	5	43,9	0	0,00	1	56,1
Micaesq. Graf.	31,9	0,47	6	3,87	1	15,8	4	79,3	0	0,00	1	4,90
Micaesq. Feldesp.	20,6	3,99	12	21,2	3	2,08	7	19,6	1	0,22	1	78,1
Total	171,8	2,26	150	100,00	71	36,0	55	34,0	14	4,97	10	25,03

Fuente: Jiménez-Perálvarez (2017).

4.2 Peligrosidad de los deslizamientos

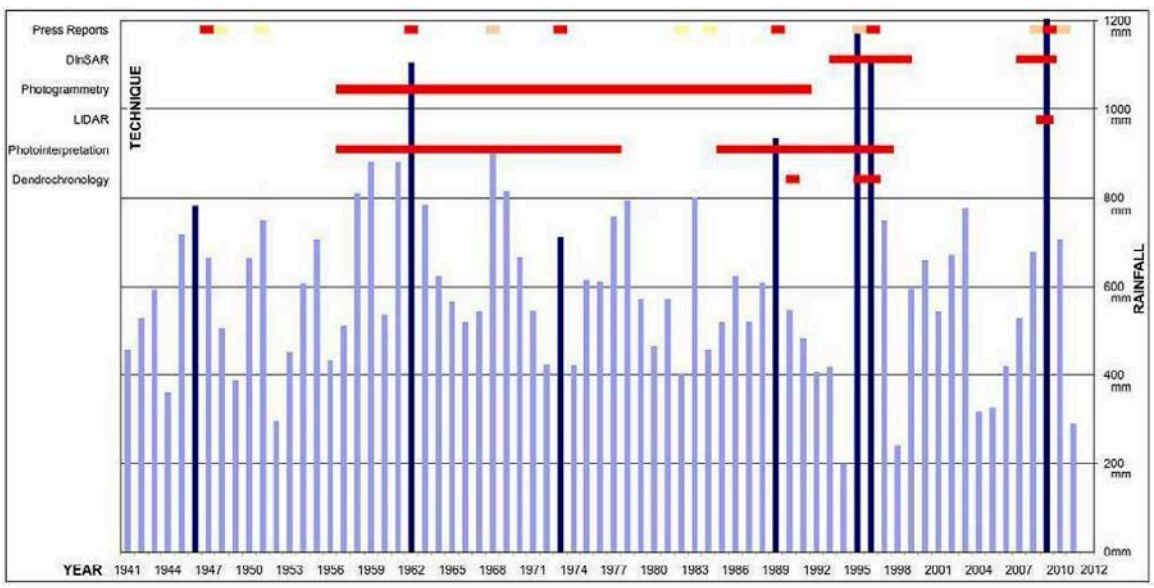
La evaluación de la peligrosidad comprende la determinación de la fecha de ocurrencia de los deslizamientos, la estimación del periodo de retorno a partir de los factores desencadenante y, finalmente, la cartografía de la peligrosidad.

4.2.1 Factores desencadenantes y periodo de retorno

En la zona de estudio no se esperan deslizamientos inducidos por terremotos por debajo de una $M_w \geq 6.0$ (magnitud del terremoto) según la correspondencia entre terremotos y desplazamientos de Newmark en la región (Rodríguez-Peces 2010). Por su parte, de los más de 1200 terremotos del registro de la zona de estudio, solo 20 alcanzaron una $M_w \approx 4.0$ y tan solo uno $M_w = 5.0$ (el máximo registrado); y sus hipocentros promediaron más de 12,5 km de profundidad. Además, la asociación entre la distribución espacial de los terremotos, según su magnitud, y los deslizamientos muestra coeficientes de correlación tanto de R como de G-K < 0,5. Por lo tanto, la actividad sísmica no se considera factor desencadenante de deslizamientos en la zona de estudio.

Por otra parte, para la evaluación de la lluvia como factor desencadenante, se elaboró un "registro tipo" de la lluvia anual acumulada diariamente a partir de la media de lluvia anual acumulada diariamente de las 11 estaciones pluviométricas disponibles en la zona de estudio (figura 2). La lluvia media anual en el área es de 620 mm, con una desviación estándar de 210 mm y se concentra principalmente entre los meses de octubre a febrero. El análisis cruzado entre las lluvias y la ocurrencia de deslizamientos muestra claramente que los deslizamientos fueron generados o reactivados coincidiendo con años especialmente lluviosos (figura 2). Consecuentemente, la precipitación se consideró como un factor desencadenante de deslizamientos en la región. En este sentido, se concluyó que los deslizamientos fueron generados o reactivados en los años hidrológicos: 1946/47, 1962/63, 1973/74, 1989/90, 1995/96/97 y 2009/2010

FIGURA 2
Lluvia media acumulada anual (barras verticales) y periodo de ocurrencia de los deslizamientos en la zona de estudio según la técnica utilizada (barras horizontales)[1]*



Fuente: Jiménez-Perálvarez et al. (2017).

[1]**En el gráfico de la figura 2 el Eje-X representa el tiempo en años. El Eje-Y derecho representa la cantidad de lluvia (en mm) y el Eje-Y izquierdo enumera las diferentes técnicas utilizadas para determinar la ocurrencia de deslizamientos. Las barras horizontales representan los periodos de tiempo en los que se detectó la ocurrencia de deslizamientos según cada técnica (periodos de tiempo grandes no significa que los deslizamientos estuvieran activos durante todo el periodo, si no que fue la máxima precisión temporal que se pudo aproximar según la técnica en cuestión). Los datos de los informes de prensa se presentan según la distancia del dato a la zona de estudio en amarillo (dato referido a Granada capital), naranja (referido a la Alpujarra pero fuera de la zona de estudio) o rojo (referido a la zona de estudio estrictamente). Los datos de precipitación para aquellos años en los que se interpretó que los deslizamientos fueron generados o reactivados se resaltaron en azul oscuro.*

Adicionalmente, según la tipología de los deslizamientos en los que se detectó activad reciente y el "registro tipo" de precipitación, se puede afirmar que los deslizamientos profundos fueron generados o reactivados, conjuntamente con los deslizamientos superficiales, en años en los que la precipitación excedió aproximadamente los 950 mm. La ocurrencia de deslizamientos fue también documentada coincidiendo con años con precipitaciones en torno a 750 mm. Estos últimos deslizamientos mencionados, se asociaron a deslizamientos superficiales. Esto significa que el periodo de retorno para los deslizamientos superficiales en la zona de estudio es de 5 años (la precipitación anual de 750 mm fue sobrepasada 15 veces en 71 años de observaciones) y de 18 años para los deslizamientos profundos (la precipitación anual excedió 950 mm 4 veces en 71 años).

4.2.2 Cartografía de la peligrosidad de los deslizamientos

El nivel de peligrosidad de muestra en 4 niveles (figura 3a, tabla 5) según la probabilidad espacio-temporal de ocurrencia y la intensidad de los deslizamientos, como se comentó en el apartado 3.2.3. Los resultados de la evaluación de la peligrosidad se muestran en la tabla 5 y en la figura 3a.

TABLA 5
Evaluación de la peligrosidad de los deslizamientos y validación (grado de ajuste) en la zona de estudio. Para las clases de peligrosidad (descriptores) según la probabilidad espacio-temporal de ocurrencia y la intensidad de los deslizamientos, ver tabla 2

Peligrosidad de los deslizamientos (figura 3a)			
Clase de peligrosidad (descriptor)	**% de la zona de estudio en la correspondiente clase**	**% de la clase de peligrosidad movilizado**	**Grado de ajuste (% de nuevos deslizamientos en cada clase)**
Baja	49,17	0,15	0,25
Moderada	34,98	2,85	4,80
Alta	15,80	7,08	11,92
Muy alta	0,05	49,32	83,03

Fuente: Jiménez-Perálvarez (2017).

La peligrosidad general de los deslizamientos en la zona de estudio es principalmente baja, ya que las clases de peligrosidad baja y moderada cubren más del 80% del área. Sin embargo, más del 15% de la zona muestra una peligrosidad alta o muy alta (figura 3a, tabla 5) coincidiendo con las principales infraestructuras (elementos en riesgo) de la región. Estas circunstancias justifican el estudio detallado y control del riesgo por deslizamientos para evitar daños mayores en episodios de lluvias extraordinarias.

Los deslizamientos están principalmente condicionados por la litología y la pendiente, ya que son factores condicionantes comunes en el mejor modelo de factores determinantes, independientemente del tipo de deslizamiento; seguidos de la elevación y la orientación de la ladera por orden de importancia, como se puede extraer del análisis estadístico llevado a cabo (ver apartado 3.2.1). Las filitas y los mármoles son las litologías más propensas a la generación de deslizamientos. Hay un predominio de deslizamientos traslacionales, generados principalmente en laderas con una pendiente entre 25º y 35º. La mayoría de los deslizamientos se encuentran en elevaciones entre 500 y 1000 metros en laderas orientadas al suroeste. Respecto a la calidad del mapa, el grado de ajuste calculado confirma un rendimiento predictivo muy bueno para los cuatro descriptores de la peligrosidad (más del 90% de asociación para las clases de peligrosidad alta y muy alta).

4.3 Riesgo por deslizamientos

El riesgo específico por deslizamientos es una expresión del daño esperado (menor, medio, mayor o total) en cada elemento en riesgo en función de la peligrosidad de los deslizamientos (ver tabla 3). Por tanto, como se han mencionado con anterioridad, las zonas de riesgo por deslizamiento dependen de la peligrosidad de los deslizamientos y de la vulnerabilidad de los elementos en riesgo según su exposición.

El nivel de riesgo específico por deslizamiento se muestra en la figura 3c mediante 4 descriptores, de raro a probable, basándose en un valor indicativo de la probabilidad anual aproximada de pérdidas en propiedades según las recomendaciones para la zonificación del riesgo por deslizamientos (AGS 2007; Fell et al. 2008). Los resultados de la evaluación del riesgo específico por deslizamientos y los descriptores empleados se muestran en la tabla 6.

TABLA 6
Riesgo específico por deslizamientos y descriptores del riesgo en la zona de estudio, modificado de AGS (2007) y Fell et al. (2008)

Distribución del riesgo específico por deslizamientos en cada descriptor del riesgo (figura 3c)			
Probabilidad (descriptor)	**Valor indicativo de la probabilidad aproximada anual**	**Área (km^2) de la zona de estudio en el descriptor correspondiente**	**% de la zona de estudio en la correspondiente clase**
Raro	10^{-4}	156,0	90,85
Improbable	10^{-3}	11,80	6,88
Posible	10^{-2}	3,70	2,15
Probable	10^{-1}	0,20	0,11

Fuente: Jiménez-Perálvarez (2017).

El riesgo específico por deslizamientos en la zona de estudio es principalmente bajo ya que las clases de riesgo más bajas (raro e improbable) cubren más del 97% de la zona. Sin embargo, el 2,26% de la zona muestra un riesgo posible o probable (figura 3c, tabla 6), donde se debería tomar las medidas apropiadas debido a la vulnerabilidad e importancia de las infraestructuras.

El bajo nivel de riesgo es principalmente debido a la baja presencia de elementos en riesgo en la zona de estudio. Al margen de las tierras de cultivo, los elementos en riesgo cubren menos del 5% de la zona (tabla 7). Las conducciones hídricas, los edificios y las carreteras cubren aproximadamente el 2,8% de la zona de estudio mientras que representan el 80% del riesgo.

TABLA 7
Elementos en riesgo y contribución de cada elemento al riesgo específico por deslizamientos en la zona de estudio[2]*

Elementos en riesgo	**Área (km^2) de la zona de estudio *(A)***	**Porcentaje de la zona de estudio *(B)***	**Porcentaje relativo de los elementos *(C)***	**Porcentaje de riesgo específico por deslizamientos *(D)***	**Porcentaje relativo de riesgo espec. por deslizam. *(E)***
Edificios	2,32	1,35	2,49	0,42	22,3
Cultivos	85,1	49,6	91,5	0,02	7,1
Caminos	2,47	1,44	2,66	0,01	0,89
Conducciones hídricas	0,29	0,17	0,32	3,98	43,1
Balsas	0,92	0,54	0,98	0,04	0,42
Carreteras principales	1,25	0,73	1,34	0,65	13,5
Tendido eléctrico	0,66	0,37	0,71	0,42	12,8
Todos los elementos	*93,0*	*54,2*	100	0,11	100
Sin elementos	78,7	45,8	--	0,00	--

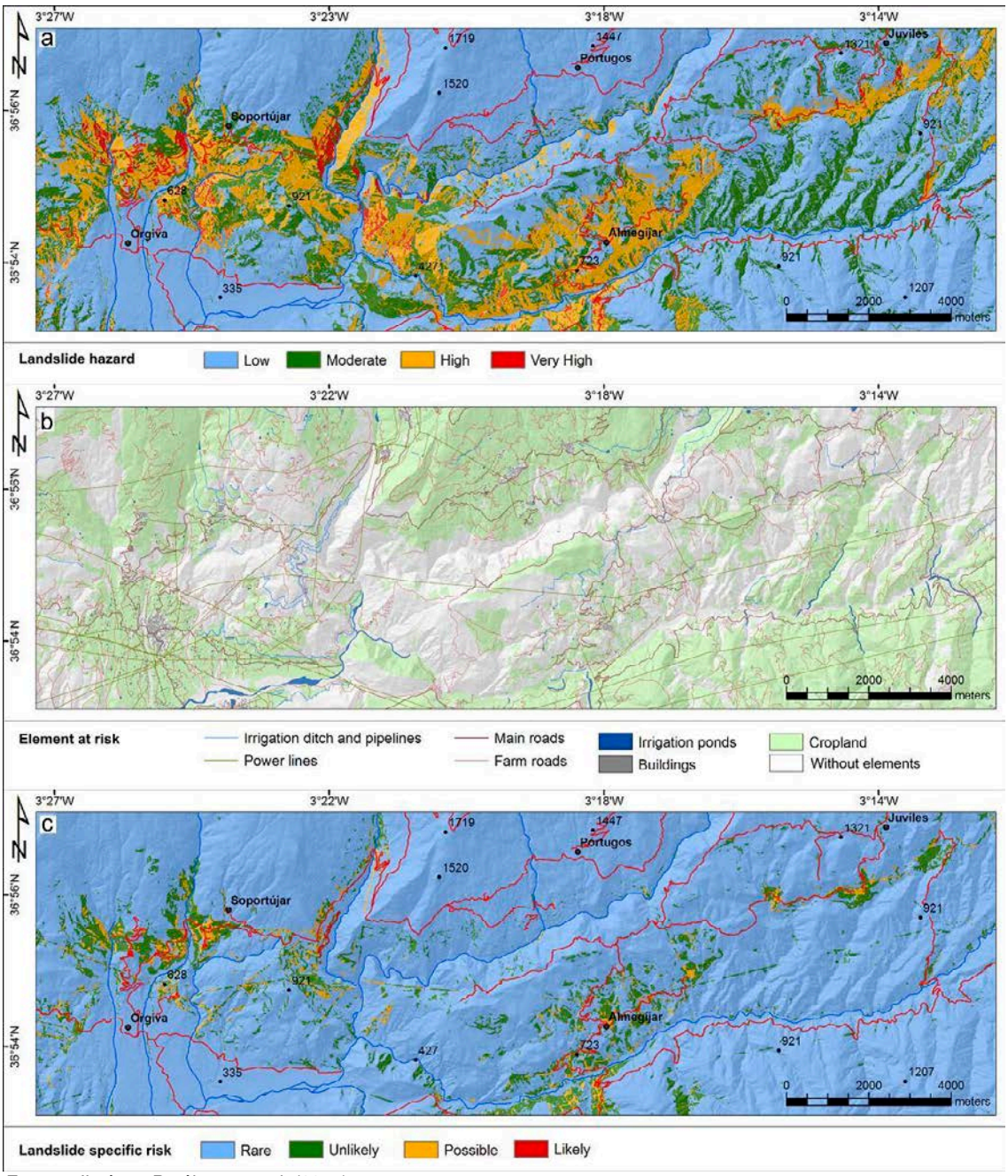
Fuente: Jiménez-Perálvarez (2017).
[2]**A: Área en km^2 de la zona de estudio ocupada por los elementos en riesgo.*
B: Porcentaje de la zona de estudio ocupada por los elementos en riesgo.
C: Porcentaje ocupado por el correspondiente elemento respecto al área total cubierta por elementos.

D: Porcentaje (del correspondiente elemento) en el descriptor "probable" de riesgo específico por deslizamiento (máximo nivel de riesgo específico por deslizamientos) (ver tabla 6), i.e. una expresión del grado de pérdidas por tipo de elemento.

E: Porcentaje (del correspondiente elemento) en el descriptor "probable" de riesgo específico por deslizamiento (ver tabla 6) respecto al área cubierta por dicho descriptor, i.e. una expresión del peso de cada tipo de elemento en el riesgo específico por deslizamientos en la zona de estudio.

FIGURA 3

Mapas de peligrosidad y riesgo por deslizamientos en la zona de estudio. (a): Mapa de peligrosidad de los deslizamientos, para las clases de peligrosidad (descriptores) según la probabilidad de ocurrencia espacio-temporal y la intensidad de los deslizamientos, ver tabla 2. (b): Mapa de elementos del territorio (elementos en riesgo). (c): Mapa de riesgo específico por deslizamientos, los valores de los descriptores del riesgo se muestran en la tabla 6



Fuente: Jiménez-Perálvarez et al. (2017).

5. Discusión

La evaluación del riesgo por deslizamientos presentada corresponde a una aproximación geomorfológica basada en un escenario con las siguientes asunciones: (1) Los deslizamientos ocurren siempre bajo las mismas condiciones geomorfológicas y climáticas que en el pasado; (2) las condiciones primarias que causan los deslizamientos están controladas por factores físicos identificables; y (3) respecto al papel de la lluvia en la ocurrencia de deslizamientos, los deslizamientos profundos se desencadenan conjuntamente con los deslizamientos superficiales tras periodos de lluvia intensos y prolongados; por su parte, las lluvias torrenciales generan fenómenos de erosión superficial y deslizamientos superficiales tipo flujos y desprendimientos.

La evaluación del riesgo por deslizamientos es difícil de alcanzar rigurosamente, de forma que se debe aproximar según el objetivo de cada estudio. Aún así, Cardinali et al. (2002) estableció que incluso cuando la peligrosidad y la vulnerabilidad no se pueden determinar (numéricamente) como probabilidades, el riesgo por deslizamientos todavía depende de la peligrosidad de los deslizamientos y del daño esperado. En este sentido, el riesgo por deslizamientos se evaluó en términos de riesgo específico (R_s) usando criterios de pérdida en propiedades. Aunque se requieren mapas separados de la cartografía del riesgo según para pérdidas en propiedades y para pérdidas en términos de vidas (Fell et al. 2008), la población fue considerada indirectamente considerando los elementos en riesgo como un indicador de la densidad de población (mayor en edificios y carreteras principales). En cualquier caso, no se han documentado víctimas por deslizamientos en el registro de daños de la región.

Consecuentemente para evaluar el riesgo por deslizamientos es primordial una zonación previa de su peligrosidad, basada en una metodología validada y en un reconocimiento cuidadoso de los deslizamientos presentes y pasados. En este sentido, la probabilidad de ocurrencia de los deslizamientos es uno de los principales problemas a resolver en áreas con información limitada sobre la actividad de los deslizamientos. Por lo tanto, el estudio se apoyó en un amplio rango de técnicas y procedimientos para reducir el nivel de incertidumbre en la determinación de la actividad de los deslizamientos. Por su parte, el umbral de lluvias para desencadenar deslizamientos se definió según una serie de episodios lluviosos en los cuales, según los resultados de los diferentes procedimientos aplicados, se documentó la ocurrencia de deslizamientos. Una vez se definió el umbral, el periodo de retorno se estimó basándose en el número de veces en que se alcanzó (o sobrepasó) ese umbral de lluvias en el registro completo, y no en el número de episodios en los que se documentó la ocurrencia de deslizamientos, dado que podría darse el caso en el que se hubieran generado deslizamientos que no hubieran sido registrados. En este trabajo la peligrosidad de los deslizamientos se evaluó considerando la probabilidad de ocurrencia espacio-temporal de los deslizamientos y la intensidad de los mismos según su volumen y velocidad.

Por su parte, la aproximación del daño esperado debe ser coherente con el objetivo del estudio. En este caso, la vulnerabilidad se aproximó empíricamente según la relación inferida entre las clases de peligrosidad de los deslizamientos y el daño probable que un deslizamiento pudiera causar. De esta forma, la vulnerabilidad se expresó en términos de grado de pérdidas (de 0 a 1) usando el criterio de pérdidas en propiedades (ver apartado 3.3). Este tipo de aproximación es adecuada con un punto de vista geomorfológico al margen de fluctuaciones de los mercados, inflación, interés nominal, etc. (Vranken et al. 2015). Con posterioridad, si es requerido, el coste del daño puede ajustarse a las condiciones económicas vigentes. De hecho, las consecuencias se pueden mostrar tanto en términos de grado de pérdidas como en términos de costo del daño (Fell et al. 2008); esta última alternativa puede expresarse (transformarse) más fácilmente en forma de valor económico (monetario), pero también está sujeto a las condiciones del mercado. Por otra parte, el daño basado en el grado de pérdidas puede ser confuso por momentos. Por ejemplo, el grado de pérdidas (en porcentaje, i.e. grado relativo de pérdidas) en una carretera principal puede ser equivalente a una conducción hídrica, pero se espera que el costo del daño sea mayor en una carretera. En este caso, el

mapa de riesgo por deslizamientos (figura 3c) muestra el riesgo específico por deslizamientos en términos de grado de pérdidas como una expresión de las condiciones geomorfológicas y de la vulnerabilidad de los elementos en riesgo. Alternativamente, para evitar el punto débil mencionado, la tabla 7 (columna D) muestra el riesgo específico por deslizamientos también en términos de grado de pérdidas pero individualmente por elemento en riesgo. De forma que, la información así expresada se puede correlacionar más fácil con el costo del daño y, por tanto económicamente cuantificable de acuerdo con las condiciones económicas del momento. En cualquier caso, según los términos en los que se aproximó el riesgo por deslizamientos, el daño indirecto va más allá del enfoque principalmente geomorfológico de este estudio. En efecto, el coste del daño (de una carretera afectada por ejemplo) va más allá del daño directo, y particularmente en regiones montañosas mal comunicadas donde, usualmente, no hay rutas alternativas. En estos casos, deberían tomarse en consideración variables tanto económicas como logísticas relacionadas con áreas aisladas o incomunicadas.

6. Conclusiones

Los resultados de la evaluación del riesgo por deslizamientos en la vertiente meridional de Sierra Nevada, permiten extraer algunas conclusiones generales sobre una zona con información limitada sobre deslizamientos. Independientemente de la información disponible, es primordial (y viable) la elaboración de una base de datos espacio-temporal exhaustiva de deslizamientos. En este sentido, uno de los principales problemas a resolver fue la determinación de la ocurrencia de deslizamientos y su periodo de retorno. En este caso, la ocurrencia de deslizamientos se aproximó por varios procedimientos, incluyendo técnicas basadas en sensores remotos, fotointerpretación, dendrocronología y noticias de prensa. Los resultados muestran que, tras periodos de lluvias extraordinarias y prolongadas, los deslizamientos profundos se desencadenan cada 18 años mientras que los superficiales cada 5 años aproximadamente.

La peligrosidad de los deslizamientos en la zona de estudio es predominantemente baja a moderada. Sin embargo, más del 15% de la zona muestra una peligrosidad alta o muy alta coincidiendo con las principales infraestructuras (elementos en riesgo) de la región. El riesgo específico por deslizamientos en la zona de estudio es igualmente bajo, ya que únicamente el 2,26% de la zona muestra un riesgo posible o probable. Los resultados obtenidos evidencian que el mapa resultante no es conservativo, más bien delimitan zonas de riesgo específico máximo a áreas relativamente reducidas donde se encontró una combinación desfavorable entre la peligrosidad de los deslizamientos y los elementos en riesgo. El bajo nivel de riesgo específico por deslizamientos en comparación con su peligrosidad es ilustrativo de áreas montañosas poco pobladas donde los elementos en riesgo no son abundantes, si no más bien son vulnerables debido principalmente a su alta exposición a los deslizamientos.

Los elementos en riesgo cubren el 54% de la zona de estudio (figura 3b, tabla 7). Las conducciones hídricas, edificios y carreteras principales cubren el 2,8% de la zona de estudio, mientras que representan aproximadamente el 80% del riesgo específico por deslizamientos. Por el contrario, las tierras de cultivo cubren casi el 50% del área pero representan únicamente el 7,1% del riesgo específico por deslizamientos. Los resultados muestran que el grado relativo de pérdidas esperado es mayor en las conducciones hídricas que en las carreteras principales o en los edificios. Sin embargo, esto no debe ser interpretado del mismo modo en referencia al coste del daño. El alto nivel de riesgo específico por deslizamientos mostrado por las conducciones hídricas es debido a su vulnerabilidad y su alta exposición a la peligrosidad de los deslizamientos. Consecuentemente, cuando se analiza el riesgo específico por deslizamientos, se recomienda calcular el grado de pérdidas individualmente para cada tipo de elemento en riesgo, con el objetivo de estimar el coste del daño si fuese requerido.

Por tanto, el riesgo por deslizamientos es difícil de evaluar en zonas rurales montañosas poco pobladas, porque comúnmente la información sobre la ocurrencia de deslizamientos es limitada. En estos casos, el riesgo por deslizamientos se puede aproximar en términos de

riesgo específico basándose en la peligrosidad de los deslizamientos y en la vulnerabilidad de los elementos en riesgo. La alta exposición a los deslizamientos de algunos elementos en riesgo en estas zonas, justifica la inclusión de la evaluación del riesgo por deslizamientos en los planes de ordenación del territorio, con el objetivo de evitar daños mayores previsibles en los periodos de ocurrencia de deslizamientos (lluvias extraordinarias). El hecho de que las zonas en alto riesgo sean reducidas, invita a concluir que la relación costo/beneficio de las políticas de control para la minimización del riesgo sean igualmente bajas. Los resultados obtenidos indican que, aunque este modelo empírico está sometido a cierto nivel de incertidumbre, proporciona estimaciones del riesgo por deslizamientos razonables para grandes extensiones, como cuencas o provincias, a pesar de la falta de información sobre la incidencia de deslizamientos.

Agradecimientos

Los datos de lluvia fueron suministrados por la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) de la Junta de Andalucía. Los datos de terremotos fueron proporcionados por el Instituto Andaluz de Geofísica (IAG) perteneciente a la Universidad de Granada. El autor agradece a sus compañeros José Chacón, Clemente Irigaray y Rachid El Hamdouni, el papel desarrollado y la ayuda prestada durante su largo periodo de formación.

Referencias bibliográficas

- AGS (2007) Guideline for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning. Australian Geomechanics 42(1): 12-36
- Bertolini G, Guida M, Pizziolo M (2005) Landslides in Emilia-Romagna region (Italy): strategies for hazard assessment and risk management. Landslides 2(4): 302-312
- Brabb EE (1991) The World Landslide Problem. Episodes 14(1): 52-61
- Capitani M, Ribolini A, Bini M (2013) The slope aspect: A predisposing factor for landsliding?. C R Geosci 345(11-12): 427-438
- Cardinali M, Reichenbach P, Guzetti F, et al. (2002) A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, Central Italy. Nat Hazards Earth Syst Sci 2(1-2): 57-72
- Carrara A, Cardinali M, Detti R, et al. (1991) GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. Earth Surf Process Landf 16(5): 427-445
- Carrara A, Crosta GB, Frattini P (2003) Geomorphological and historical data in assessing landslide hazard. Earth Surf Process Landf 28(10): 1125-1142
- Chung Ch-JF, Fabbri AG (2003) Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. Nat Hazards 30(3): 451-472
- Corominas J, Moya J (2008) A review of assessing landslide frequency for hazard zoning purposes. Eng Geol 102(3-4): 193-213
- Costanzo D, Rotigliano E, Irigaray C, et al. (2012) Factors selection in landslide susceptibility modelling on large scale following the GIS Matrix Method: application to the river Beiro basin (Spain). Nat Hazards Earth Syst Sci 12(2): 327-340
- Cruden DM, Varnes DJ (1996) Landslides types and processes. In: Turner AK, Schuster RL (eds) Landslides: investigation and mitigation. National Academic Press Sp-Rep 247, Washington DC, pp 35-76
- Dai FC, Lee CF, Ngai YY (2002) Landslide risk assessment and management: an overview. Eng Geol 64(1): 65-87
- Fell R (1994) Landslide risk assessment and acceptable risk. Can Geotech J 31(2): 261-272
- Fell R, Corominas J, Bonnard C, et al. on behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes (2008) Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. Eng Geol 102(3-4): 85-98
- Fernández P, Irigaray C, Jiménez-Perálvarez JD, et al. (2009) First delimitation of areas affected by ground deformations in the Guadalfeo River Valley and Granada metropolitan area (Spain) using the DInSAR technique. Eng Geol 105(1-2): 84-101
- Fernández T, Irigaray C, El Hamdouni R, Chacón J (2003) Methodology for landslide susceptibility mapping by means of a GIS. Application to the Contraviesa area (Granada, Spain). Nat Hazards 30(3): 297-308
- Fernández T, Jiménez-Perálvarez JD, Delgado J, et al. (2013) Methodology for landslide susceptibility and hazard mapping using GIS and SDI. In: Zlatanova S et al. (eds) Intelligent Systems for Crisis Management, Springer, Berlin, vol. 1, pp 185-198
- Fernández T, Pérez JL, Colomo C, et al. (2017) Assessment of the evolution of a landslide using digital photogrammetry and LiDAR techniques in the Alpujarras region (Granada, southeastern Spain). Geosciences 7(2): 32, 23p

- Glade T, Anderson MG, Crozier MJ (eds) (2005) Landslide hazard and risk. John Wiley & Sons, Chichester. 824p. doi 10.1002/9780470012659
- Gómez-Pugnaire MT, Galindo-Zaldívar J, Rubatto D, et al. (2004) A reinterpretation of the Nevado-Filábride and Alpujárride complexes (Betic Cordillera): field, petrography and U-Pb ages from orthogneisses (western Sierra Nevada, S Spain). Schweiz Miner Petrogr Mitt 84(3): 303-322
- Goodchild MF (1986) Spatial Autocorrelation. CATMOG 47, Geo Books, Norwich, 56p
- Guzzetti F, Reichenbach P, Cardinali M, et al. (2005) Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. Geomorphology 72(1-4): 272-299
- Guzzetti F, Mondini AC, Cardinali M, et al. (2012) Landslide inventory maps: New tools for an old problem. Earth-Sci Rev 112(1-2): 42-66
- Haque U, Blum P, da Silva PF, et al. (2016) Fatal landslides in Europe. Landslides 13(6): 1545-1554
- Hungr O, Leroueil S, Picarelli L (2014) The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides 11(2): 167-194
- Irigaray C, Fernández T, El Hamdouni R, Chacón J (2007) Evaluation and validation of landslide-susceptibility maps obtained by a GIS matrix method: examples from the Betic Cordillera (southern Spain). Nat Hazards 41(1): 61-79
- Jenks GF (1967) The Data Model Concept in Statistical Mapping. International Yearbook of Cartography 7: 186-190
- Jiménez-Perálvarez JD, Irigaray C, El Hamdouni R, Chacón J (2011) Landslide-susceptibility mapping in a semi-arid mountain environment: an example from the southern slopes of Sierra Nevada (Granada, Spain). Bull Eng Geol Environ 70(2): 265-277
- Jiménez-Perálvarez JD, El Hamdouni R, Palenzuela JA, et al. (2017) Landslide-hazard mapping through multi-technique activity assessment: an example from the Betic Cordillera (southern Spain). Landslides Online First: 17p. Published online: 11 June 2017. doi:10.1007/s10346-017-0851-6
- Jiménez-Perálvarez JD (2017) Landslide-risk mapping in a developing hilly area with limited information on landslide occurrence. Landslides, Under Revision, 14p.
- Margottini C, Vilímek V (2014) The ICL Network on “Landslides and Cultural & Natural Heritage (LACUNHEN)”. Landslides 11(5): 933-938
- Martelloni G, Segoni S, Fanti R, Catani F (2012) Rainfall thresholds for the forecasting of landslide occurrence at regional scale. Landslides 9(4): 485-495
- Palenzuela JA, Jiménez-Perálvarez JD, El Hamdouni R, et al. (2016) Integration of LiDAR data for the assessment of activity in diachronic landslides: a case study in the Betic Cordillera (Spain). Landslides 13(4): 629-642
- Pellicani R, Van Westen C, Spilotro G (2014) Assessing landslide exposure in areas with limited landslide information. Landslides 11(3): 463-480
- Remondo J, Bonachea J, Cendrero A (2005) A statistical approach to landslide risk modelling at basin scale: from landslide susceptibility to quantitative risk assessment. Landslides 2(4): 321-328
- Rodríguez Peces, MJ (2010) Analysis of earthquake-triggered landslides in the South of Iberia: Testing the use of the Newmark's method at different scales. PhD Thesis, Department of Geodynamics University of Granada, Granada, 254p
- Rotigliano E, Cappadonia C, Conoscenti C, et al. (2012) Slope units-based flow susceptibility model: using validation tests to select controlling factors. Nat Hazards 61(1):143-153
- SafeLand (2011) Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk assessment and zoning. In: EU-FP7 SafeLand project (ed) Living with landslide risk in Europe: assessment, effects of global change, and risk management strategies, Deliverable D2.4, 173p
- UNESCO (2017) The list of the World heritage sites. http://whc.unesco.org/en/list/. Accessed 20 January 2017
- United Nations (2017) Department of Economic and Social Affairs – Population Division. http://www.un.org/en/development/desa/population. Accessed 20 January 2017
- Uzielli M, Catani F, Tofani V, Casagli N (2015) Risk analysis for the Ancona landslide—II: estimation of risk to buildings. Landslides 12(1): 83-100
- Van Den Eeckhaut M, Hervás J (2012) State of the art of national landslide databases in Europe and their potential for assessing landslide susceptibility, hazard and risk. Geomorphology 139/140: 545-558
- Van Westen CJ (2000) The modelling of landslide hazards using GIS. Surv Geophys 21(2): 241-255
- Van Westen CJ, Van Asch TW, Soeters R (2006) Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult? Bull Eng Geol Environ 65(2): 167-184
- Varnes DJ (1984) Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Commission on Landslides of the IAEG, UNESCO, Paris. Natural Hazards Series 3, 63p
- Vranken L, Vantilt G, Van Den Eeckhaut M, et al. (2015) Landslide risk assessment in a densely populated hilly area. Landslides 12(4): 787-798
- Wieczoreck GF (1996) Landslide triggering mechanisms. In: Turner AK, Schuster RL (eds) Landslides: investigation and mitigation. National Academic Press Sp-Rep 247, Washington DC, pp 77-90
- WP/WLI (1993) A suggested method for describing the activity of a landslide. International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory. Bull Eng Geol Environ. 47(1): 53-57

¿QUÉ MANTIENE A SIERRA NEVADA POR ENCIMA DE LOS 3.000 M DE ALTITUD?

JOSÉ MIGUEL AZAÑÓN HERNÁNDEZ
jazanon@ugr.es
Dpto. Geodinámica. Universidad de Granada

RESUMEN

Sierra Nevada contiene las mayores altitudes de la Península Ibérica y en ella afloran dominios de las Zonas Internas de la Cordillera Bética. Esta cadena montañosa se ha estado elevando durante los últimos 8 millones de años con tasas promedio de 400 m/Ma. Los datos de carácter morfométrico revelan que en la actualidad sigue elevándose, en especial el sector más occidental. Sin embargo, los nuevos datos geofísicos que muestran la estructura litósferica de este sector de la Cordillera Bética reflejan que Sierra Nevada no tiene raíz cortical como sería de esperar en la zona interna de un orógeno activo. La ausencia de una raíz cortical plantea una paradoja, ya que el levantamiento activo se ha mantenido durante los últimos 3 Ma. En este trabajo se discuten los procesos que pueden estar manteniendo activo el levantamiento.

Palabras clave: Topografía dinámica, levantamiento tectónico, erosión diferencial

ABSTRACT

Sierra Nevada reaches the highest heights in Iberia and in it crop out the deepest domains of the Internal Betics. This mountain range has uplifted during the last 8 My at average rates of 400m/My. Morphometric data show that it continues uplifting, especially in its westernmost region. However, new geophysical data that show the lithospheric structure of this region reveal that Sierra Nevada does not have a crustal root as would be expected in the internal zone of an active orogen. This lack of a crustal root represents a paradox, as uplift has continued through the last 3 Ma. Here, we discuss all the processes that could be inducing an active uplift on this part of the Betic Cordillera.

Keywords: *Dynamic topography, Tectonic uplift, Differential Erosion*

1. Introducción

En los últimos años, gracias a los proyectos Topoiberia y Picasso, se ha producido un extraordinario avance en el conocimiento de la estructura litosférica de la Península Ibérica, el Rif y el extremo más occidental del mar de Alborán (i.e., Bezada et al., 2013 Mancilla et al 2015a, 2015b). El análisis de funciones receptoras de las ondas P ha proporcionado una imagen 3D del "slab" bajo el mar de Alborán y su continuación septentrional bajo el límite con el Macizo Ibérico (Mancilla et al 2015a, 2015b). Esto ha permitido conocer con relativa precisión la estructura y espesores de la corteza continental tanto en la Cordillera Bética como bajo el Macizo Ibérico (i.e. Mancilla et al., 2015a). En paralelo, el desarrollo de herramientas de cálculo morfométrico ha permitido analizar con detalle los procesos de incisión y denudación del relieve, íntimamente relacionados con el levantamiento y/o hundimiento activo (Pérez-Peña et al., 2009 a,b; Kirby y Whipple, 2012; Azañón et al., 2015). En este trabajo, se realiza un análisis conjunto de los datos de topografía residual, obtenidos a partir de datos de espesor cortical, con los datos derivados de la integral hipsométrica del relieve. La comparación de estos datos nos permite analizar la posible incidencia del flujo mantélico sobre la topografía de la Cordillera Bética y su influencia en los procesos activos de levantamiento del relieve.

2. Análisis del relieve: integral hipsométrica y filtrado del relieve

La hipsometría describe las relaciones entre área y elevación, y por lo tanto permite analizar la topografía de una región de un modo cuantitativo (Pérez-Peña et al., 2009a; 2009b). Este tipo de análisis ha demostrado ser de gran utilidad a la hora de evaluar espacialmente los procesos que producen levantamiento o hundimiento activo, pues éstos a su vez condicionan la erosión y modelado del relieve. Tradicionalmente los análisis de hipsometría se han restringido a cuencas de drenaje, a través de la extracción de la curva y/o integral hipsométrica (HI). Sin embargo, trabajos recientes han puesto de manifiesto la gran utilidad del análisis espacial de la hipsometría, bien mediante ventanas móviles, o mediante análisis de autocorrelación espacial (Pérez-Peña et al., 2009a). En este trabajo se ha seguido la metodología propuesta por Pérez-Peña et al. (2009a), consistente en el cálculo de la integral hipsométrica en celdas regulares y su posterior análisis mediante índices de autocorrelación espacial (LISA). Para ello se ha calculado la integral hipsométrica (según la formulación de Pike y Wilson, 1971) en celdas de 2.5 km utilizando un Modelo Digital de Elevaciones de 90 m de resolución. Una vez obtenidos los valores de HI, se ha procedido a realizar un análisis de autocorrelación espacial empleando el estadístico de Getis-Ord (Gi*, Getis y Ord, 1996) con un umbral de distancia de 10km. Las distancias utilizadas para este análisis (2 y 10 km) tienen como objetivo el análisis de las anomalías del relieve de longitud de onda media. Este estadístico permite el análisis espacial de clúster de valores extremos.

Para la caracterización del relieve, se han filtrado las longitudes de onda de orden menor que representan barrancos y valles de la red de drenaje actual (Karlstron et al., 2008; Scotti et al., 2014). Para el filtrado se han utilizado dos filtros combinados; primero se ha aplicado un filtro de media en bloque para reducir el tamaño de pixel, y posteriormente un filtro focal recursivo mediante una ventana móvil de 5 celdas de radio. Este filtrado obtiene resultados similares a otros con medias móviles tradicionales pero conserva mejor las direcciones estructurales. Para este trabajo se ha utilizado un filtro equivalente a 25 km, para retener las tendencias de la longitud de onda media de los alineamientos montañosos de la Cordillera.

3. Balance isostático: topografía residual

La elevación de una cadena montañosa y la tasa de levantamiento de la superficie están inherentemente ligadas, siendo una la derivada temporal de la otra y reflejando ambas la estructura litosférica y las tasas de cambio de ésta. Es generalmente admitido que la elevación está dominada por la isostasia de la corteza que en orógenos convergentes está típicamente engrosada. El manto litosférico también puede estar engrosado o adelgazado por procesos tectónicos y también puede estar sujeto a procesos de remoción local, ya que su densidad es ligeramente más alta que la del manto astenosférico que tiene debajo.

Un manto engrosado implica menores elevaciones de la superficie topográfica. Adicionalmente, a los componentes estáticos de la topografía, en algunos orógenos se han constatado anomalías de densidad debidas a flujos mantélicos que producen la denominada topografía dinámica (i.e. Faccena et al., 2014). La topografía dinámica es el resultado de la acomodación de la superficie topográfica a esfuerzos generados en la base de la litosfera por el flujo mantélico. Si se ignora la flexura elástica, que únicamente es válida para cargas de una longitud de onda menor que la de la flexura, la elevación (z) de una cadena montañosa se puede describir como una combinación de isostasia (ziso) más el componente dinámico (zdin). Ziso solo depende de la densidad y estructura de la litosfera. La elevación de una columna litosférica con respecto a un nivel de referencia se produce por efecto de la "flotabilidad" litosférica que es función de la densidad y del espesor tanto de la corteza (ec) como del manto litosférico (el).

La contribución de la componente isostática a la topografía, calculada por píxeles, sería el resultado de la siguiente expresión:

$$t=f_1 e_c+f_2 e_l$$

siendo

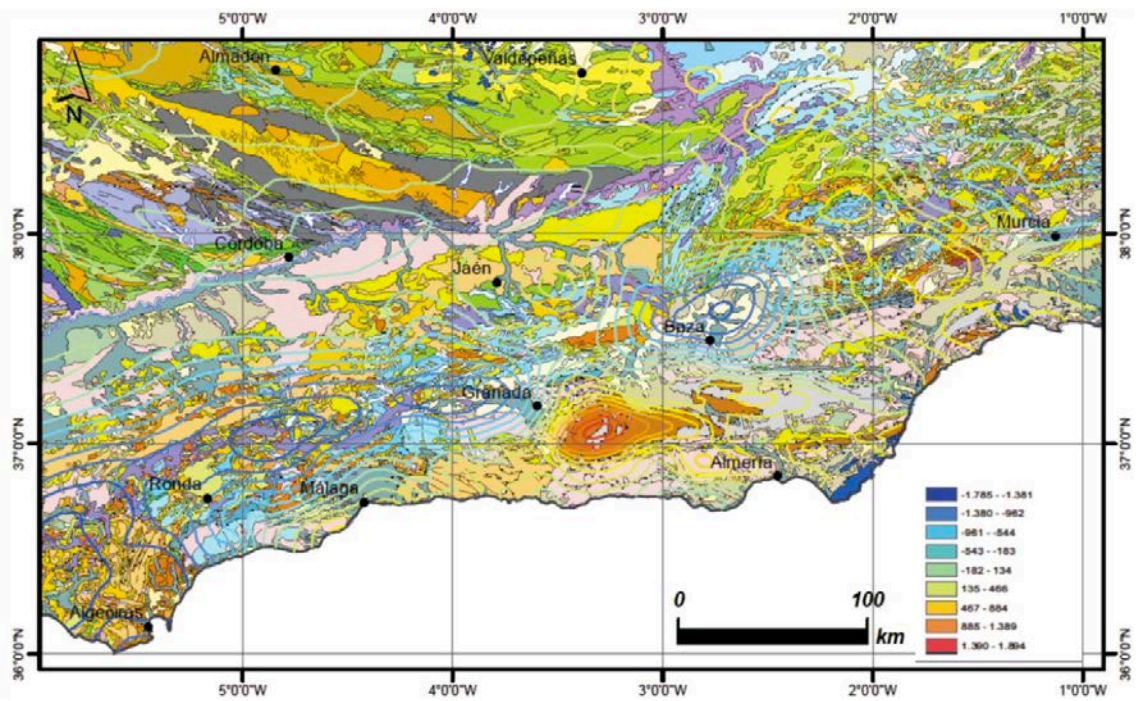
$$f_1=(\rho_a-\rho_c)/\rho_a \text{ y } f_2=(\rho_a-\rho_l)/\rho_a$$

La topografía absoluta se puede obtener con una t_0=-2,6 km que representa la altura media de los rifts medio oceánicos. Para realizar este cálculo se han adoptado valores de densidad cortical extraídos de CRUST2.0 ρ_c=2836 kg/m^3, y valores típicos de ρ_l=3250 kg/m^3 (i.e.. Faccena et al., 2014) y ρ_a≈3215 kg/m^3 tal y como sugiere Faccenna et al., (2014) como mejor ajuste para las densidades astenosféricas en el dominio Mediterráneo.

Los espesores corticales, que son los determinantes en el cálculo, han sido estimados a partir de los tiempos de llegada de la fase convertida de P a S en la discontinuidad de la Moho y sus múltiplos. Estos tiempos han sido extraídos de las funciones receptoras de ondas P obtenidas para las estaciones desplegadas en el sur de la Península Ibérica (Mancilla et al, 2015a). De los perfiles de las funciones receptoras migradas se han obtenido las estimaciones del grosor de la litosfera (Mancilla et al. 2015a).

El mapa geológico de la figura 1 (ver GEODE para la leyenda) tiene superpuestas unas isolíneas que se corresponden con la diferencia entre la topografía esperable de la aplicación de la fórmula anterior y la topografía real. A esta diferencia se la denomina topografía residual.

FIGURA 1.
Mapa geológico (ver GEODE para la leyenda) del S de Iberia al que se le han incluido isolíneas de colores que reflejan la topografía residual (en metros) negativa en los colores fríos (azules y verdes) y positiva en los colores cálidos (rojos y amarillos).



4. Discusión y Conclusiones

El mapa de topografía residual refleja importantes anomalías con respecto a la topografía esperable si aplicamos púramente isostasia. Las principales anomalías están en dos franjas de orientación NNW-SSE en las que aparece una topografía que no puede ser justificada

mediante isostasia. Estas franjas se encuentran bajo Sierra Nevada/Sierra Harana y el Arco de Águilas. Además, los déficits de topografía más importantes están en los extremos occidental (Surco de los Flyschs) y oriental (Béticas Orientales) de la Cordillera. Bajo los máximos corticales, situados en las cuencas miocenas de Guadix-Baza y Granada también aparecen importantes déficits de topografía. La comparación del mapa de HI con el de topografía residual indica que las zonas con importante déficit topográfico reflejan una baja incisión del relieve. También se puede observar el efecto contrario, de tal modo que bajo Sierra Nevada, sin raíz cortical, aparecen los máximos valores de incisión. La anomalía que empuja Sierra Nevada a sus actuales cotas y a Estos resultados nos permiten plantear por primera vez la existencia de una topografía dinámica inducida por los efectos del hundimiento de la litosfera ibérica y el flujo mantélico asociado. Así mismo, se presenta la geometría de estas anomalías que vienen condicionadas por adelgazamientos corticales según franjas de dirección NNW-SSE. Estos “cuellos extensionales” son perpendiculares a la extensión activa en el orógeno bético (desplazamientos WSW activos de hasta 4mm/año; i.e. Mancilla et al., 2013). Por tanto, la extensión actual, activa durante buena parte del Mioceno, ha afectado tanto a los dominios alóctonos de las zonas internas (Dominio de Alborán) como a los dominios del paleomargen ibérico, previamente empilados por la colisión. Estos procesos compresivos provocados por la colisión fronto-lateral del Dominio de Alborán, son aún activos en las partes más occidentales de la Cordillera y en su límite septentrional (contacto con el margen sudibérico) donde la deformación tiene carácter transpresivo. El frente de cabalgamientos preservado en el arco de Cazorla, así como el engrosamiento cortical bajo esta zona, son un testimonio de esta colisión que involucra, en este meridiano, rocas sedimentarias del Tortoniense Inferior. La extensión ulterior, con una fuerte componente de desplazamiento hacia el WSW, ha transformado la Cordillera en un conjunto de "megaboudines" en la que la geometría de los cuerpos y los niveles de despegue están fuertemente condicionados por la reología de los materiales y las discontinuidades mecánicas previas.

5. Referencias bibliográficas

- Azañón, J.M., Galve, J.P., Pérez-Peña, J. V., Giaconia, F., Carvajal, R., Booth-Rea, G., Jabaloy, A., Vázquez, M., Azor, A., Roldán, F.J., 2015. Relief and drainage evolution during the exhumation of the Sierra Nevada (SE Spain): Is denudation keeping pace with uplift? Tectonophysics. doi:10.1016/j.tecto.2015.06.015.
- Bezada, M.J., Humphreys, E.D., Toomey, D.R., Harnafi, M., Dávila, J.M., Gallart, J. 2013. Evidence for slab rollback in westernmost Mediterranean from improved upper mantle imaging. Earth and Planetary Science Letters, 368, pp. 51-60.
- Getis, A., Ord, K., 1996. Local spatial statistics: an overview, in: Longley, P., Batty, M. (Eds.), Modelling in a GIS Environment. GeoInformation International, Cambridge, pp. 261–277.
- Karlstrom, K.E., Crow, R., Crossey, L.J., Coblentz, D., Van Wijk, J.W., 2008. Model for tectonically driven incision of the younger than 6 Ma Grand Canyon. Geology 36, 835. doi:10.1130/G25032A.1
- Kirby, E., Whipple, K.X., 2012. Expression of active tectonics in erosional landscapes. J. Struct. Geol. 44, 54–75. doi:10.1016/j.jsg.2012.07.009.
- Mancilla F., Stich D., Berrocoso M., y Martín R., Morales J., Fernandez-Ros A., Páez R., Pérez-Peña A. (2013): Delamination in the Betic Range: Deep structure, seismicity, and GPS motion. Geology, 41, 307-310.
- Mancilla, F., Stich, D., Morales, J., Martin, R., Diaz, J., Pazos, A., Cordoba, D., Pulgar, J. A., Ibarra, P., Harnafi, M., y Gonzalez-Lodeiro, F., (2015a): Crustal Thickness and Images of the Lithospheric discontinuities in the Gibraltar arc and surrounding areas. Geophys. J. Int. 203,1804-1820.
- Pérez-Peña, J. V., Azañón, J.M., Azor, A., 2009a. CalHypso: An ArcGIS extension to calculate hypsometric curves and their statistical moments. Applications to drainage basin analysis in SE Spain. Comput. Geosci. 35, 1214–1223. doi:10.1016/j.cageo.2008.06.006
- Pérez-Peña, J. V., Azañón, J.M., Booth-Rea, G., Azor, a., Delgado, J., 2009b. Differentiating geology and tectonics using a spatial autocorrelation technique for the hypsometric integral. J. Geophys. Res. 114, F02018. doi:10.1029/2008JF001092
- Scotti, V.N., Molin, P., Faccenna, C., Soligo, M., Casas-Sainz, A., 2014. The influence of surface and tectonic processes on landscape evolution of the Iberian Chain (Spain): Quantitative geomorphological analysis and geochronology. Geomorphology 206, 37–57. doi:10.1016/j.geomorph.2013.09.017

APORTACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS SERPENTÍNICOS A LA RED DE PARQUES NACIONALES DE ESPAÑA: BIODIVERSIDAD Y VALORES DE CONSERVACIÓN DE SIERRA BERMEJA (PROVINCIA DE MÁLAGA)

NOELIA HIDALGO-TRIANA[1]; JOSÉ GÓMEZ-ZOTANO [2]; ANDRÉS V. PÉREZ-LATORRE[1]; FELIPE ROMÁN-REQUENA[3]
nhidalgo@uma.es , jgzotano@ugr.es, avperez@uma.es, froman@hotmail.es
[1] *Departamento de Biología Vegetal, Universidad de Málaga;*
[2] *Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad de Granada;*
[3]*GRUNSBER*

RESUMEN

La Red de Parques Nacionales de España adolece de una representación de los escasos y poco conocidos ecosistemas serpentínicos. Este tipo de ecosistemas encuentra su mejor representación en Sierra Bermeja (provincia de Málaga), el mayor afloramiento ultramáfico del Mediterráneo Occidental y SW de Europa. Esta montaña posee una flora y fauna con numerosas especies endémicas, poco comunes o raras. Además requiere de una adecuada gestión que haga frente a las amenazas derivadas de la urbanización y los recurrentes incendios forestales. En la presente comunicación se ha actualizado la bibliografía sobre los ecosistemas serpentínicos de Sierra Bermeja, proporcionando una renovada síntesis cuantitativa de la biodiversidad y los valores de conservación de este macizo peridotítico, propuesto como Parque Nacional de España.

Palabras clave: biodiversidad; conservación; ecosistemas serpentínicos; taxa mediterránea; Sierra Bermeja, espacio natural protegido.

ABSTRACT

Biodiversity and Conservation Values of Serpentine Ecosystems in Spain: Sierra Bermeja (Malaga, Spain)

The Network of National Parks of Spain suffers from a representation of the scarce and little-known serpentine ecosystems. This type of ecosystem finds its best representation in Sierra Bermeja (province of Malaga), the largest ultramafic outcrop of the Western Mediterranean and SW of Europe. This mountain supports a distinctive flora and fauna with numerous endemic, uncommon or rare species. It also requires adequate management to deal with the threats arising from urbanization and recurrent forest fires. In the present communication the bibliography on serpentine ecosystems of Sierra Bermeja has been updated, providing a renewed quantitative synthesis of the biodiversity and conservation values of this peridotitic massif, proposed as a National Park of Spain.

Keywords: *biodiversity; conservation; serpentine ecosystem; Mediterranean taxa; Sierra Bermeja, protected natural areas.*

1. Introducción

A nivel mundial, los ecosistemas serpentínicos ocupan menos del 1% de la superficie terrestre y presentan una distribución geográfica muy fragmentada (Proctor y Nagy, 1992). Las rocas ultramáficas y las especies vegetales y animales asociadas a su edafogénesis, contribuyen a la conformación de estos raros ecosistemas, siendo objeto de interés creciente para la Biología de la Conservación (Boyd et al., 2009) y la más reciente subdisciplina Biogeografía de la Conservación (Ladle y Whittaker, 2011). Sin embargo, desde mediados del S. XX se

encuentran inmersos en un período de cambio sin precedentes como resultado de la acción humana. Muchos de los exclusivos hábitats que albergan han sido destruidos por completo por el desarrollo de actividades extractivas y constructivas o divididos en pequeños fragmentos, otros se han transformado a través de la silvicultura, ganadería o la extinción de plantas y animales endémicos, mientras que el cambio climático antropogénico, vehiculado en muchos casos a través de grandes incendios forestales, amenaza ahora con redibujar completamente el mapa geográfico de la biota en estas desconocidas "islas biogeográficas" (Harrison y Inouye, 2002; Harrison y Rajakaruna, 2011; Thorne et al., 2011).

Los principales ecosistemas serpentínicos españoles se sitúan en Andalucía (Serranía de Ronda, y afloramientos menores en Sierra Nevada, Lubrin y Guillena-El Ronquillo) y Galicia (sierras Capelada y de Careón), donde presentan una escasa superficie y una irregular y fragmentada distribución geográfica a modo de islas edáficas, ostentando desiguales grados de protección que denotan un insuficiente conocimiento científico (Gómez Zotano, 2004a). Entre los afloramientos ultramáficos más valiosos, desconocidos y amenazados destaca Sierra Bermeja, trasfondo montañoso de la Costa del Sol Occidental; este macizo peridotítico acoge taxones y procesos biológicos y biogeográficos merecedores de conservación, especialmente si está involucrada la adaptación a los suelos ultramáficos, pero en la actualidad no existe ningún estudio funcional y global que lo haya demostrado pese a que están gravemente amenazados por las actividades antrópicas. La riqueza de endemismos y taxones de plantas amenazadas se recoge en Salvo et al. (1983), Cabezudo et al. (1989), Gavira Romero y Pérez Latorre (2003) y Pérez Latorre et al. (2017), pero sólo se han analizado algunas especies de plantas endémicas en relación con la variabilidad biogeoquímica, caso de *Abies pinsapo* (Liétor et al., 2002), o la hiperacumulación de Ni (Rufo et al., 2004, 2005), caso de *Saxifraga gemmulosa* (Díez-Garretas et al., 2009) o *Alyssum serpyllifolium* (Brooks et al., 1981; De la Fuente et al., 2007). No obstante, la flora y vegetación serpentínica, a diferencia de la fauna (Barnestein et al., 2011; Román-Requena y Rodríguez, 2017), han despertado un gran interés en las últimas cuatro décadas (Rivas Goday, 1969; Rivas Goday y Esteve, 1972; Rivas Martínez et al., 1973; Rivas Goday, 1974; López González, 1975; Rivas Goday y López González, 1979; Guerra, 1982; Cabezudo et al., 1989; Brooks et al., 1995; Pérez Latorre et al., 1998; Asensi et al., 2004; Rufo et al., 2004; Asensi et al., 2011; Pérez-Latorre et al., 2013, 2017).

Resulta necesario, por tanto, comprender este complejo y amenazado ecosistema, ya que la falta de conocimiento y concienciación ciudadana pueden afectar negativamente a la aplicación de medidas de conservación. Es por ello que en este trabajo se ha examinado la bibliografía sobre los ecosistemas serpentínicos de Sierra Bermeja, proporcionando una renovada síntesis cuantitativa de la biodiversidad y los valores de conservación de este macizo. Los resultados refuerzan el estudio previo de Pérez Latorre (2009) y la posterior ampliación de Gómez Zotano y (2009) y Gómez Zotano et al. (2014), que proponen la inclusión de esta montaña en la red española de parques nacionales.

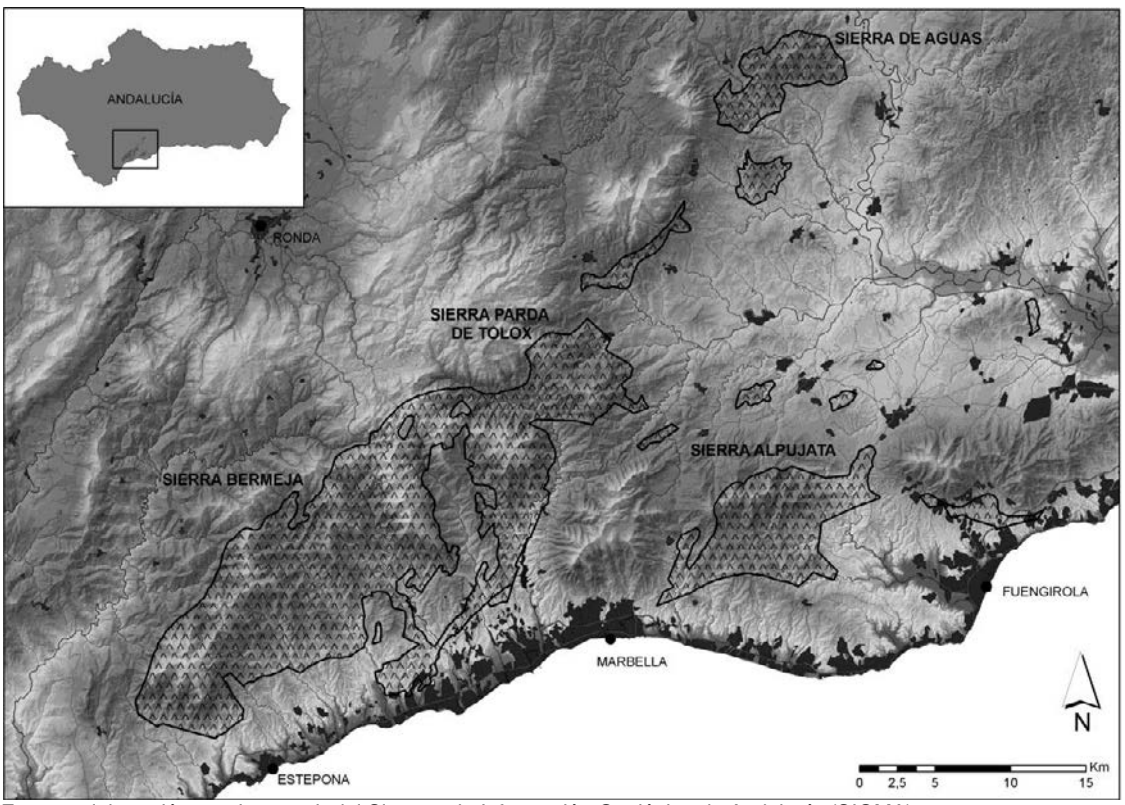
2. Procedimiento metodológico

2.1. Área de estudio

El macizo montañoso de Sierra Bermeja se sitúa al sur de la península ibérica y constituye el mayor afloramiento peridotítico del conjunto petrográfico de la Serranía de Ronda, y uno de los más grandes del mundo (300 km^2; Dickey 1970) (fig. 1). Incluye dos estribaciones que constituyen sierras de importancia: Palmitera y Real. La peridotita, roca ígnea ultramáfica de gran dureza y densidad, está compuesta por minerales ferromagnésicos (90% olivino) que, una vez alterados, reciben el nombre genérico de serpentina. Las peridotitas malagueñas están compuestas mayoritariamente de lerzholitas y harzburgitas. Además de su singular naturaleza litológica, entre los aspectos biogeográficos más importantes que influyen en la vegetación y fauna de Sierra Bermeja destaca su situación estratégica entre dos continentes, Europa y África, y su configuración topográfica, tanto

como “punto de arranque” de las Cordilleras Béticas por su extremo occidental, como por ser un conjunto de media altura (1.500 m) que destaca paisajísticamente respecto a la plana litoral situada al pie de su fachada meridional. El clima es mediterráneo subhúmedo-húmedo, con una media anual de precipitaciones que oscila entre los 800 mm cerca de la costa, y los 1600 mm en las cimas (probablemente superior a 2000 mm por las precipitaciones ocultas derivadas de los estancamientos del Levante), donde es frecuente la nieve en invierno. La temperatura media anual es de 14-16 ºC y pueden diferenciarse tres pisos bioclimáticos: termomediterráneo (hasta los 800 m), mesomediterráneo (800-1300 m) y supramediterráneo (a partir de los 1300 m) (Gómez Zotano, 2004a; Olmedo Cobo y Gómez Zotano, 2017).

FIGURA 1
Sierra Bermeja en el contexto de los afloramientos peridotíticos malagueños



Fuente: elaboración propia a partir del Sistema de Información Geológica de Andalucía (SIGMA)

La interrelación de estas condiciones ambientales únicas favorece los naturales procesos geoquímicos en la meteorización de las rocas peridotíticas y la subsiguiente génesis de los suelos serpentínicos de Sierra Bermeja. Los singulares factores edáficos, en comparación con otros sustratos, incluyen limitaciones excepcionales de nutrientes esenciales tales como N, P, K, así como de cationes básicos, además de una baja proporción de Ca^{2+}/Mg^{2+} (0,84), un alto contenido en metales pesados sin función biológica conocida (Cr, Ni, Co, Cu) que conlleva disfunciones en los organismos de los seres vivos, y un carácter xerófilo de los suelos, con alta susceptibilidad a la erosión (Yusta et al., 1985; Aguilar et al., 1998; Rufo et al., 2005; Mota et al., 2008).

Las consecuencias sobre la biota a causa del especial ambiente edáfico (conocido como síndrome de serpentina) generan una flora y una vegetación resultado de los fenómenos de serpentinomorfosis, apareciendo numerosos endemismos vegetales exclusivos de este macizo y excluyendo a la mayoría de las especies de las formaciones mediterráneas circundantes, incluso a las especies exóticas y/o invasoras (Rivas Goday, 1969; López González, 1975; Asensi y Diez, 1987; Cabezudo et al., 1989; Casimiro-Soriguer y Pérez

Latorre, 2008). Por su parte, la posición estratégica entre dos continentes ha convertido a este macizo en un refugio para algunos taxones de la flora del Terciario que habían emigrado de Europa a África y viceversa (Alba-Sánchez et al., 2010), así como en un importante estriberón para los animales, especialmente las aves migratorias.

La encrucijada geográfica y el fuerte aislamiento geológico han propiciado la diferenciación de un único subsector biogeográfico, denominado Bermejense, que explica, en parte, los excepcionales valores naturales de Sierra Bermeja, convirtiéndose en uno de los mayores centros de especiación a efectos tipológicos, paisajísticos y fisiográficos de la vegetación española (Rivas Goday, 1969; Cabezudo et al., 1989; Gómez Zotano, 2004a). Entre dichas formaciones destacan los característicos pinares de *Pinus pinaster* var. *acutisquama* Boiss sobre ultramafitas que son sustituidos en altitud por el único pinsapar ultramáfico del mundo (*Bunio macucae-Abietetum pinsapi*), de distribución geográfica disjunta (Asensi y Rivas Martínez, 1976; Rivas Martínez, 1987; Cabezudo et al., 1989; Nieto Caldera et al., 1991; Gómez Zotano, 2004b; Asensi et al., 2011).

Su localización geográfica ha implicado también un devenir histórico de civilizaciones diversas, propiciando una dialéctica sociedad-medio que ha modificado sustancialmente la cubierta vegetal original, máxime al constituirse desde mediados del s. XX en el traspaís de la Costa del Sol Occidental (Gómez Zotano, 2004a). Consecuentemente, Sierra Bermeja está expuesta, por un lado, al abandono de las actividades tradicionales y al incremento de la recurrencia media de incendios (hasta 14,5 años según Vega-Hidalgo, 1999) y la proliferación de éstos (12 en los últimos 45 años según Gómez Zotano, 2004a). Por el otro, a fuertes presiones urbanísticas procedentes de municipios eminentemente turísticos como Casares, Estepona, Benahavís o Marbella que, desconociendo el valor ambiental de este macizo (y el riesgo puntual para la salud humana que supone la exposición a los afloramientos de amianto), basan su crecimiento económico en ingresos derivados de licencias urbanísticas. En el contexto de la actual crisis económica, quedan latentes polémicos macroproyectos ligados al golf como la promoción urbanística del Libyan Foreign Bank (480 has en la finca La Resinera), o la autopista de peaje que uniría las ciudades de Ronda y San Pedro de Alcántara dividiendo la montaña en dos. En el interior de Sierra Bermeja, en cambio, prevalece el manejo, explotación y protección de los montes, dedicados fundamentalmente a actividades forestales y ganaderas que complementan de forma sostenible las economías agrarias de pequeños pueblos serranos como Genalguacil, Jubrique, Júzcar, Pujerra, Igualeja o Istán, (Gómez Zotano, 2004a; Gómez Zotano y García Martínez, 2009).

3. Método

De acuerdo con el concepto de ecosistema, se adopta una perspectiva holística para obtener una visión completa y sintética de los valores de conservación y necesidades de protección de la diversidad biológica de Sierra Bermeja: en primer lugar, se realiza una revisión y búsqueda exhaustiva de la bibliografía sobre los ecosistemas de Sierra Bermeja, incluidos los estudios de carácter local o la literatura gris. En segundo lugar, se analizan y sistematizan los datos obtenidos sobre la biodiversidad de esta montaña en términos de estrategia de conservación, centrándose en especies endémicas, amenazadas, protegidas y hábitats prioritarios. El compendio y posterior síntesis de la información dispersa pretende mejorar la eficacia en la toma de decisiones ambientales necesarias para considerar Sierra Bermeja como Parque Nacional (PN) de acuerdo tanto con García Canseco y Asensio Nistal (2004) y Casas Grande et al. (2006), como con los criterios establecidos en la legislación vigente (Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales). En tercer lugar, se compara el valor de la biodiversidad de este territorio con los de varios espacios naturales de Andalucía, así como su estatus de protección respecto a otros afloramientos ultramáficos de España. Este análisis comparativo es necesario para ubicar Sierra Bermeja en un contexto adecuado en relación con las políticas de conservación de la naturaleza y determinar si presenta unos valores de conservación más elevados que otros ámbitos protegidos.

4. Resultados y discusión

4.1. Síntesis de los valores naturales

El compendio de los valores naturales que justifican Sierra Bermeja como espacio natural protegido se refleja en la tabla 1. Para los valores florísticos se han consultado fundamentalmente los trabajos de Pérez Latorre et al. (2013 y 2017) y Hidalgo-Triana y Pérez Latorre (2017). También han sido consultadas las bases de datos Global Biodiversity Information Facility (GBIF), ANTHOS (Flora Iberica) y el Sistema de Información de la Vegetación Ibero Macaronésica (SIVIM). Sin embargo, no hay un estudio definitivo que haya cuantificado o identificado las especies de plantas vasculares y no vasculares que habitan en el macizo serpentínico, en tanto que en éste se excluye la mayor parte de la flora andaluza y también tiene sus propias especies endémicas. Según Cabezudo et al. (1998), sólo en el Paraje Natural de Los Reales de Sierra Bermeja, con 1.236 has, se han registrado 317 taxones vasculares. Para el conjunto de Sierra Bermeja (incluyendo Palmitera y Real), se han identificado 27 edafoendemismos serpentinícolas (tabla 2) de tres categorías (serpentinófitos, Pérez Latorre et al., 2013) y también algunos taxones son endémicos pero de distribución más amplia (Serranía de Ronda), como *Abies pinsapo* o *Ulex baeticus* subsp*. baeticus*. De los edafoendemismos serpentinícolas, cinco taxones son exclusivos de Sierra Bermeja ya que no se encuentran en ninguna otra sierra (tabla 2). Esta flora serpentinícola, además de mostrar una elevadísima tasa de endemismos, es especial debido a su baja diversidad respecto a territorios adyacentes, la presencia de relictos, la mezcla de especies acidófilas (calcífugas) y basófilas, el predominio de xerófitos y de hemicriptófitos y caméfitos como tipos biológicos dominantes, el predominio del elemento florístico mediterráneo, la elevada presencia de la familia Asteraceae y de algunos pteridófitos y la vicariancia (Cabezudo et al., 1989) y la presencia de fenómenos de serpentinomorfosis (López González, 1975; Hidalgo-Triana, 2016).

Tres de los endemismos serpentinícolas están catalogados como “Vulnerables” para la legislación autonómica aunque algunos de ellos se encuentran en régimen de protección especial por dicha legislación (tabla 2). Sin embargo, sólo un serpentinófito (preferente), *Galium viridiflorum*, se encuentra protegido por la legislación europea (tabla 1) y estatal.

TABLA 1
Número total de taxones endémicos y amenazados, y de especies incluidas en las Directivas de Hábitats y Aves de la Red Natura 2000 de Sierra Bermeja (Subsector Bermejense sensu Nieto et al. 1991)

Taxón	Total taxones	Endemismos bermejenses	Taxones amenazados*			Natura 2000**		
			CR	EN	VU	An. II	An. IV	Total
Plantas vasculares	>317	10	3	3	1	1	1	1
Invertebrados	?	14	2	2	5	6	5	6
Peces	5	-	-	2	2	1	-	1
Anfibios	5	-	-	-	1	1	2	2
Reptiles	19	-	-	-	1	1	4	4
Aves nidificantes	>150	-	-	5	4	18***	-	18
Mamíferos	37	-	1	1	8	9	10	13
TOTAL	>533	25	6	17	28	36	21	44

Fuente: Cabezudo et al. (1998, 2005); Franco y Rodríguez (2001); Doadrio (2002); Palomo y Gisbert (2002); Martí y Del Moral (2003); Barea Azcón et al. (2008); Pérez Latorre (2009); Verdú y Galante (2009); Bañares et al (2010); Blanca et al. (2011); Verdú et al (2011); Román-Requena y Rodríguez (2017). *Taxones amenazados según el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Categorías de amenaza: CR, críticamente amenazado; EN, en peligro; VU, vulnerable). **La Directiva de Hábitats recoge en su Anexo II las especies de flora y fauna (excepto aves, con directiva propia) para las que es necesario establecer áreas protegidas y, en el Anexo IV, las especies que requieren una protección estricta. ***Las aves se recogen en el Anexo I de la Directiva de Aves Silvestres.

Aunque la legislación española protege tan sólo a uno de estos taxones, 28 taxones aparecen en las listas rojas estatales y autonómicas (Tabla 3), incluidos 24 en la LRE y 31 en la LRA. Es de destacar la existencia de un gran número de taxones con categoría superior de amenaza en las peridotitas de Sierra Bermeja, como *Allium rouyi*, *Centaurea lainzii* y *Peucedanum officinale* subsp. *brachyradium* catalogadas como "En Peligro Crítico de Extinción" (tanto por la LRE como por la LRA). Existen otras ocho más "En Peligro de Extinción" según LRE (ocho según LRA). Ello supone un total de once taxones gravemente amenazados incluidos en la LRE (once en la LRA).

TABLA 2
Serpentinófitos y endemismos bermejenses presentes en el afloramiento ultramáfico de Sierra Bermeja (incluidas Palmitera y Real) y su categoría de protección

Orden	Nombre	Legislación estatal	Legislación autonómica	
			En régimen de protección especial	Catálogo
Serpentinófitos estrictos				
1	*Allium rouyi* Gaut†	-	X	-
2	*Alyssum serpyllifolium* subsp. *malacitanum* Rivas Goday	-	-	-
3	*Arenaria capillipes* (Boiss.) Boiss*†	-	X	-
4	*Armeria colorata* Pau†	-	X	-
5	*Asplenium adiantum-nigrum* L. var. *corunnense* H. Christ.	-	-	-
6	*Bupleurum acutifolium* Boiss. †			
7	*Centaurea haenseleri* (Boiss.) Boiss. & Reut. subsp. *haenseleri*†*	-	-	-
8	*Centaurea lainzii* Fern. Casas*†	-	-	VU
9	*Cephalaria betica* Boiss. †	-	-	-
10	*Crepis bermejana M. Talavera, C. Sánchez Casimiro-Soriguer & S. Talavera*	-	-	-
11	*Euphorbia flavicoma* DC. subsp. *bermejense* Hidalgo Triana, Pérez Lat. y Cabezudo*†	-	-	-
12	*Iberis fontqueri* Pau	-	-	-
13	*Galatella malacitana* Blanca, Gavira y Suár.-Sant			
14	*Klasea baetica* (DC.) J. Holub	-	-	-
15	*Linum carratracense* (Rivas Goday y Rivas Mart.) Mart. Labarga y Muñoz Garm.	-	-	-
16	*Notholaena marantae* (L.) Desv. subsp. *marantae*	-	-	-
17	*Peucedanum officinale* subsp. *brachyradium* García Martín & Silvestre*†	-	-	VU
18	*Saxifraga gemmulosa* Boiss.	-	-	-
19	*Silene fernandezii* Jeanmonod	-	-	VU
20	*Silene inaperta* subsp. *serpentinicola* Talavera†	-	-	-
21	*Staehelina baetica* DC.	-	-	-
22	*Teucrium reverchonii* Willk. ex Hack.	-	-	-
Serpentinófitos preferentes				
23	*Galium boissieranum* (Steud.) Ehrend. y Krendl			
24	*Galium viridiflorum* Boiss. *y Reut.*	X	X	
Subserpentinófitos				
25	*Arenaria retusa* Boiss.			
26	*Genista hirsuta* Vahl subsp. *lanuginosa* (Spach) Nyman			
27	*Senecio eriopus* Willk. subsp. *Eriopus*			

Fuente: Cabezudo *et al.* (1989), Pérez Latorre (2009), Asensi *et al*. (2011), Moreno (2011), Pérez Latorre *et al.* (2013 y 2017). *Taxones presentes exclusivamente en Sierra Bermeja. †Taxones endémicos del subsector bermejense (presentes en Sierra Bermeja y Sierra Alpujata). Legislación estatal (Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, Anexo II). Legislación autonómica (Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que es regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats, Anexo X, categorías catálogo: VU: vulnerable).

TABLA 3
Taxones amenazados e incluidos en las Listas Rojas española y andaluza presentes en las peridotitas de Sierra Bermeja

Taxón	Categoría LRE	Sector	Categoría LRA
Allium rouyi Gaut.	CR	Bermejense	CR
Centaurea lainzii Fern. Casas	CR	Bermejense	CR
Peucedanum officinale L. subsp. *brachyradium* García Martín & Silvestre	CR	Bermejense	CR
Armeria colorata Pau	EN	Bermejense	EN
Bellis cordifolia Willk.	EN	Aljíbico y Bermejense	EN
Centaurea haenseleri (Boiss.) Boiss. & Reut. subsp. *haenseleri*	EN	Bermejense	EN
Galium viridiflorum Boiss. & Reut.	EN	Bermejense y Aljíbico	VU
Klasea baetica (DC.) J. Holub	EN	Bermejense	EN
Silene fernandezii Jeanmonod	EN	Bermejense	EN
Silene inaperta L. subsp. *serpentinicola* Talavera	EN	Bermejense	EN
Abies pinsapo Clemente ex Boiss.	VU	Rondeño y Bermejense	EN
Bupleurum acutifolium Boiss.	VU	Bermejense	VU
Centaurea prolongoi Boiss. ex DC.	VU	Bermejense	VU
Galium boissieranum Ehrend & Krendl	VU	Bermejense y Rondeño	VU
Iberis fontqueri Pau	VU	Bermejense	VU
Omphalodes commutata G. López	VU	Rondeño y Bermejense	VU
Saxifraga gemmulosa Boiss.	VU	Bermejense	VU
Bupleurum foliosum DC.	DD	Aljíbico y Bermejense	LC
Digitalis obscura L. subsp. *laciniata* Lindl.	NT	Rondeño y Bermejense	DD
Arenaria capillipes (Boiss.) Boiss.	NT	Bermejense	NT
Asplenium billotii F. Schultz	-	Aljíbico y Bermejense	NT
Cephalaria baetica Boiss.	NT	Bermejense	EN
Cytisus malacitanus Boiss.	NT	Bermejense	NT
Elaeoselinum asclepium L.) Bertol. subsp. *millefolium* (Boiss.) García Martín & Silvestre	-	Aljíbico y Bermejense	NT
Erica erigena R. Ross	-	Aljíbico y Bermejense	NT
Erica terminalis Salisb.	-	Bermejense	NT
Euphorbia flavicoma DC. subsp. *bermejense* Hidalgo Triana, Pérez Lat. & Cabezudo	-	Bermejense	-
Halimium atriplicifolium (Lam.) Spach subsp. *atriplicifolium*	-	Rondeño, Bermejense y Aljíbico	NT
Senecio eriopus Willk. subsp. *Eriopus*	-	Bermejense	NT

Fuente: Pérez Latorre y Cabezudo (2002); Pérez Latorre (2009); Blanca *et al*. (2011); Moreno (2011); Pérez Latorre et al., (2017). LRE: Lista Roja 2010 de la Flora Vascular Española (Categorías: EX: Extinta, CR: En Peligro Crítico, EN: En peligro, VU: Vulnerable, NT: Casi Amenazado). LRA: Lista Roja de la Flora Vascular de Andalucía (Categorías: EX: Extintas en Andalucía, CR: En Peligro Crítico, EN: En Peligro, VU: Vulnerables, NT: Casi Amenazadas, DD: Con Datos Insuficientes, LC: Preocupación Menor).

Respecto a la vegetación, prácticamente todas las asociaciones descritas en Sierra Bermeja son endémicas, e incluso existe un sintaxon de rango superior para reunir los matorrales serpentinícolas (alianza fitosociológica *Staehelino-Ulicion baetici*). Los pinares (*Pino pinastri-Quercetum cocciferae*) y pinsapares (*Bunio macucae-Abietetum pinsapi*) que constituyen los dos tipos de vegetación climácica son exclusivos de las peridotitas malagueñas (Cabezudo et al., 1998; Pérez Latorre et al., 1998).

En relación con las plantas no vasculares de Sierra Bermeja, entre la flora de briófitos descrita por Guerra (1982) destacan dos especies de musgos endémicas de la Península Ibérica: *Isotecium algarvicum* y *Rhynchostegiella durieui*, no incluidas todavía en el Atlas de briófitas amenazadas de España (Garilleti y Albertos, 2012). Además, se han hallado

nuevas citas de líquenes para Andalucía que habitan estrictamente en Sierra Bermeja, éstos son: *Physconia petraea* y *Protoparmeliopsis bolcana* Burgaz et al. (2017).

Por su parte, la fauna, como se observa en la tabla 1, cuenta con más de 216 especies identificadas, con 14 endemismos. Las especies de fauna vertebrada aparecen casi todas protegidas por la legislación europea, española o andaluza. Son muchas las especies animales que se encuentran exclusivamente en esta montaña, por lo que podría existir un riesgo de amenaza, aún no evaluado (más de la mitad —64,3%— de estos endemismos bermejenses se han descrito en los últimos 20 años). Esto parece indicar que Sierra Bermeja puede tener gran importancia como centro de especiación de fauna, esencialmente para los invertebrados, con 14 especies incluidas en el Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía (LRIA) (tabla 4), 9 especies incluidas en el Libro Rojo de los Invertebrados de España (LRIE) (de las que 9 son coincidentes), 6 incluidas en convenios internacionales y 4 incluidas en el Catálogo Andaluz de Especies protegidas.

TABLA 4
Fauna de invertebrados endémica y Amenazada de Sierra Bermeja

Taxones	Orden	LRIA	LRIE	Endemismo
Prodesmodora nigra Ocaña, Abolafia and Abebe, 2001	NEMATA			*
Harpactocrates meridionalis Ferrández & Martín, 1986	ARANEAE	VU		
Macrothele calpeiana Walckenaer, 1805	ARANEAE	VU	VU	
Anthaxia (Anthaxia) ceballosi Escalera, 1931	COLEOPTERA	VU		
Buprestis flavoangulata baetica Verdugo 2005	COLEOPTERA	VU		
Laemostenus (Antisphodrus) bermejae Fernandez-Cortes, 1996	COLEOPTERA			*
Caenopsis bermejaensis Behne, 2008	COLEOPTERA			*
Caenopsis gracillicornis Behne, 2008	COLEOPTERA			*
Agathidium (Agathidium) assingi Angelini, 2002	COLEOPTERA			*
Geostiba (Trachylutosipal*ia) andalusa* Pace, 2002	COLEOPTERA			*
Geostiba (Tylosipalia) bermejensis Pace, 2002	COLEOPTERA			*
Pella iberica Maruyama, 2006	COLEOPTERA			*
Phloeocharis bermejae Assing, 2003	COLEOPTERA			*
Alphasida (Betasida) ferreri Cobos 1988	COLEOPTERA	EN		*
Asida marginicollis amplicollis Escalera 1921	COLEOPTERA			*
*Apteromantis aptera** Fuente, 1894	DICTYOPTERA	VU	VU	
Nevrorthus reconditus Montserrat y Gavira 2014	NEUROPTERA			*
Macromia splendens Pictet, 1843	ODONATA	CR	CR	
Oxygastra curtisii Dale, 1834	ODONATA	VU	EN	
Gomphus graslinii Rambur, 1842	ODONATA	VU	EN	
*Gomphus simillimus simillimus** Sélys, 1840	ODONATA	VU	VU	
Orthetrum nitidinerve Sélys, 1841	ODONATA	VU	VU	
Zygonyx torridus Kirby, 1889	ODONATA	VU	VU	
Leuctra bidula Aubert 1962	PLECOPTERA	CR	CR	*
Silonella aurata ronda Sipahiler, 1992	TRICHOPTERA			*
Letourneuxia moreleti Hesse, 1884	MOLLUSCA	VU	NT	

Fuente: elaboración propia a partir de Barea Azcón *et al.* (2008), Verdú y Galante (2009) y Román Requena y Rodríguez (2017). UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Categorías de amenaza: CR, críticamente amenazado; EN, en peligro; VU, vulnerable; NT, casi amenazado).

El número de endemismos se eleva cuando se amplía el ámbito geográfico, especialmente el de endemismos béticos: 24 para las sierras béticas, 5 para la península ibérica y 5 para España y Norte de Marruecos (2 bético-rifeños y 3 ibero-norteafricano). Además, encuentran refugio aquí especies de distribución restringida a este macizo y a muy pocos puntos más en pinsapares, sierras béticas, en Andalucía, en la península ibérica o a nivel mundial (*Canariola quinonesi, Pycnogaster algecirensis, Capnioneura petitpierrae, Leutourneuxia moreleti*...).

Sierra Bermeja, habida cuenta de su relevancia como hábitat de especies invertebradas exclusivas y amenazadas, está recogida en el LRIA como "área importante para la conservación de especies amenazadas" de Odonatos (área 3), Coleópteros (área 10, pinsapares andaluces) y moluscos terrestres (área 8, Serranía de Ronda-Grazalema) (Barea Azcón et al., 2008). Por tanto, se encuentra entre los 10 núcleos donde existe un mayor número de especies amenazadas (Ballesteros y Barea, 2006; Barea Azcón et al., 2008). También se encuentra recogida en el Área Importante para la Conservación de las Aves nº 241 establecida por la Sociedad Española de Ornitología (Viada, 1998) y en la Zona Importante para Mamíferos nº142 establecida por la Sociedad Española para la Conservación y el Estudio de los Mamíferos (Lozano et al., 2016).

En relación con los vertebrados, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía ha realizado una cartografía, a escala 1:400.000 (Junta de Andalucía 2005) sobre la diversidad específica de vertebrados, arrojando los siguientes valores específicos: peces continentales (64), anfibios (34), reptiles (89), aves (309) y mamíferos (105). Se usó el índice de Shannon-Wiener (Krebs, 1985), dando como resultado un índice cuyo valor oscila, una vez normalizado, entre 0 (diversidad específica relativa nula) y 1 (diversidad específica relativa máxima). El valor que arroja el sector bermejense cataloga la diversidad específica de éste como "muy alta" (por encima de 0,9 del índice de Shannon-Wiener). De todos los vertebrados, el pez *Squalius malacitanus* debe ser destacado como especie endémica bética descrita en Sierra Bermeja (Doadrio y Carmona, 2006), junto con otras que se han extinguido en otros ríos, pero sobreviven refugiados en esta montaña de forma relíctica (*Salaria fluviatilis*), concretamente en los ríos bermejenses Verde, Guadaíza y Guadalmansa (Román-Requena y Rodríguez, 2017).

En el balance de la biota, Sierra Bermeja alberga una gran cantidad de hábitats de la Red Natura 2000, con más de 60 especies amenazadas (UICN, tablas 3 y 4). De los 230 ecosistemas europeos incluidos en el Anexo I (hábitats naturales de interés comunitario, HIC's) de la Directiva de Hábitats 92/43CEE, 14 están representados, lo que constituye el 6,52% de los tipos de hábitats naturales, tres de los cuales son prioritarios (Tabla 5). Esos 14 hábitats corresponden a 21 asociaciones fitosociológicas (Pérez Latorre y Hidalgo-Triana, 2017).

4.2. Análisis comparativo de valores naturales y figuras de protección.

Al comparar los listados de especies amenazadas y endémicas presentes en Sierra Bermeja (tablas 2, 3 y 4) y los hábitats recogidos en la Directiva de Hábitats (tabla 5), se detecta un importante desajuste, pues muchas especies presentes en aquellos no están recogidas en la Directiva.

El caso es especialmente claro en lo referente a la flora. A pesar de que muchos de los hábitats de Sierra Bermeja son considerados exclusivos y prioritarios y están definidos por asociaciones vegetales, sólo un taxón florístico (*Galium viridiflorum*), presente en ellos, se recoge en la Directiva de Hábitats (Anexo II, como prioritario). No se incluye ningún endemismo estrictamente bermejense ni ninguna otra especie vegetal amenazada en mayor o menor grado.

Entre la fauna, los invertebrados cuentan con sólo 6 taxones incluidos en los Anexos II y IV de la Directiva de Hábitats, aunque sólo uno de ellos es un endemismo ibérico (*Apteromantis aptera*), mientras que están ausentes todos los endemismos locales (bermejenses) o regionales (béticos). Los vertebrados cuentan con 15 especies incluidas en la Directiva de Hábitats y 20 en la de aves, pero algunos endemismos quedan fuera de la Directiva de Hábitats, especialmente los que han sido recientemente descritos (*Squalius malacituanus*, *Macroprotodon brevis*, *Podarcis vaucheri*, *Blanus mariae*...).

TABLA 5
Hábitats serpentinícolas de Sierra Bermeja incluidos en el Anexo I de la Directiva 92/43CEE

TIPOS DE HÁBITATS (ANEXO 1)				**LIC/ZEC Y % DE DISTRIBUCIÓN DE HÁBITATS**	
GRUPO	**SUBGRUPO**	**HÁBITAT**	**CODIGO UE** (∗Hábitats Prioritarios)	Los Reales de Sierra Bermeja	Sierras Bermeja Palmitera y Real
Brezales y matorrales de zona templada	Brezales y matorrales de zona templada	Brezales secos europeos	4030	1	3
		Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga	4090	-	1
Matorrales esclerófilos	Matorrales termomediterráneos y pre-estépicos	Matorrales arborescentes de *Juniperus* Spp	5210	1	1
		Fruticedas, retamares y matorrales mediterráneos termófilos: fruticedas termófilas	5333	-	1
		Fruticedas, retamares y matorrales mediterráneos termófilos: matorrales y tomillares (*Anthyllidetalia terniflorae*, *Saturejo-Corydothymion*)	5334	51	47
Formaciones herbosas naturales y seminaturales	Formaciones herbosas secas seminaturales y facies de matorral	Zonas subestépicas de gramíneas y anuales del *Thero-Brachypodietea*	6220∗	7	15
	Prados húmedos seminaturales de hierbas altas	Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del *Molinion-Holoschoenion*	6420	1	1
Hábitats rocosos y cuevas	Desprendimientos rocosos	Desprendimientos mediterráneos occidentales y termófilos	8130	2	2
	Pendientes rocosas con vegetación casmofítica	Pendientes rocosas silíceas con vegetación casmofítica	8220	9	2
Bosques	Bosques mediterráneos caducifolios	Arbustedas, tarayales y espinales ribereños (*Nerio-Tamaricetea, Securinegion tinctoriae*)	92D0	-	1
		Bosques galería de *Salix* y *Populus alba*	92A0	-	1
	Bosques esclerófilos mediterráneos	Encinares de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*	9340	-	1
	Bosques de coníferas de montañas mediterráneas y macaronésicas	Abetales de *Abies pinsapo*	9520	7	1
		Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos	9540	33	21

Fuente: Elaboración propia a partir de Gómez Zotano y Paniza Cabrera (2003) y Gómez Zotano (2004a).

Por otra parte, a partir del Mapa de Biodiversidad de Andalucía se pueden comparar diferentes áreas naturales mediterráneas en términos de número de plantas endémicas y fauna de vertebrados (tabla 6). De acuerdo con Bañares et al. (2003), Sierra Bermeja se encuentra incluida en un "área importante para la flora amenazada española" con valor "excepcional", frente a otras áreas valoradas como "importantes", "muy importantes" o "interesantes". En este estudio tuvieron en cuenta tanto la endemicidad, el grado de amenaza, como la concentración de especies y poblaciones. Entre estos lugares

"excepcionales" Sierra Bermeja ocupa el puesto número 20 para España, pero el 4º de la península ibérica, después de Sierra Nevada (Parque Nacional), Sierra de Gádor y Sierras de Cazorla y Segura.

TABLA 6
Comparación de los valores relativos a especies de plantas endémicas y fauna vertebrada de las principales áreas naturales de Andalucía

Espacios naturales	Has	Nº endemismos de flora*	Índice de Shannon-Weaver para fauna vertebrada	Categoría de protección
Sierra Nevada	172.238**	62	0,8	Parque Nacional
Sierra de Cazorla	209.920	32	0,9	Parque Natural
Sierra Bermeja	31.147	22 (5)	0,9	-
Sierra de Gádor	42.525	12	0,7	-
Los Alcornocales	167.767	10	0,8	Parque Natural
Sierra de Grazalema	53.411	4 (1)	0,9	Parque Natural
Cabo de Gata	49.512	22 (7)	0,6	Parque Natural
Sierra de las Nieves	16.564	3 (2)	0,9	Parque Natural

Fuente: elaboración propia a partir de Blanca et al. (2011); GBIF; Rivas Martínez et al. (1991); Pérez Latorre y Cabezudo (2002).
* Sin paréntesis, endemismos *sensu lato* de la zona y sector biogeográfico; entre paréntesis, endemismos estrictos que sólo están en un afloramiento.
** Incluido el Parque Nacional de Sierra Nevada (86.208 has) y el Parque Natural (86.030 has)

El elevado valor natural de Sierra Bermeja, sólo superado por la vegetación endémica de Sierra Nevada y Sierra de Cazorla, evidencia, no obstante, un conocimiento insuficiente de este macizo, ya que sus especies endémicas de invertebrados no se contemplan entre los estudios de conservación. Hay que añadir, además, que ninguno de los espacios comparados con Sierra Bermeja alcanzan su exclusividad geológica.

El agravio comparativo es mayor respecto a las desiguales categorías de protección que afectan al conjunto de los principales ecosistemas serpentínicos españoles acorde a la compleja realidad territorial de las áreas serranas, andaluzas y gallegas, en las que se localizan (tabla 7). Los sitios ultramáficos se encuentran desigualmente conservados por una red inconexa de espacios protegidos pese a tener un reconocido valor para la conservación de especies biológicas y ecosistemas.

TABLA 7
Comparación de las figuras de protección de las principales áreas ultramáficas de España

Figura de protección	Andalucía				Galicia	
	Sierra Bermeja	Sierra Parda de Tolox	Sierra Alpujata	Sierra de Aguas	Sierra Capelada	Sierra de Careón
Red Natura 2000 (LIC/ZEC)	x	x	-	x	x	x
Reserva de la Biosfera	x	x	-	-	-	x
Paraje Natural	x (parte)	-	-	-	-	-
Parque Natural	-	x	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia a partir de los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

A excepción de Sierra Alpujata (y de otros afloramientos menores en el Valle del Guadalhorce), que no ostentan ninguna figura de protección, la inclusión en la Red Natura 2000 como Zona de Especial Conservación (ZEC) parece generalizada entre las sierras ultramáficas, sin que ello suponga una protección efectiva contra el alto riesgo de incendios, la introducción de especies forestales alóctonas, la urbanización o la construcción de infraestructuras (Gómez Zotano et al., 2014). Sierra Bermeja ha sido

desigualmente reconocida y suma varias iniciativas de protección que, si bien refuerzan su conservación, le afectan parcialmente; a falta de una figura de protección más efectiva, existen dos LIC europeos NATURA 2000 denominados “LIC Los Reales de Sierra Bermeja” (COD ES6170004) y “ZEC Sierras Bermeja y Real” (COD ES6170010) (2 ZEC Andaluzas), un Paraje Natural (Los Reales de Sierra Bermeja), parte de un Parque Natural (Sierra de las Nieves), una ZEPA, y está integrada en las dos Reservas de la Biosfera anteriormente citadas.

A la tardía implementación de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA) en Sierra Bermeja, cabe añadir la fragmentación y descoordinación de las políticas medioambientales que le afectan como trasfondo montañoso de la Costa del Sol, manifiestas en la desprotección de áreas de elevado valor ambiental, caso de los afloramientos serpentínicos de la zona basal, que está siendo actualmente urbanizada, o del único bosque de *Abies pinsapo* sobre serpentinas del Mundo, situado en Los Reales (y pequeñas poblaciones en Cerro Abanto y Sierra Real), desigualmente protegidos (Gómez Zotano, 2004a; Gómez Zotano et al., 2015).

Atendiendo a estas deficiencias, ha habido en los últimos años un incremento en la sensibilización sobre la necesidad de proteger los valores naturales de los afloramientos ultramáficos españoles en general y de Sierra Bermeja en particular, el más valioso y amenazado. Desde el año 2007 diferentes entidades públicas y colectivos sociales han propuesto la declaración de esta montaña como Parque Nacional, la máxima apuesta de futuro de una Red compuesta por espacios naturales en buen estado de conservación que incluyen grandes ecosistemas representativos del Estado (Pérez Latorre, 2009; Gómez Zotano et al., 2014, 2015, 2017). Por otra parte, en 2014, la Junta de Andalucía ha defendido la reconversión del Parque Natural de la Sierra de las Nieves en Parque Nacional, argumentando, entre otros valores naturales, la presencia de peridotitas y de su flora y fauna asociadas. Sin duda, la conservación de los ecosistemas serpentínicos es de interés general para la nación, requiriendo, en el caso de Sierra Bermeja, una postura integradora que traspase los límites artificiales de los espacios naturales protegidos circundantes.

5. Conclusiones

En este trabajo quedan reflejadas las carencias de los listados que figuran en las distintas legislaciones. Se aprecia una falta de coherencia entre la relación de especies amenazadas a nivel nacional, incluso mundial, muchas de ellas no incluidas en espacios naturales protegidos, y la relación de especies incluidas en los convenios internacionales y, concretamente, en las directivas europeas (Hábitats y Aves) sobre conservación de especies y hábitats. Y al contrario, pues algunas especies incluidas en dichos documentos internacionales no están protegidas o no están clasificadas a escala nacional con un nivel elevado de amenaza.

Más allá de las carencias detectadas, los resultados derivados de la integración de los conocimientos científicos proporcionan una aproximación sistemática a la extraordinaria biodiversidad de esta montaña, demostrando su valor de conservación como hotspot de la península ibérica con cinco endemismos vegetales exclusivos de este macizo (más 10 endemismos del subsector bermejense y 22 serpentinófitos) y 14 faunísticos, así como cuatro hábitats Natura 2000 también endémicos. Los mayores ecosistemas serpentínicos de España albergan una biodiversidad única en Europa que confiere al macizo una personalidad indiscutible, principal baza para su inclusión en la Red de Parques Nacionales. La solicitud (Pérez Latorre, 2009) cubre el objetivo de la Ley 30/2014 que indica que los PN deben representar grandes ecosistemas típicos del Estado Español sin reiteración y con buen grado de conservación. Por otra parte, el contacto geográfico con la Costa del Sol representa una amenaza inmediata dada la desaforada expansión urbana y, consecuentemente, la declaración del PN de Sierra Bermeja se ha convertido en urgente.

Dicho reconocimiento proporcionaría, además, un soporte único para la investigación de los ecosistemas serpentínicos y el diseño de planes de gestión operativos que garanticen la protección de éstos y de las numerosas especies de flora y fauna endémica y amenazada que albergan: los procesos que conforman la biota, la función ecológica de la biodiversidad del territorio (mecanismos coevolutivos, conectividad o aislamiento de especies) o la identificación de nuevas especies (fundamentalmente invertebrados), podrían ser algunos de los temas a tratar. En relación con la conservación de Sierra Bermeja resulta igualmente importante conocer el riesgo para la salud humana que supone la exposición a las fibras de amianto presentes puntualmente en la roca ultramáfica, especialmente en residentes con suelos o rocas serpentínicas en su propiedad. De igual modo, la aplicación del Convenio Europeo del Paisaje supone una oportunidad para caracterizar los singulares paisajes serpentínicos —tal y como proponen Gómez Zotano y Riesco Chueca (2010)— poseedores de ricos valores relacionados con el patrimonio cultural derivados de la historia minera, la explotación forestal o la actividad ganadera.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos ULTRAFORESTS (CSO2013-47713-P) y PALEOPINSAPO (CSO2017-83576-P) pertenecientes al Programa Estatal de Investigación Científica y Técnica de Excelencia del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.

7. **Referencias bibliográficas**

- Aguilar, J., Calvo, R., Fernández, E. y Macías, F. (1998). Geoquímica de la alteración y edafogénesis de rocas serpentinizadas de la Sierra Bermeja (Málaga). *Edafología*, 5, 135-151.
- Alba-Sánchez, F., López-Sáez, J.A., Benito-de Pando, B., Linares, J.C, Nieto-Lugilde, D. y López-Merino, L. (2010). Past and present potential distribution of the Iberian Abies species: a phytogeographic approach using fossil pollen data and species distribution models. *Diversity and Distributions*, 16 (2), 214-228.
- Asensi, A. y Rivas Martínez, S. (1976). Contribución al conocimiento fitosociológico de los pinsapares de la Serranía de Ronda. *Anales del Instituto Botánico Cavanilles*, 33, 239-247.
- Asensi, A., Díez-Garretas, B. y de la Fuente, V. (2004). Vegetation of ultramafic rocks in the Iberian Peninsula en *Ultramafic Rocks: Their Soils, Vegetation, and Fauna* (Boyd, R.S., Baker, A.J.M., Proctor J., eds.) St. Albans, Herts (UK), Science Reviews, 137-143.
- Asensi, A., Aguiar, C., Sánchez-Mata, D. y Monteiro-Henriques, T. (eds.) (2011). Flora and Vegetation of Iberian Ultramafics en *Excursion Guide. 7th International Conference on Serpentine Ecology.* Braganza: Instituto Politécnico de Bragança. Universidade de Coimbra.
- Ballesteros-Duperón, E.y, Barea-Azcón, J.M., Moreno, D. (C.). (2006). Evaluación del estado de conservación de los invertebrados de Andalucía e identificación de sus hábitats importantes. Memoria Final Junio 2006. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Medio Natural. Sevilla. 1114 pp. Informe no publicado.
- Bañares, Á., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, JC. y Ortiz, S. (eds.) (2003). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España. Taxones prioritarios.* Madrid, Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- Bañares, Á., Blanca, G., Güemes Heras, J., Moreno Saiz, J.C. y Ortiz, S. (2008). *Lista Roja 2008 de la Flora Vascular Española.* Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Bañares, Á., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J.C. y Ortiz, S. (2010). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España. Adenda 2010.* Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas.
- Barea Azcón, J.M., Ballesteros Duperón, E. y Moreno, D. (coords.) (2008): *Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía*. Sevilla, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Barnestein, J.A., González de la Vega, J.P., Jaén-Velázquez, I. y Román Requena, F. (2011). La herpetofauna de los afloramientos peridotíticos de Sierra Bermeja y su entorno (Málaga, Andalucía). *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 22, 99-104.
- Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto, M., Salazar, C. y Morales Torres, C. (2011). *Flora Vascular de Andalucía Oriental (2ª Edition).* Granada, Universidades de Almería, Granada, Jaén y Málaga.
- Boyd, R., Kruckeberg AR y Rajakuruna N (2009). Biology of Ultramafic Rocks and Soils: Research Goals for the Future. *Northeastern Naturalist*, 16 (5), 422-440.
- Brooks, R.R., Shaw, S. y Asensi, A. (1981): «Some observations on the ecology metaluptake and nickel tolerance of Alyssum serpyllifolium subespecies from the Iberian Peninsula». *Vegetatio*, 45, 183-188.
- Brooks, R.R., Dunn, C.E., Edmonson, J., Targuisti, K., Asensi, A. y Reeves, R.D. (1995). «Phytosociological and biogeochemical observations on the serpentinite vegetation of the Betic Riffian ultramafic arc of Spain and Morocco». *Ofioliti*, 20 (2), 67-79.
- Burgaz, A.R., Atienza, V., Chesa, M.J, Chiva, S., Fernández-Salegui, A.B., Fontecha, A., Gómez-Bolea, A., Gutiérrez, B., Llop, E., López de Silanes, M.E., Pérez-Llamazares, A., Pino-Bodas, R., Prats, S., Rodríguez, C. y Trobajo-Pérez, S. (2017). Lichens and lichenicolous fungi of Serranía de Ronda (Málaga-Cádiz), southern Spain». *Botanica Complutensis*. http://dx.doi.org/10.5209/BOCM.56861
- Cabezudo, B., Nieto Caldera, J.M. y Pérez Latorre, A. (1989. Contribución al conocimiento de la vegetación edafófilo-serpentinícola del sector Rondeño (Málaga, España). *Acta Botánica Malacitana*, 14, 291-294.
- Cabezudo, B., Pérez Latorre, A., Navas Fernández, P., Gil Jiménez, Y. y Navas Fernández, D. (1998). *Paraje Natural de los Reales de Sierra Bermeja. Cartografía y Evaluación de la flora y vegetación*. Universidad de Málaga.
- Cabezudo, B., Talavera, S., Blanca, G., Salazar, C., Cueto, M., Valdés, B., Hernández-Bermejo, J.E., Herrera, C.M., Rodríguez Hiraldo, C. y Navas, D. (2005). *Lista Roja de la flora vascular de Andalucía*. Sevilla, Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Casas Grande, J., Pozo Manrique, M. y Mesa León, B. (eds.) (2006). *Identificación de las áreas compatibles con la figura de "Parque Nacional" en España*. Madrid, Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- Casimiro-Soriguer Solanas, F. y Pérez Latorre, A.V. (2008). Aproximación al conocimiento de la flora alóctona de la provincia de Málaga (España): Catálogo de Metáfitos. *Acta Botanica Malacitana*, 33, 373-382.
- De la Fuente, V., Rodríguez, N., Diez-Garretas, B., Rufo, L., Asensi, A. y Amils, R (2007). Nickel distribution in the hyperaccumulator *Alyssum serpyllifolium* Desf. spp. from the Iberian Peninsula. *Plant Biosystems*, 141 (2), 170-180.
- Dickey, J.S. Jr (1970): «Partial fusion products in Alpine-Type peridotites: Serranía de Ronda and other examples». *Mineralogical Society of America*, 3, 33-49.
- Díez Garretas, B., Asensi, A., Rufo, L., Rodríguez, N., Sánchez Mata, D., Amils, R. y De la Fuente, V. (2009). *Saxifraga gemmulosa* Boiss. (Saxifragaceae), an Endemic Nickel Bioindicator from Ultramafic Areas of the Southern Iberian Peninsula. *Northeastern Naturalist*, 16 (sp5), 56-64.
- Doadrio, I. (ed.) (2002). *Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

- Doadrio, I y Carmona, J. A. (2006). Phylogenetic overview of the genus Squalius (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Iberian Peninsula, with description of two new species. *Cybium*, 30 (3): 199-214.
- Franco Ruiz, A. y Rodríguez de los Santos, M. (coords.) (2001). *Libro Rojo de los Vertebrados Amenazados de Andalucía*. Sevilla, Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- García Canseco, V. y Asensio Nistal, B. (coords.) (2004). *La Red de Parques Nacionales de España*. Madrid, Canseco Ed.
- Garilleti, R. y Albertos, B. (coord.) (2012). *Atlas de los briófitos amenazados de España*. Universitat de Valencia. Disponible en http://www.uv.es/abraesp.
- Gavira Romero, O. y Pérez Latorre, V. (2003). Aproximación al catálogo florístico del Valle del río Genal (Serranía de Ronda, Málaga, España)». *Anales de Biología*, 25, 113-162.
- Gómez Zotano, J. (2004a). *El papel de los espacios montañosos como traspaís del litoral mediterráneo andaluz: el caso de Sierra Bermeja (provincia de Málaga).* Granada, Universidad de Granada.
- Gómez Zotano, J. (2004b). Controversia árboles latifolios-versus coníferas en Sierra Bermeja, una montaña ultramáfica del sur de España en *Ultramafic Rocks: Their Soils, Vegetation, and Fauna* (Boyd, R.S., Baker, A.J.M., Proctor J., eds.) St. Albans, Herts (UK), Science Reviews, 151-156.
- Gómez Zotano, J. y Paniza Cabrera, A. (2003). Análisis del sistema de protección ambiental de la Costa del Sol. Una frontera en litigio entre el espacio litoral y su trasfondo montañoso. *CyberGEO. European Journal of Geography*, 250, 1-14.
- Gómez Zotano, J. y García Martínez, P. (2009). La transformación de los espacios forestales en espacios protegidos: los montes y el futuro Parque Nacional de Sierra Bermeja en *Repoblación forestal en Andalucía: intervenciones históricas y situación actual*. Jaén, Colección Territorio y Sociedad, Universidad de Jaén, 247-290
- Gómez Zotano, J. y Riesco Chueca, P. (2010). *Marco conceptual y metodológico para los paisajes españoles. Aplicación a tres escalas espaciales*. Sevilla, Centro de Estudios Paisaje y Territorio. Junta de Andalucía.
- Gómez Zotano, J., Román Requena, F., Hidalgo Triana, N. y Pérez Latorre, A.V. (2014). Biodiversidad y Valores de Conservación de los Ecosistemas Serpentínicos en España: Sierra Bermeja (provincia de Málaga). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 65, 187-206.
- Gómez Zotano, J., Román Requena, F., y Thorne, J.H. (2015). "Attributes and roadblocks: a conservation assessment and policy review of the Sierra Bermeja, a Mediterranean serpentine landscape". *Natural Areas Journal* 35(2), 328-343.
- Gómez Zotano, J., Olmedo Cobo, J.A., Cunill Artigas, R. y Martínez Ibarra, E. (2017). Descubrimiento y caracterización geográfica de una depresión ultramáfica en Sierra Bermeja: nuevos datos geomorfoedáficos, fitogeográficos y paleoecológicos. *Pirineos* 172, e026.
- Guerra, J. (1982). Estudio briofítico de los macizos serpentínicos de Sierra Bermeja y Sierra de Aguas. *Acta Botanica Malacitana*, 7, 151-172.
- Harrison, S.P. y Inouye, b.d. (2002). High β diversity in the flora of Californian serpentine 'islands'». *Biodiversity and Conservation*, 11(10), 1869-1876.
- Harrison, S.P. y Rajakaruna, n. (Eds.) (2011): *Serpentine: Evolution and Ecology in a model System*. Berkeley, CA (USA), University of California Press.
- Hidalgo Triana, N. 2016. Tipos Funcionales (Ecomorfología y Fenomorfología) de la Flora y Vegetación Serpentinícola Mediterránea en Andalucía y California. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.
- Hidalgo Triana, N. y Pérez Latorre, A.V (2017). Los serpentinófitos suribéricos: Las Joyas Botánicas de Sierra Bermeja. *Takurunna. Anuario de estudios sobre Ronda y la Serranía* 6-7, 107-119.
- Junta de Andalucía (2005). *Atlas de Andalucía. Vol. 2. Cartografía ecológica y territorial. Escala 1:400.000.* Sevilla, Consejería de Obras Públicas y Transportes. Consejería de Medio Ambiente.
- Ladle, R.J. y Whittaker, R.J. (Eds.) (2011). *Conservation Biogeography*. Wiley-Blackwell.
- Liétor, J., Carrera, J.A., García Ruiz, R. y Ochoa, V. (2002). Variabilidad biogeoquímica en masas de pinsapar: Efecto de la litología y el estado sucesional. *Ecología*, 16, 45-57.
- López González, G. (1975): «Contribución al estudio florístico y fitosociológico de Sierra de Aguas». *Acta Botánica Malacitana*, 1, 81-205.
- Lozano, J, Fuente, U., Atienza, J.C., Cabezas, S., Aransay, N., Hernáez, C. y Virgós, E. (Coords) (2016). *Zonas Importantes para los Mamíferos (ZIM) de España.* Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) y Tundra Ediciones. 782 pp.
- Martí, R. y Del Moral, J.C. (Eds.) (2003). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Madrid, Dirección General de la Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología.
- Moreno, J.C. (2011). *Lista Roja de la Flora Vascular Española 2008. Actualización con los datos del Adenda 2010 al Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada*. Madrid, Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas.
- Mota, J.F., Medina-Cazorla, J.M., Navarro, F.B., Perez-Garcia, F.J., Perez-Latorre, A. y Sanchez-Gómez, P. (2008). Dolomite flora of the Baetic Ranges glades (South Spain). *Flora*, 203, 359-375.
- Nieto Caldera, J.M., Pérez Latorre, A. y Cabezudo, B. (1991). Biogeografía y series de vegetación de la provincia de Málaga (España). *Acta Botanica Malacitana*, 16, 417-436.
- Olmedo Cobo, J.A. y Gómez Zotano, J. (2017). Los climas de la Serranía de Ronda: una propuesta de clasificación. *Takurunna. Anuario de estudios sobre Ronda y la Serranía* 6-7, 23-57.
- Palomo, L.J. y Gisbert, J. (Eds.) (2002). *Atlas de los Mamíferos Terrestres de España.* Madrid, Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SECEM –SECEMU.
- Pérez-Latorre, A.V., NAVAS, P., NAVAS, D., GIL, Y. y CABEZUDO, B. (1998). Datos sobre la Flora y Vegetación de la Serranía de Ronda (Málaga, España). *Acta Botanica Malacitana*, 23, 149-191.

- Pérez-Latorre, A.V. y CABEZUDO, B. (2002). La flora y el paisaje vegetal de la provincia de Málaga: importancia y conservación. *Jábega*, 90, 25-39.
- Pérez Latorre, A.V. (coord.) (2009). *Informe y solicitud de declaración para los únicos macizos peridotíticos de España como: Parque Nacional de Sierra Bermeja (Málaga, Andalucía)*.
- Pérez-Latorre, A.V., Hidalgo-Triana, n. y Cabezudo. b. (2013). Composition, ecology and conservation of the south-Iberian serpentine flora in the context of the Mediterranean basin. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 70(1), 62-71.
- Pérez-Latorre, A.V., Hidalgo-Triana, n. y Cabezudo. b. (2017). Update of the checklist of South-Iberian obligated serpentinophytes (Andalusia, Spain) and implications for their conservation, Lazaroa, in press.
- Pérez-Latorre A.V. & Hidalgo-Triana, N. (2017). Los hábitats de Sierra Bermeja: exclusividad en vegetación y ecosistemas a nivel europeo y mediterráneo. *Takurunna. Anuario de estudios sobre Ronda y la Serranía* 6-7, 89-106.
- Proctor, J. y Nagy, L. (1992). Ultramafic rocks and their vegetation: an overview. In: The vegetation of ultramafic (serpentine soils) en *Procedings of the First International Conference on Serpentine Ecology* (Baker, A.J.M., Proctor, J. y Reeves, R.D., eds.). Andover, UK, Intercept Ltd., 469-494.
- Rivas Goday, S. (1969). Flora serpentinícola española, nota primera (Edafismos endémicos del Reino de Granada). *Anales Real Academia de Farmacia*, 35, 297-304.
- Rivas Goday, S. y Esteve, F. (1972). Flora serpentinícola española, nota segunda. Nuevos edafísmos endémicos y sus respectivas asociaciones del Reino de Granada. *Anales Real Academia de Farmacia*, 38, 409-462.
- Rivas Goday, S. (1974). Edafismos ibéricos de rocas ultrabásicas y dolomíticas: interpretación biogeoquímica y sus posibles correlaciones cariológicas. *Las Ciencias*, 39: 66-73.
- Rivas Goday, S. y López González, G. (1979). Nuevos edafismos hispanos de sustratos ultrabásicos y dolomíticos. *Anales Real Academia de Farmacia*, 45, 95-112.
- Rivas Martínez, S. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España 1: 400.000*. Madrid, ICONA.
- Rivas Martínez, S., Izco, J. y Costa, M. (1973). *Asplenium cuneifolium* Viv. en Sierra Bermeja (Málaga). Comentarios sobre la vegetación y flora serpentinícola y dolomiticola». *Trabajos del Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal*, 6, 23-30.
- Rivas-Martínez, S., Asensi, A, Molero Mesa, J., Valle F. (1991). Endemismos vasculares de Andalucía. *Rivasgodaya* 6: 5-76.
- Román Requena, F. y Rodríguez, d. (2017): Sierra Bermeja: reto y refugio para la fauna *Takurunna. Anuario de estudios sobre Ronda y la Serranía* 6-7, 121-145.
- Rufo, L., de la Fuente, V., Sánchez-Mata, D. y Rodríguez-Rojo, M.P. (2004). Studies on Iberian peninsula ultramafic flora: A selected nickel accumulation screening. *Lazaroa*, 25, 161-167.
- Rufo, L., Rodríguez, N. y Fuente, V. (2005). Análisis comparado de metales en suelos y plantas de la Sierra Bermeja» en *Proceedings II Simposio Nacional de Control de la Degradación de Suelos* (Jiménez Ballesta, R. y Álvarez González, A.M., eds.). Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, 197-201.
- Salvo, A.E., Nieto, J.M., Guerra, J., Conde, J. y Cabezudo, B. (1983). Especies vegetales amenazadas y endémicas de la provincia de Málaga. *Jábega*, 44, 66-76.
- Thorne, J.H., Huber, P.R. y Harrison, S. (2011). Exploring tradeoffs among conservation goals in serpentine-rich landscapes» en *Serpentine: A model for evolution and ecology* (Harrison, S.P. y Rajakaruna, N., eds.). University of California Press.
- Vega Hidalgo, J.A. (1999). Historia del fuego de *Pinus pinaster* en la cara Norte de Sierra Bermeja (Málaga)» en *Incendios históricos. Una aproximación multidisciplinar* (Araque Jiménez, E., coord.). Baeza, Universidad Internacional de Andalucía, 279-312.
- Verdú, J.R. y Galante, E. (eds.) (2009). *Atlas de los Invertebrados Amenazados de España (especies en Peligro Crítico y en Peligro).* Madrid, Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente.
- Verdú, J.R., Numa, C. y Galante, E. (2011). *Atlas y Libro Rojo de los Invertebrados amenazados de España (Especies Vulnerables)*. Madrid, Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.
- Viada, C. (eds.) (1998). *Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en España.* SEO Monografías: 8
- Yusta, A., Berahona, E., Huertas, F., Reyes, E., Yanez, J. y Linares, J. (1985). Geochemistry of soils from peridotite in Los Reales, Málaga». *Acta Mineralogica Petrographica*, 29, 439-498.

C O M U N I C A C I O N ES

2. La montaña como albergue de endemismos y biodiversidad: flora, vegetación, fauna

- Efecto de la cobertura arbórea en variables botánicas, faunísticas y edáficas en el sistema montañoso de El Pardo (Madrid, España)
- Los antiguos mamíferos que poblaron Sierra Nevada (España)
- Estado de las poblaciones de chova piquirroja (P. phyrrocorax) en el Parque Nacional de Sierra Nevada (España) y áreas periféricas. Diagnostico preliminar, análisis comparativo temporal y propuestas de actuación.
- Volcán del Chimborazo (6268 msnm) en Ecuador: una cima singular con un sistema singular de gestión basado en la conservación de los caméllidos.
- Reconstrucción paleoecológica de los bosques de Sierra Bermeja (Serranía de Ronda. Málaga, España) a través del registro de carbón.
- Diseño de una actuación de restauración del enebral en la alta montaña de Sierra Nevada (Granada, España). Trabajo en curso.
- Decaimiento de las Repoblaciones de pinar en Andalucía. El caso de la Sierra de Baza

EFECTO DE LA COBERTURA ARBÓREA EN VARIABLES BOTÁNICAS, FAUNÍSTICAS Y EDÁFICAS EN EL SISTEMA MONTAÑOSO DE EL PARDO (MADRID, ESPAÑA)

ANTONIO ALBERTO RODRÍGUEZ SOUSA
antonr05@ucm.es
Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid.

RESUMEN

El Monte de El Pardo conforma uno de los bosques mediterráneos europeos mejor conservados de gestión pública. No obstante, en las últimas décadas se ha observado un aclaramiento de su encinar debido a una mala gestión, donde la sobre-explotación cinegética, podas indiscriminadas y la falta de regeneración arbórea ha ocasionado indeseables consecuencias. En este estudio se analizó la influencia de la cobertura arbórea como factor principal sobre diversas variables de origen botánico, zoológico o edafológico, analizando posibles variables de confusión que condicionarían el comportamiento del factor principal. Los resultados mostraron que la presencia de encinas es un factor clave en la fertilidad del terreno, condicionando así a la flora y fauna asociadas. Este hecho manifiesta la importancia de aplicar una gestión sensata a escala de paisaje que asegure la sostenibilidad de este sistema dado su elevado valor ecológico.

Palabras clave: Análisis de la varianza; Biodiversidad; Caracterización edáfica; Dehesa; Encina; Paisaje.

ABSTRACT

El Pardo Mountain shapes one of the best preserved European mediterranean forests of public management. However, in the last decades a clearing of its holm oaks has been observed due to a poor management, where the overgrowth of hunting, indiscriminate pruning and the lack of tree regeneration has caused undesirable consequences. This study analyzed the influence of tree cover as a main factor on several variables of botanical, zoological or edaphologica originl, analyzing possible confounding variables that would condition the behavior of the main factor. The results showed that the presence of holm oaks is a key factor in the fertility of the territory, thus conditioning the associated flora and wildlife. This fact demonstrates the importance of applying a sensible management at the landscape level that ensures the sustainability of this system given its high ecological value.

Keywords: *Analysis of variance; Biodiversity; Edaphic characterization; Grassland; Holm oak; Landscape.*

1.- Introducción

El sistema formado por el Monte de El Pardo representa un enclave singular dentro de la Comunidad Autónoma de Madrid, siendo un sociosistema natural de alto valor ecológico cuya gestión pertenece al Consejo Regulador del Patrimonio Nacional, siendo ésta la denominación recibida en España por parte del patrimonio histórico-artístico vinculado a la Monarquía Española (Madrid, Á. N. 2000). A lo largo del tiempo, el rol desempeñado por este sistema ha ido variando, desempeñando desde el siglo XIV un papel de cazadero regio explotado en su origen por Alfonso XI, Rey de Castilla y León debido a la presencia abundante de especies de carácter cinegético y a su situación próxima a la villa de Madrid (Hernando Ortego, J. 2003). Posteriormente, en el siglo XVIII, bajo el reinado de Fernando VI, adquirió la nomenclatura de Sitio Real para finalmente, en el siglo XVIII y bajo el reinado de Carlos III, dejar de servir como mero recurso cinegético al sentarse las bases del futuro núcleo rural que se desarrollaría en la

zona, siendo en el siglo XIX cuando El Pardo se convierte en un pueblo, conformando un municipio del partido judicial de San Lorenzo de El Escorial, provincia y diócesis de Madrid (García Montero, H. 2009). Es importante mencionar que a lo largo del periodo de la Dictadura Franquista en España la población de El Pardo se vio notablemente incrementada uniéndose finalmente al municipio de Madrid el 27 de marzo de 1.951, a causa de la entrada en vigor del Decreto del Ministerio de Gobernación de 10 de noviembre de 1.950 y de la Orden Ministerial del 22 de diciembre de ese mismo año. Es precisamente alrededor de este núcleo poblacional donde se extiende el Monte de El Pardo, que cuenta con casi 60.000 hectáreas de extensión, de las cuales en la actualidad sólo el 5% de la superficie es de carácter público, estando el resto de la superficie boscosa (94,4% de la superficie total) cercada, impidiendo de este modo el acceso a los individuos, contando por ende con un carácter privado.

Cabe destacar que la importancia de este singular enclave reside en su elevado valor medioambiental, conformando un espacio verde periurbano que abastece de servicios ecosistémicos a los núcleos cívicos cercanos, conectando la Sierra de Guadarrama con el casco urbano de Madrid (Moneo, R. 1970). Se trata de un bosque mediterráneo conformado principalmente por encinares densos y adehesados (*Quercus ilex* subsp *ballota*, IK 1883) junto a formaciones minoritarias de pinos piñoneros (*Pinus pinea*, L 1753), alcornoques (*Quercus suber*, L 1753), fresnos (*Fraxinus angustifolia*, VAHL 1804) y quejigos (*Quercus faginea*, LAM 1785) principalmente en el que además, debido a la cercana presencia del río Manzanares, también se pueden encontrar formaciones boscosas propias de ribera. Debido a esta variedad de formaciones vegetales la diversidad animal presente en la zona es muy elevada, estando catalogadas casi 200 especies de vertebrados, mayoritariamente aves y mamíferos y en menor medida anfibios y reptiles, destacando especies no cinegéticas como el gato montés, zorro y tejón junto a especies de caza menor, como el conejo y la perdiz roja, o mayor, como el ciervo, gamo o jabalí, pudiendo llegar a presentar dichas especies cierto grado de superpoblación debido a la ausencia natural de depredadores (Montoya, J. M. *et al*., 2001). Estas características ecológicas y la elevada diversidad propia de este enclave han dado lugar a que este espacio protegido cuente, adicionalmente, con la catalogación de Zona Especial de Protección para las Aves (ZEPA), perteneciente por tanto a la Red Natura 2000 con el código identificador ES0000011 (Sastre Olmos, P. *et al*., 2002).

Sin embargo, pese a todas estas características naturales y las figuras de protección que rodean al Monte de El Pardo se ha observado, a lo largo de las últimas décadas, un progresivo aclaramiento del encinar (Tomé, F. J. & Rodríguez, Á. M. 2012), principal formación boscosa de este sistema, probablemente debido a las consecuencias derivadas de múltiples irregularidades en la gestión de este espacio protegido al permitirse una sobre-explotación cinegética del mismo junto a la aplicación de podas indiscriminadas, factores que sumados a una falta de regeneración natural del encinar han derivado en consecuencias medio ambientales indeseables que han convertido al encinar en un ecosistema cada vez más degradado, lo que a su vez ha alterado la composición florística y el régimen de fauna asociados a estos encinares.

Ante esta problemática es necesario realizar un análisis consistente en un estudio integrado de la zona de estudio, evaluando las relaciones entre los factores bióticos y abióticos del ambiente con el objetivo de estudiar los procesos existentes entre el sistema vegetación-fauna-medio edáfico que puedan afectar a la supervivencia y reproducción de los seres vivos. En el caso que nos ocupa se estudiaron diversas variables dependientes de origen botánico, zoológico y edafológico que se podrían ver afectadas acorde a la presencia o ausencia de cobertura arbórea en el encinar aclarado objeto de estudio, analizándose de este modo las variaciones de comunidades animales, vegetales y de los factores edáficos ante los cambios del factor fijo (cobertura arbórea), siendo éste un factor biótico que aglutina umbrales de factores abióticos. Debido a que el sistema vegetación-fauna-suelo presenta relaciones de carácter recíproco entre todos sus componentes, no podemos olvidar que, mientras que los factores abióticos condicionan a las comunidades vegetales, éstas hacen lo propio con la fauna, que depende de ellas como fuente de alimento y protección, existiendo también una

relación directa entre el suelo y la fauna de carácter bivalente; por ello, es necesario analizar la influencia de covariables que puedan ser variables de confusión que actúen sobre la variable dependiente enmascarando el verdadero comportamiento del factor principal, todo ello con la finalidad de establecer la relevancia de la presencia de cobertura arbórea en el mantenimiento sostenible de la dehesa de El Pardo y sugerir unas pautas de gestión a escala de paisaje considerando el patrón de usos y coberturas del territorio que contribuyan a conservar el Patrimonio Natural y garanticen la sostenibilidad a largo plazo del sistema y el aporte de servicios ecosistémicos al núcleo cívico.

1.1. Hipótesis de trabajo

- Hipótesis 1.- La cobertura arbórea afecta a la riqueza florística; variables de confusión: hojarasca y humedad.
- Hipótesis 2.- La cobertura arbórea influye sobre la riqueza de artrópodos; variables de confusión: humedad y materia orgánica.
- Hipótesis 3.- La cobertura arbórea influye sobre la abundancia de colémbolos artropleones; variables de confusión: humedad, materia orgánica y abundancia de ácaros gamásidos.
- Hipótesis 4.- La cobertura arbórea influye sobre la abundancia de ácaros oribátidos; variables de confusión: humedad, materia orgánica y abundancia de ácaros gamásidos.
- Hipótesis 5.- La cobertura arbórea afecta a la cantidad de calcio presente en el medio edáfico; variables de confusión: nitrógeno total y materia orgánica.
- Hipótesis 6.- La cobertura arbórea afecta a la porosidad edáfica; variables de confusión: materia orgánica y contenido en arenas del suelo.
- Hipótesis 7.- La cobertura arbórea afecta al potencial de nitrificación; variables de confusión: materia orgánica y humedad.
- Hipótesis 8.- La cobertura arbórea afecta a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) del suelo; variables de confusión: materia orgánica y fracciones finas edáficas.

2. Dicusión

2.1 Metodología

Caracterización de la zona de estudio

Este estudio se ha realizado en el Monte de El Pardo, área periurbana situada en la Comunidad Autónoma de Madrid con coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM) 30TVK3684. Esta extensión montañosa se encuentra situada al norte de la capital madrileña ocupando una situación en el macizo cristalino que corresponde a la Sierra de Guadarrama. Se asienta por tanto entre la rampa granítica y formación sedimentaria detrítica que se extiende desde dicho macizo hasta la depresión del río Tajo (Díaz, F. & Peco, B. 1988). Acorde al análisis de diversos índices bioclimáticos se sitúa en el piso mesomediterráneo, en el horizonte mesomediterráneo superior, contando con un clima mediterráneo subhúmedo de tipo continental (Rivas Martínez, S. 1983). Su sustrato geológico cuenta con rocas pertenecientes al período Cuaternario y Pliocuaternario/Neógeno (Terciario), donde se encuentran además restos arcósicos y sedimentos cuaternarios que proceden de la Sierra de Guadarrama a causa de sus procesos erosivos. El medio edáfico del área de estudio es de tipo ácido, sin apenas presencia de carbonatos, con muy baja salinidad y moderados contenidos en materia orgánica bien humificada, siendo por tanto su textura arenosa existiendo un alto grado de pedregosidad en los horizontes A y B edáficos. Son suelos muy permeables que cuentan con tres horizontes principalmente (A, B y C), desarrollándose sobre materiales ígneos y metamórficos como pizarras, gneises y granitos (Monturial Rodríguez, F. & Alcalá del Olmo Bobadilla, L. 1990).

FIGURA 1.
Localización, dentro de la Comunidad Autónoma de Madrid de el Monte de El Pardo, destacando, en azul, el casco urbano de la ciudad, en rojo la zona de la Sierra de Guadarrama con gestión basada en El Plan Rector de Uso y Gestión y, en naranja, la zona de El Pardo con gestión perteneciente al Patrimonio Nacional.

A nivel biogeográfico la zona de estudio pertenecería al Reino Holártico, Región Mediterránea, Subregión Mediterránea Occidental, Superprovincia Mediterráneo-Iberoatlántica, Provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa, Sector Guadarrámico y Subsector Maritense, tratándose de encinares silicícolas de ombroclima seco o subhúmedo inferior (Rivas Martínez, S. *et al*., 1987).

Principalmente, el bosque en el que se ha realizado el estudio está formado por encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*, IK 1883) con enebros rojos (*Juniperus oxycedrus*, L 1753), madreselva etrusca (*Lonicera etrusca*, SANTI 1802) y peonías (*Paeonia broteri*, BOISS & REUT 1842), siendo su primera etapa de sucesión un retamar seguido de una comunidad alta de gramíneas, un jaral de jara pringosa (*Cistus ladanifer*, L 1753) y, por último, un pasto herbáceo terofítico que, por actividades humanas como el pastoreo, puede evolucionar a majadales acidófilos mesomediterráneos (Rivas Martínez, S. *et al*., 1980).

Para proceder a una correcta caracterización bioclimática del área de estudio se han empleado datos de la estación meteorológica más cercana, que es la de Chamartín (**Tabla 1**):

Por tanto, tras toda esta caracterización bioclimática de el Monte de El Pardo podemos concluir que, en base a los datos recogidos por la estación meteorológica de Chamartín, el área de estudio presenta unas temperaturas medias anuales que oscilan en torno a los 13,5 ºC, existiendo épocas del año en las que las temperaturas medias del mes más frío llegan a 4,2 ºC (diciembre), mientras que las del mes más cálido alcanzan los 23,8 ºC (en julio). Por otra parte, la pluviosidad anual es de unos 524 milímetros (mm), siendo la distribución de las lluvias bastante irregular, rasgo propio del clima mediterráneo, en el que se registran las precipitaciones mínimas durante los meses de sequía estival (julio y agosto principalmente), y las máximas en los meses de invierno.

Tabla 1.

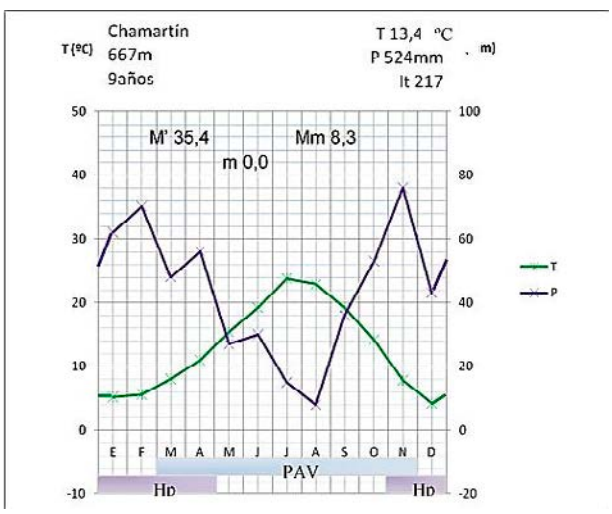
Tabla con los datos meteorológicos procedentes de la estación de Chamartín (Madrid) analizados durante un período de nueve años (1962-1970), detallando la longitud (Long), latitud (Lat) y altitud media (Alt. media) de la estación meteorológica. Se muestran los valores correspondientes a la termometría de la zona, tanto mensuales como al año, en grados centígrados. Destacan los valores de las medias de las temperaturas máximas absolutas anuales (T´), media de las temperaturas máximas (T), temperaturas medias (t_m), media de las temperatuas mínimas (t) y media de las temperaturas mínimas absolutas anuales (t´). Por otro lado también se muestran datos correspondientes al balance hídrico de la zona, especificando datos mensuales y el sumatorio anual de las precipitaciones en milímetros (P) y evapotranspiración potencial en milímetros por unidad de tiempo (ETP).

PROVINCIA: MADRID							ESTACIÓN: CHAMARTÍN						
TERMOMETRÍA Periodos 1962-70 9 años Long. 3º41´W Lat. 40º25´ Alt. media 667													
	MESES												AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
T´	13,7	15,3	19,2	23,7	28,8	33,6	35,4	34,7	32,2	26,3	18,3	14,1	36,1
T	9,0	10,1	12,8	16,2	21,4	25,4	30,5	29,6	25,4	19,9	11,9	8,3	19,2
t_m	5,2	5,6	8,0	11,0	15,4	19,2	23,8	22,9	19,2	14,2	7,8	4,2	13,4
t	1,4	1,2	3,3	5,8	9,4	13,0	17,0	16,2	12,9	8,8	3,7	0,0	7,7
t´	-4,2	-4,2	-3,2	-0,3	3,4	6,2	11,4	11,2	8,2	2,6	-1,8	-5,6	-7,4
BALANCE DE AGUA													
	MESES												AÑO
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
P	62	70	48	56	27	30	15	8	36	53	76	43	524
ETP	13	12	28	43	78	109	149	131	90	55	20	10	738

Con estos datos meteorológicos correspondientes podemos proceder a la realización de un diagrama ombrotérmico de caracterización bioclimática de la zona de estudio (**Fig.2**):

FIGURA 2.

Diagrama ombrotérmico de Gaussen-Walter de la estación meteorológica de Chamartín, mostrando el valor de la temperatura media anual (T), la altitud (h), la precipitación anual (P), los años de observación, el Índice de Termicidad (It), la temperatura máxima absoluta del mes más cálido (M´), la temperatura media de las máximas del mes más cálido (M), la temperatura media de las máximas del mes más frío (Mm), la temperatura media de las mínimas del mes más frío (m´), el período de actividad vegetativa (PAV) y el período de heladas probables (Hp).



Diseño muestral

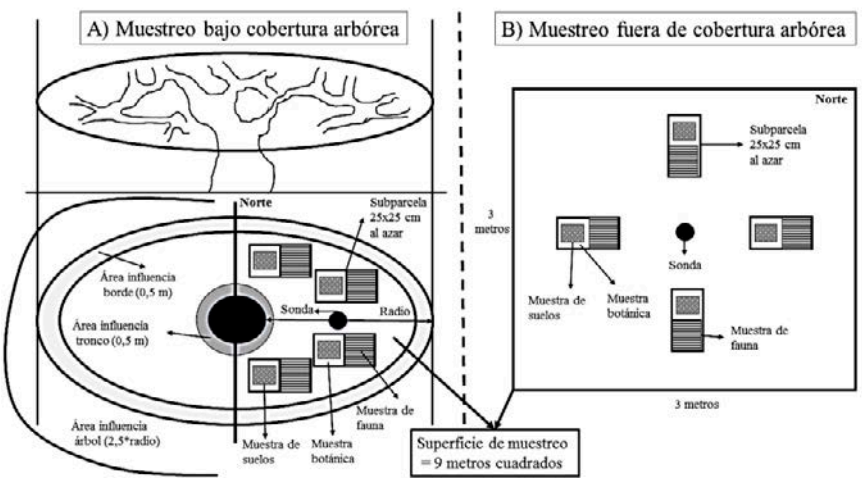
Dado que estamos ante un experimento mesurativo de medición directa de las variables sin manipulación previa, el diseño de muestreo aplicado fue de carácter factorial compacto en el que fijamos un factor (cobertura arbórea) con dos niveles (presencia/ausencia), tomando un tamaño muestral de n = 24 muestras dispuestas al azar mediante una tabla de números aleatorios en cada nivel del factor estudiado. Se eligió estudiar la influencia de la encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*, IK 1883) sobre diversas variables dependientes debido a su

carácter perenne, lo que permite trabajar en ese entorno todas las épocas del año, y por ser una estructura arbórea representativa de la región mediterránea de la península Ibérica (Pulido, F. J. 2002).

El muestreo se realizó en dos niveles cualitativos, bajo cobertura arbórea y fuera de ella (**Fig. 3**), correspondiendo la superficie de muestreo a 9 m^2 en ambos casos, facilitando de este modo la comparación de resultados. Durante el muestreo se llevaron a cabo una serie de restricciones para estandarizar lo máximo posible las condiciones externas al estudio, intentando disminuir la heterogeneidad interna de las muestras:

- Las encinas elegidas para su estudio presentaron niveles de cobertura semejantes.
- Sólo se muestreó en orientación norte, con la finalidad de aumentar el contraste entre los dos niveles de cobertura.
- Debido al efecto paraguas, se descartó para su muestreo el área influenciada por el borde de la copa y del tronco del árbol, al presentar mayor humedad y sobrenutrición debido a las precipitaciones (Bellinzoni, A. M. *et al*., 2003).
- Para evitar el efecto de la raíz a la hora de seleccionar las parcelas de estudio fuera de cobertura se siguió el criterio de González Bernáldez, F. (1969), dejando para la toma de muestras una distancia de 2,5 veces el radio de la encina
- Si en la zona de muestreo se encontraran obstáculos escogeríamos otra parcela.
- Teniendo en cuenta el fenómeno de estratificación, los artrópodos edáficos se localizan a distinta profundidad según la temperatura del suelo, por ello se realizó un muestreo dividido en dos turnos a lo largo de la mañana de trabajo.
- Para conseguir muestras representativas se realizaron cuatro réplicas al azar de 25x25 cm, para garantizar de este modo la independencia muestral y la máxima variedad posible, siendo de este modo extrapolables los resultados obtenidos a situaciones diferentes a las que se van a medir.

FIGURA 3.
Representación del diseño muestral en los dos niveles del factor estudiado: A) bajo cobertura; B) fuera de cobertura, mostrando la representatividad de las muestras escogidas y las restricciones llevadas a cabo durante el muestreo.



Metodología para variables dependientes de origen botánico

Las variables dependientes de origen botánico sobre las que se comprobó la influencia de la cobertura arbórea fueron la riqueza florística y el peso de hojarasca presente en las muestras. Tras la recogida en campo de las muestras acorde al diseño experimental realizado los ejemplares de las plantas vasculares fueron ordenados en pliegos debidamente etiquetados con la zona de muestreo correspondiente. Posteriormente se prensaron mediante la aplicación de estufas calefactoras y la aplicación de corrientes de aire caliente con la finalidad de asegurar la correcta deshidratación de los ejemplares para

su posterior análisis y determinación mediante la realización de un estudio morfológico de cada ejemplar a través del uso de lupa binocular y microscopio óptico en caso de ser necesaria la realización de algún corte de tejido vascular vegetal, pudiendo de este modo identificar cada espécimen hasta nivel de especie.

Para la clasificación de las plantas vasculares que no presentaban flores o frutos se adoptó el criterio taxonómico de *Flora Ibérica* (Castroviejo, S. 1986-2010), mientras que si se diese el caso de que algún individuo no apareciese en los volúmenes publicados pasaríamos a utilizar el criterio de *Flora Europaea* (Tutin, T. G. *et al*., 1964-1980) o, en su defecto, el de *Flora de Andalucía Occidental* (Valdés, B. *et al*., 1987). En cambio, si existía presencia de flores o frutos desarrollados se utilizaron las *Claves para la determinación de plantas vasculares* (Bonnier, G. & de Layens, G. 1997) y *Atlas clasificatorio de la flora de España peninsular y balear* (García Rollán, M. 1999); mientras que si se encontraban en un estado de desarrollo temprano se empleó la *Clave aproximativa para plantas sin flores* (elaborado por el Departamento de Fisiología Vegetal I, Universidad Complutense de Madrid) y, para la de gramíneas, *Gramíneas pratenses de Madrid* (González Bernáldez, F. 1986).

Por último, para determinar el peso de la hojarasca se procedió a su secado en hornos a 220 ºC durante 15 minutos, para posteriormente obtener las cifras de peso seco.

Metodología para variables dependientes de origen faunístico

Dado que las variables que nos interesan dentro de la fauna son la riqueza de artrópodos en general, y, en particular, la abundancia de colémbolos artropleones, ácaros gamásidos y ácaros oribátidos se empleó, para la extracción de los artrópodos de las muestras de suelo tras tamizar las muestras con una malla de 2 milímetros, el método de Berlese-Tullgren durante un período de 10 días, técnica basada en la lucifobia, hidrofilia y geotropismo positivo de estos animales (Sandler, R. V. *et al*., 2010). Gracias al gradiente de temperatura y humedad creado, se obtienen directamente las muestras en botes rellenos de scheerpeltz, siendo éste un medio de conservación que contiene alcohol de 70º para matar la fauna edáfica y conservarla, ácido acético para mantener flexibles las articulaciones de los especímenes, y glicerina, para garantizar la existencia de una humedad permanente en el medio.

Mediante la utilización de una lupa binocular y una clave dicotómica se procedió a la identificación y al recuento de los animales, etiquetándolos por separado al determinarlos. Se realizaron preparaciones microscópicas semipermanentes para la observación de la fauna, para lo cual los ejemplares seleccionados fueron expuestos a ácido láctico, el cual disgrega los tejidos blandos sin afectar al exoesqueleto o cutícula para luego realizar las preparaciones microscópicas con líquido de Hoyer como conservante.

Metodología para variables dependientes edáficas

Para los análisis de los parámetros físicos del suelo se tamizaron las muestras a través de una malla de 2 milímetros, obteniendo una fracción gruesa (> 2mm) y una fracción fina (< 2mm). Los análisis que se realizaron fueron:

1) Textura: se partió de muestras de las sondas recogidas en campo, secándolas a 105ºC durante 24 horas (temperatura con la que evaporamos el agua de la muestra sin quemar el contenido en materia orgánica). Una vez que hemos evaporado el agua debemos calcular tres parámetros que nos darán la información estructural; que son: porosidad (cantidad total de poros), humedad (cantidad de poros con agua), y aireación (cantidad de poros con aire) mediante los siguientes sistemas de ecuaciones que valoran los pesos (P) y volúmenes (V) de las muestras:

$$\begin{matrix} P_{\text{sonda tierra (g)}} - P_{\text{bolsa (g)}} - P_{\text{sonda (g)}} = \textbf{Peso del suelo húmedo (PSH)} \\ P_{\text{bandeja suelo (g)}} - P_{\text{bandeja (g)}} = \textbf{Peso del suelo seco (PSS)} \end{matrix} \begin{cases} \textbf{PSH; PSS} = P_{\text{agua}} \\ \dfrac{P_{\text{agua}}}{\textbf{PSH}} \textbf{ x 100 = \% Humedad} \end{cases}$$

Teniendo en cuenta que:

$$P_{\text{Erlenmeyer con suelo y agua (g)}} - P_{\text{Erlenmeyer (g)}} - \textbf{Peso de suelo seco (PSS)} = P_{\text{agua añadida (g)}}$$

$$\text{como } P_{\text{agua}} = V_{\text{agua}} \downarrow \rho_{\text{agua}} = 1$$

Por tanto:

$$V_{\text{Total (ml)}} - V_{\text{agua (ml)}} = \textbf{Volumen de suelo seco (VSS)} \rightarrow \frac{V_{\text{poros}}}{V_{\text{sonda}}} \textbf{ x 100 = \% Porosidad}$$

$$V_{\text{sonda (ml)}} - \textbf{VSS (ml)} = V_{\text{poros}}\ (\text{ml})$$

Finalmente, como %Porosidad = %Humedad + %Aireación → % Aireación = %Porosidad; %Humedad

2) Granulometría: para saber el porcentaje de arenas y fracciones finas (limos y arcillas) presente en nuestras muestras se empleó el método de Bouyoucos, basado en la Ley de Stokes, que sostiene que partículas del suelo de distinto tamaño dispuestas en columna bajo un flujo laminar (agua destilada), presentan distinta velocidad de sedimentación de tal forma que a mayor tamaño mayor velocidad (Rubey, W. W. 1933). Por tanto, las arenas sedimentarán en primer lugar, seguidas de los limos, decantando en último lugar las arcillas. Para que este método sea válido debe ser llevado a cabo con una temperatura de 20ºC, debido a que la temperatura no la controlamos debemos emplear una corrección en la fórmula (0,36). Sabiendo el tiempo de decantación de las partículas debemos medir tanto la temperatura como la densidad del líquido de la probeta a los 40 segundos y a las dos horas, teniendo así los valores de densidad de limos más arcillas y sólo de arcillas respectivamente. La temperatura la mediremos con un termómetro mientras que la densidad la medimos con un densímetro de Bouyoucos. Por tanto:

%Arenas = 100; (%limos y arcillas)

%Limos = (%limos y arcillas) $-$ **%arcillas** $\rightarrow$ **X =** $([(\textbf{T}^{\textbf{a}}\textbf{; 20}) \textbf{ x 0,36}] + \rho)/\textbf{Peso muestra x 100}$

%Arcillas = X

3) Análisis del calcio edáfico (en miligramos): para la evaluación de este parámetro se empleó el método de la complexometría (Villas, D. B. & Dalmau, C. M. 1994), consistente en que a través de un volumen miliequivalente de un agente quelante del calcio, en nuestro caso EDTA-Na_2 0,02 N (secuestrador de calcio), podremos conocer la concentración de calcio de nuestra muestra. Este análisis se realizó a partir de la fracción fina del suelo a la que se adicionó un volumen de una solución extractora (ácido acético) con la finalidad de extraer todos los cationes para que queden en disolución y su medida sea más fácil. Tras agitar la mezcla y desechar la parte sólida, se mezcló un volumen fijo de este filtrado con agua destilada, sosa con la finalidad de subir el pH y asegurar tener todo el calcio en disolución por si la disolución extractora no ha secuestrado todo y un colorante (Patton-Reader) con el que podremos ver un cambio de color a la hora de titular la muestra. Para llevar a cabo la titulación debemos preparar además los blancos que contienen en vez de un volumen fijo de filtrado un volumen fijo de cloruro cálcico 0,04 N. Antes de poder titular las muestras debemos medir su pH y sólo procederemos a titularlas si éste toma valores entre 10 y 11 o mayores, si no los toma lo solucionamos añadiendo más sosa. A la hora de proceder a la titulación debemos cargar la bureta con EDTA dejando caer su contenido poco a poco sobre la

muestra hasta que en esta última se produzca un cambio de color, que indicará que la muestra está titulada. En este punto se anota el volumen de EDTA que ha caído y se calculará el valor medio del volumen de EDTA consumido (ml) de los blancos para hallar el Factor de calcio (Fca^{++}) dividiendo 20 por la media de los blancos, calculando finalmente el porcentaje de calcio tal que: $\%Ca^{++} = 2*V_{EDTA}*Fca^{++}$

4) Contenido en nitrógeno del suelo (en porcentaje): se empleó el método Kjedahl para estimar el nitrógeno orgánico, basado en la titulación de N_2 a partir del nitrógeno orgánico de la muestra (Bradstreet, R. B. 1965). Este proceso presenta tres fases:

- *Digestión*: las proteínas se digieren en el digestor Kjedahl de la siguiente manera:

$$aa^n + H_2SO_4 \xrightarrow{\text{catalizador, 400ºC}} CO_2 + (NH_4)_2SO_4 + SO_2$$

- *Destilación*: se lleva a cabo en el destilador Kjedahl a 150ºC. Se extrae el nitrógeno del precipitado anterior en forma de amoniaco gaseoso con la finalidad de precipitarlo en presencia de ácido bórico.

$$\tfrac{1}{2}\,(NH_4)_2SO_4 + NaOH\ 10M \rightarrow NH_3 + \tfrac{1}{2}\,Na_2SO_4 + H_2O$$
$$NH_3 + H_3BO_3\ 4\% \rightarrow NH_4 + H_2BO_3^-$$

- *Valoración*: consiste en titular la muestra en una bureta que contenga ácido clorhídrico 0,1 N, dejándolo caer hasta que se produzca en la muestra un viraje de color. Apuntar los mililitros de ácido clorhídrico consumidos.

$$H_2BO_3^- + HCl \rightarrow H_3BO_3$$

De esta manera, para conocer el porcentaje de nitrógeno basta con emplear la siguiente fórmula:

$$\%N_2 = \left(\frac{\text{0,14 x ml HCl}}{\text{Peso muestra}}\right) \text{x 2}$$

5) Contenido en materia orgánica del suelo (en porcentaje): mediante este análisis medimos en realidad la cantidad de carbono presente en el suelo, pudiendo obtener el valor de materia orgánica mediante una conversión al presentar estos dos parámetros una relación lineal positiva. Para realizar este cálculo empleamos un método indirecto con el que no medimos la concentración de carbono del suelo si no lo que nos queda de un producto tras reaccionar con el carbono (Matus, F. J. *et al*., 1997). Para llevar a cabo este método emplearemos una solución de dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) 1N, que es un superoxidante con el que oxidaremos la muestra con carbono, parte de este dicromato se reducirá y mediremos cuánto queda sin reaccionar, tratándose en definitiva de una reacción Redox que debe transcurrir en condiciones adecuadas de alta temperatura y bajo pH para lo que añadimos ácido sulfúrico concentrado. Como el tiempo de la reacción no debe superar los 30 minutos se añade agua para parar el proceso, ya que sube el pH y baja la temperatura. No obstante, para asegurarnos de haber parado la reacción añadimos ácido tetraoxofosfórico (H_3PO_4) que frena el poder oxidante del dicromato creando un enlace no estable con él. Tras acabar la reacción procedemos a titular las muestras y los blancos (sin suelo) con sal de Mohr ($(SO_4)_2Fe(NH_4)_2$-$6H_2O$) 0,5N, cuyos iones ferrosos reaccionan con el $K_2Cr_2O_7$, sabremos cuándo se ha consumido todo el dicromato potásico al producirse un cambio de color mediado por la adición a las muestras de difenilalamina ($(C_6H_5)_2NH$). En condiciones normales el dicromato potásico empleado es 1N, 10 ml, y la sal de Mohr suele ser 0,5N, 20 ml, neutralizándose así en teoría, en cambio, experimentalmente no suele ser así ya que la

sal de Mohr se degrada con la luz oxidándose y la cantidad necesaria oscila entre 18-22 ml, por lo que es necesario emplear un factor de corrección tal que:

- Cálculo del factor de corrección de la sal de Mohr: F = 20/N; donde N son los mililitros de sal de Mohr empleados para la valoración. Solo aceptaremos los valores comprendidos entre 0,90 y 1,10, si no obtenemos un valor entre este intervalo deberemos repetirlo.

- Cálculo del porcentaje de carbono:

$$\%C = \frac{\textbf{(Valor de los blancos (sin suelo); sal de Mohr empleada en la muestra (ml)) x 0,195 x F}}{\textbf{Peso suelo muestra}}$$

- Cálculo del porcentaje de materia orgánica: %MO = 1,724 * %C

Por otra parte, las muestras correspondientes a los análisis químicos del suelo fueron secadas, tamizando la muestra de suelo más superficial, empleando de este modo la fracción de tamaño edáfico menor a 2 milímetros para calcular el potencial de nitrificación y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo estudiado.

6) Análisis para el potencial de nitrificación: se empleó el método de Robertson, C. P. & Vitousek, P. M. (1981), el cual no es una medida real de condiciones "in situ" en el campo, si no en condiciones adecuadas de temperatura y humedad en laboratorio. Con esta metodología se mide la capacidad de los microorganismos edáficos de reducir amonio a nitrato (NO_3^-), de este modo se incuba el suelo con sulfato amónico al 16% durante un intervalo de tiempo de 20 días obteniendo, como producto, nitrato, y una vez preparado este extracto se valora su concentración mediante un método colorimétrico usando nitropectrol, que presenta una absorbancia de 515 nanómetros. Una vez hecha la valoración y mediante el uso de una recta patrón calculamos los microgramos de nitrato por mililitro tal que:

$$\textbf{Y(DO}_{515nm}\textbf{) =;7,86 * 10}^{-3}\textbf{ + 0,023X} \rightarrow \textbf{X (µg NO}_3^-\textbf{/ml) = (Y + 7,86 * 10}^{-3}\textbf{) / 0,023}$$

Por último, realizando una conversión de unidades obtenemos el potencial de nitrificación en microgramos de nitrato por gramos de peso seco (μg NO_3^-/g peso seco):

$$\frac{\textbf{µg NO}_3^-}{\textbf{ml}} \xrightarrow{\textbf{factor dilución}} \textbf{promedio} \xrightarrow{*\textbf{25 ml KCL (volumen extracto)}} \xrightarrow[\div \textbf{10 g peso fresco}]{} \frac{\textbf{µg NO}_3^-}{\textbf{g peso fresco}}$$

$$\frac{\textbf{µg NO}_3^-}{\textbf{g peso fresco}} \xrightarrow[\div \frac{\textbf{Peso seco}}{\textbf{Peso fresco}}]{} \frac{\textbf{µg NO}_3^-}{\textbf{g peso seco}} \xrightarrow{t_{20}-t_0} \textbf{Potencial nitrificación}$$

7) Análisis para la CIC: para este análisis se empleó el método de Nessler, que presenta una fase de saturación de la muestra de suelo con un catión índice (amonio, NH_4^+) en la que se añadirá a la muestra acetato amónico 1 Normal seguida de una fase de lavado con etanol, una fase de liberación del catión índice para lo que se añade cloruro sódico al 10% para, finalmente, realizar una fase de valoración del catión índice en el que se utilizará el reactivo de Nessler, con una absorbancia de 410 nanómetros (Kato, A. *et al*., 1981). De este modo y con una recta patrón obtendremos el valor de la CIC del suelo en centimoles positivos por mililitro de extracto) tal que:

$$\textbf{Y(DO}_{410nm}\textbf{) =;3,73*10}^{-3}\textbf{+909,68X} \rightarrow \textbf{X(cmol (+)/ml extracto) = (Y+3,73*10}^{-3}\textbf{)/909,78}$$

Por último, realizando una conversión de unidades obtenemos la CIC en centimoles positivos por kilogramo de peso seco (cmol (+)/kg peso seco):

$$\frac{\mathbf{cmol(+)}}{\mathbf{ml\ extracto}} \xrightarrow{*\mathbf{50\ ml\ (volúmen\ extracto)}} \xrightarrow[\div 2*10^{-3}\ \mathbf{kg\ peso\ seco(muestra\ inicial)}]{} \frac{\mathbf{cmol\ (+)}}{\mathbf{kg\ peso\ seco}}$$

Análisis estadísticos

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de todas las variables dependientes analizadas. Tras estos análisis, en los que se tiene en cuenta el valor máximo, mínimo, medio y la desviación típica de cada variable se procedió a depurar los datos eliminando aquéllas variables con falta de información (aquéllas con menos del 20% de los datos con un valor distinto de 0 en cada nivel factorial). Tras realizar esta depuración, se procedió a realizar los contrastes de hipótesis expuestos con anterioridad, sin embargo, al usar para ello un test de tipo paramétrico como es el análisis de la covarianza (ANCoVA), debemos asegurarnos de que nuestras variables dependientes cumplen los requisitos de normalidad y homocedasticidad (Delaney, H. D. & Maxwell, S. E. 1981).

Para comprobar la normalidad de nuestros datos se empleó el test de Kolmogorov-Smirnov (Razali, N. M. & Wah, Y. B. 2011), indicándonos si las variables y covariables se ajustan a una distribución normal:

- [H_0: $X \sim N(\mu, \sigma^2)$; H_1: No cierta H_0] Si p-valor > 0,05 aceptamos H_0

Por el contrario, para garantizar la homocedasticidad de nuestras muestras se empleó el test de Barlett en cada nivel de cobertura arbórea (Gartside, P. S. 1972), tal que:

- [H_0: igualdad de varianzas; H_1: no cierta H_0] Si p-valor > 0,05 aceptamos H_0

Si mediante estos análisis se comprueba que las variables cumplen ambos requisitos se puede proceder a realizar los análisis paramétricos correspondientes, en caso contrario, es decir, en aquellas variables en las que se producen desviaciones significativas de normalidad, se procedió a su transformación, consiguiendo de esta manera un mejor ajuste:

- Las variables expresadas en porcentaje se transformaron mediante la función:

$$\boldsymbol{arcsen}\ \sqrt{\frac{variable}{100}}$$

- Las variables no expresadas en porcentaje se transformaron mediante la función:

$$\boldsymbol{log\ (variable+1).}$$

Si en alguna ocasión tras transformar la variable perdemos su carácter homocedástico debemos usar la variable sin transformar aunque ganemos en normalidad, ya que si se cumple la igualdad de varianzas pero no la normalidad podemos usar los test paramétricos, mientras que en el caso contrario no. Si aunque transformemos la variable no obtenemos homocedasticidad, emplearemos los test paramétricos siendo más restrictivos en la significación del p-valor, pasando a considerar un valor de 0,01 como significativo en vez de un valor de 0,05.

Una vez comprobados estos requisitos podemos realizar los contrastes de hipótesis, primero deberemos comprobar si hay diferencias significativas entre los dos niveles (cobertura y fuera de cobertura) del factor para la variable dependiente mediante un test de análisis de la varianza (ANoVA), tal que:

- H_0: no existen diferencias significativas entre las medias de la variable.
- H_1: si existen diferencias significativas entre las medias de la variable.

} p-valor < 0,05 $\Rightarrow$ rechazo H_0

Para analizar las covariables, que pueden dar equívoco respecto a si el factor cobertura influye sobre la variable dependiente usamos un análisis de la covarianza (ANCoVA), que consta a su vez de los tres test expuestos a continuación:

1) Paralelismo: nos informa sobre si hay interacción entre el factor y la covariable analizando si hay relación entre la variable dependiente y la covariable en los dos niveles del factor (Breslow, N. 1974). Si hay paralelismo no hay diferencias significativas entre los dos niveles del factor y por lo tanto no hay interacción. En el caso de que hubiera alguna interacción no podemos diferenciar en qué medida afecta la covariable y el factor por separado sobre la variable dependiente, siendo este hecho una limitación de nuestro diseño. En el caso de que no haya interacción podemos distinguir en qué medida el único responsable de la variación observada es el factor categórico o si parte de esa variabilidad es explicada por la covariable analizada continuando con el test ANCoVA. Las hipótesis del paralelismo son:

   [H_0: no hay paralelismo ; H_1: hay paralelismo] p-valor < 0,05 ⇒ rechazo H_0

2) Regresión: el análisis de regresión analiza si alguna covariable de las planteadas afecta a la variable dependiente (Montgomery, D. C. *et al*., 2012). Con este test podemos contrastar la relación existente entre dos variables de tipo continuo no categorizadas en niveles y además podemos establecer una relación causa-efecto. Si el p-valor es menor a 0,05 concluimos que la relación entre la covariable y la variable dependiente es de tipo lineal, mientras que si es mayor no es significativo y por lo tanto puede que no haya relación alguna entre la covariable y la variable dependiente. No obstante cabe destacar que no podemos afirmar que no exista ningún tipo de relación entre la variable dependiente y la covariable, ya que ésta puede ser de tipo no lineal.

3) Segundo ANoVA: calcula de nuevo las medias, el p-valor y el estadístico F de Fisher, restándole al primer ANoVA el posible efecto de la covariable sobre la variable dependiente. De este modo, si el p-valor es menor a 0,05 sí es significativo, siendo por tanto el factor cobertura arbórea el causante principal de las diferencias apreciadas para la variable entre los dos niveles estudiados. Debemos tener en cuenta que si la regresión nos ha salido no significativa (p-valor > 0,05), y apreciamos un cambio en la significación de este segundo ANoVA con respecto a la del primer ANoVA estamos ante una relación de tipo no lineal entre la covariable y la variable dependiente.

   En definitiva, una covariable pasa a ser una variable de confusión cuando se produce un cambio en el nivel de significación de los dos ANoVA realizados (de Irala, J. *et al*., 2001).

2.2 Resultados y discusión

Resultados descriptivos y caracterización edáfica del medio de estudio

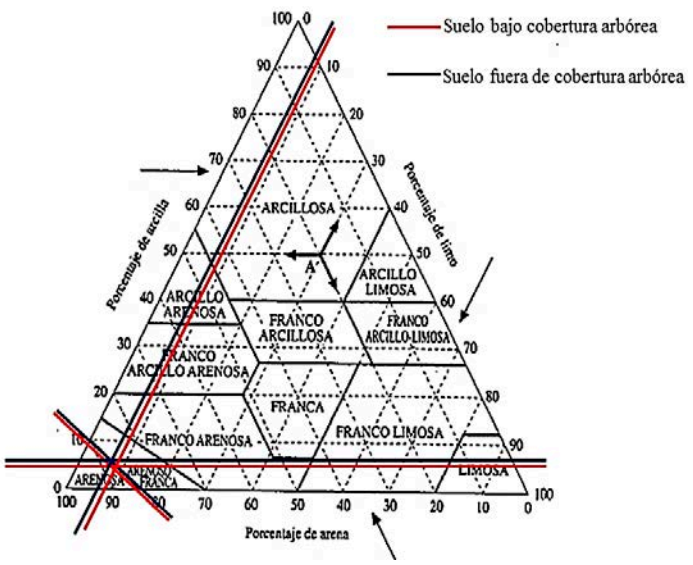
Las parcelas muestreadas bajo cobertura arbórea son, en términos generales (**Tabla 2**), más pobres en cuanto a su riqueza florística, presentando valores más elevados en cuanto al peso de hojarasca y mayor riqueza de artrópodos en general y de los grupos estudiados en particular, como son los ácaros gamásidos, ácaros oribátidos, y colémbolos artropleones. En cuento a las variables edáficas no se evidencian notorias diferencias entre ambos niveles factoriales respecto a la granulometría (porcentaje de arenas, limos y arcillas en el medio edáfico), sí presentando las muestras bajo cobertura una mayor porosidad y contenido en calcio, materia orgánica y nitrógeno, sin que eso afecte, aparentemente, al contenido en humedad del suelo. Por último, las muestras analizadas bajo cobertura arbórea presentaron mayores valores respecto al potencial de nitrificación y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) analizado. En base a esto se puede deducir que el suelo bajo cobertura presenta una mayor fertilidad.

Tabla 2.
Resultados descriptivos para las variables dependientes analizadas en ambos niveles factoriales (sin cobertura arbórea y bajo la misma) clasificadas según su origen (botánico, faunístico o edafológico), resaltando, para cada variable sus valores mínimos, máximos, su media y su error estándar (Error).

Origen	Variable	Con Cobertura Arbórea				Sin Cobertura Arbórea			
		Mínimo	Máximo	Media	Error	Mínimo	Máximo	Media	Error
Botánico	Riqueza florística	5,00	13,00	8,16	0,48	8,00	18,00	13,33	0,60
	Peso hojarasca	3,25	119,12	39,22	5,56	0,30	21,12	5,14	0,88
Faunístico	Ácaros gamásidos	9,00	249,00	69,63	11,56	10,00	134,00	62,50	6,27
	Ácaros oribátidos	44,00	1120,00	302,33	54,76	6,00	386,00	131,21	20,75
	Colémbolos artropleones	47,00	745,00	283,46	40,45	35,00	762,00	243,46	41,31
	Riqueza artrópodos	5,00	17,00	10,71	0,51	5,00	13,00	8,83	0,48
Edafológico	Arenas	78,56	88,48	85,08	0,50	80,76	88,62	85,03	0,45
	Limos	4,16	11,36	7,87	0,43	4,82	11,00	7,56	0,34
	Arcillas	4,34	17,28	7,04	0,54	5,44	11,68	7,31	0,30
	Fracciones finas	11,52	21,44	14,92	0,50	11,38	19,24	14,88	0,45
	Humedad	5,35	16,72	10,38	0,60	5,35	35,04	9,89	1,15
	Porosidad	38,81	69,44	51,34	1,53	33,36	74,06	45,03	1,84
	Materia orgánica	0,70	5,36	2,19	0,26	0,15	1,48	0,69	0,07
	Calcio	1,28	5,65	3,32	0,23	0,73	3,78	1,78	0,13
	Nitrógeno	0,11	0,82	0,34	0,03	0,05	0,76	0,18	0,03
	Nitrificación	20,54	1209,56	336,36	59,34	0,00	259,19	75,25	12,20
	CIC	5,10	21,55	11,24	1,00	1,75	17,10	6,36	0,60

En base a estos resultados podemos realizar una caracterización edáfica del territorio estudiado mediante los análisis granulométricos realizados, obteniendo así información respecto a la textura del suelo:

FIGURA 4
Triángulo de texturas para la caracterización edáfica de la zona de muestreo bajo cobertura arbórea y fuera de ella.



Podemos deducir en base a estos análisis que el medio edáfico no presenta apenas diferencias entre los niveles del factor cobertura estudiado, presentando en ambos casos una textura de tipo arenoso con granulometría gruesa y suelo disgregado, que presenta facilidades para implementar prácticas de laboreo y presenta una baja compacidad, lo que sumado a su elevada permeabilidad, buena aireación y baja fertilidad dan lugar a que presente un bajo riesgo de erosión, con baja erodabilidad del territorio estudiado.

Parámetros estadísticos y dialéctica acorde a los resultados obtenidos

Antes de proceder a los contrastes de hipótesis y dado que los test que vamos a utilizar son paramétricos, debemos comprobar que las variables a analizar cumplen las asunciones de normalidad y homocedasticidad mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y el test de Barlett respectivamente, ya sea sin necesidad de transformar la variable o transformándola (**Tabla 3**):

La práctica totalidad de las variables analizadas presentan normalidad y homocedasticidad, pudiendo de esta forma aplicar tests paramétricos a los contrastes de hipótesis. Merecen especial atención las variables porcentaje de humedad, materia orgánica y nitrógeno, que no cumplen las asunciones propias del ANCoVA, no obstante, pese a que la variable nitrógeno no presenta una distribución normal si nos permite someterla a un test paramétrico dada su igualdad de varianzas. Por el contrario, dado que aun transformando las variables no conseguimos que ni el porcentaje edáfico de humedad ni la cantidad de materia orgánica sean homocedásticas debemos aplicar una restricción en la significación del p-valor de 0,05 a 0,01, permitiéndonos de este modo aplicar tests paramétricos en los contrastes de hipótesis.

Tabla 3
Análisis de la normalidad y homocedasticidad de cada variable dependiente, indicando si ha sido necesaria su transformación. Destacan en amarillo aquellas variables que no cumplen alguna de las asunciones.

Variable Dependiente	NORMALIDAD				HOMOCEDASTICIDAD	
	Variable sin transformar		Variable transformada		Variable sin transformar	Variable transformada
	Bajo Cobertura	Sin Cobertura	Bajo Cobertura	Sin Cobertura		
Riqueza florística	Si	Si	---	---	Si	---
Peso hojarasca	Si	Si	Si	Si	No	Si
Ácaros gamásidos	Si	Si	Si	Si	No	Si
Ácaros oribátidos	Si	Si	Si	Si	No	Si
Colémbolos artropleones	Si	Si	---	---	Si	---
Riqueza artrópodos	Si	Si	---	---	Si	---
Arenas	Si	Si	---	---	Si	---
Fracciones finas	Si	Si	---	---	Si	---
Humedad	Si	No	Si	No	No	No
Porosidad	Si	Si	---	---	Si	---
Materia orgánica	Si	Si	Si	Si	No	No
Calcio	Si	Si	Si	Si	No	Si
Nitrógeno	No	No	Si	No	Si	Si
Nitrificación	Si	Si	Si	Si	No	Si
CIC	Si	Si	Si	Si	No	Si

Una vez conociendo las propiedades estadísticas de cada variable podemos proceder a la ejecución de los contrastes de hipótesis (**Tabla 4**):

Tabla 4.
Resultados estadísticos de cada hipótesis expuesta (H), con los p-valores (significativo: * P < 0,05; Muy significativo: ** P < 0,01; Altamente significativo: *** P < 0,001) de cada variable dependiente (VD) y covariable.

H	Variables Dependientes (VD)	ANoVA (influencia Factor-VD)	Covariable	ANCoVA (influencia de las covariables sobre las VD)		
				Paralelismo	Regresión	2º ANoVA
		p		p	p	p
1	Riqueza florística	0,000***	Peso hojarasca	0,110	0,081	0,000***
			Humedad	0,620	0,420	0,000***
2	Riqueza artrópodos	0,010*	Humedad	0,730	0,220	0,013*
			Materia orgánica	0,180	0,075	0,520
3	Colémbolos artropleones	0,492	Humedad	0,360	0,840	0,510
			Materia orgánica	0,270	0,090	0,470
			Ácaros gamásidos	0,650	0,490	0,490
4	Ácaros oribátidos	0,001**	Humedad	0,810	0,260	0,001**
			Materia orgánica	0,055	0,550	0,035*
			Ácaros gamásidos	0,200	0,010*	0,001**
5	Calcio	0,000***	Nitrógeno	0,099	0,031	0,000***
			Materia orgánica	0,540	0,000***	0,056
6	Porosidad	0,011*	Materia orgánica	0,180	0,580	0,050
			Arenas	0,570	0,210	0,030*
7	Nitrificación	0,000***	Materia orgánica	0,670	0,008**	0,080
			Humedad	0,420	0,750	0,000***
8	CIC	0,000***	Materia orgánica	0,015*	0,060	0,060
			Fracciones finas	0,300	0,040	0,000***

Acorde a los resultados expuestos podemos decir, en primer lugar, que el factor cobertura arbórea es el responsable de las diferencias altamente significativas encontradas para la variable dependiente *Riqueza florística* entre ambos niveles factoriales estudiados, sin que ninguna de las covariables analizadas en esta hipótesis suponga una posible variable de confusión. En cuanto a las variables estudiadas de origen botánico, sabemos que la distribución de la riqueza florística está condicionada, a priori, por factores abióticos como las características edáficas, destacando la presencia de hojarasca en el medio bajo cobertura arbórea, que puede dificultar el crecimiento de algunas especies (Olson, B. E. & Wallander, R. T. 2002), y macroclimáticas, como la humedad (Dimitrakopoulos, A. P. & Bemmerzouk, A. M. 2003). En este sentido, la cobertura origina variaciones en la insolación, distribución de lluvias, temperatura y vientos, que afectan de forma directa a la distribución floral, influyendo la presencia de arbolado en la distribución de nutrientes mediante el bombeo realizado respecto a los aportes minerales del subsuelo, poniendo a través de la hojarasca dichos nutrientes a disposición de las herbáceas. Por otra parte, la presencia de arbolado influye sobre la vegetación del sotobosque a través de un cúmulo de efectos parciales que se manifiestan tanto en las condiciones físico-químicas del suelo como en el microclima en el que la vegetación se va a desarrollar (Bérian, A. E. 1992).

De este modo se establecen unas condiciones ecológicas con fuerte contraste en los enclaves localizados en ambos niveles factoriales, traduciéndose este hecho en variaciones respecto a la composición florística y la fenología de las especies (Montoya, J. M. & Mesón, M. L. 1982). En definitiva, podemos decir que el medio bajo cobertura arbórea presenta unas condiciones más homogéneas que los espacios abiertos, convirtiéndole este hecho en un medio más selectivo que cuenta con la aparición reiterada de un número restringido de especies herbáceas capaces de resistir las condiciones impuestas por el dosel arbóreo. Por el contrario, fuera de la influencia de la encina las posibilidades se multiplican al no existir tantas restricciones climáticas ni la posibilidad de presencia de efectos alelopáticos por parte de la masa forestal que impida el crecimiento de herbáceas en zonas adyacentes, dando lugar a una riqueza florística mayor (Osorio, L. F. 2012). Como dato especial a destacar podemos decir que el biotipo predominante de las herbáceas muestreadas fue terófito, como es habitual en los pastizales mediterráneos, existiendo una elevada riqueza

en ambos niveles factoriales de gramíneas, mientras que en ausencia de cobertura arbórea existió un claro predominio de plantas leguminosas por su capacidad de fijación de nitrógeno mediante la existencia de nódulos simbióticos (Puerto, A. 1997), al no presentar los claros un elevado contenido de este elemento.

En cuanto a las variables faunísticas podemos ver, acorde al primer ANoVA realizado, que existen diferencias significativas para la variable *Riqueza de artrópodos* entre ambos niveles factoriales, debido en un principio a la influencia del factor cobertura arbórea. Si ampliamos este análisis incluyendo las covariables vemos que, mientras que la covariable *Materia orgánica* no influye en la distribución de esta variable dependiente, sí existe paralelismo con la covariable *Humedad*, sin que la regresión muestre una tendencia lineal, lo que sumado a la ausencia de diferencias observables en el segundo ANoVA nos hace deducir que la humedad no influye de forma significativa sobre esta variable. Por otro lado, siguiendo con las variables de origen faunístico, no se observaron diferencias significativas en cuanto a la distribución de los *Colémbolos artropleones* debidas al factor de estudio, sin que tampoco influyeran sobre dicha variable ninguna de las covariables analizadas. Por último, se mostraron diferencias muy significativas para la variable *Ácaros oribátidos* debidas al factor cobertura. Incluyendo las covariables en este análisis vemos que el paralelismo es positivo para las tres covariables analizadas, mostrando los análisis de regresión una única tendencia lineal entre los *Ácaros oribátidos* y los *Ácaros gamásidos*, por lo que podemos deducir que esta covariable influye sobre la variable dependiente analizada. Respecto a las variables faunísticas estudiadas sabemos que la cobertura arbórea proporciona refugio frente a las oscilaciones ambientales que afectan a la mesofauna, pudiendo influir en la riqueza de artrópodos en general el parámetro de humedad edáfica debido a las necesidades de abastecimiento hídrico de la mesofauna euedáfica (Vannier, G. 1970). Además, los artrópodos se encargan de disgregar la materia orgánica aportada por la encina, parámetro importante de la fertilidad edáfica que se relaciona con el aumento en la abundancia de artrópodos debido a su actividad reguladora en la descomposición del suelo y el retorno de nutrientes al mismo (Adejuyigbe, C. O. *et al*., 1999).

Uno de los grupos más dominantes en el medio edáfico son los colémbolos artropleones, lucífugos, que habitan en las capas superiores del suelo, en medios húmedos, sombríos y ricos en materia orgánica, como los suelos bajo cobertura arbórea, alimentándose de vegetación inerte y hongos (Bardgett, R. D. 1993), destacando además la existencia de una relación depredador-presa entre este grupo de artrópodos y los ácaros gamásidos (Masuko, K. 1994). Sin embargo, en nuestros resultados no observamos influencia alguna de la humedad, materia orgánica o abundancia de gamásidos sobre la abundancia de estos artrópodos, contradiciendo de este modo la bibliografía consultada. Por otra parte, los ácaros gamásidos también son depredadores de los ácaros oribátidos, cuyo comportamiento puede verse modificado teniendo lugar migraciones estacionales entre los horizontes edáficos en función de la temperatura y humedad del suelo (Schneider, K. & Maraun, M. 2009), presentando nuestro estudio una relación positiva entre ambas variables. Cabe destacar que la fauna edáfica y los microartrópodos en general influyen sobre la descomposición de la hojarasca y de la materia orgánica, al alimentarse de restos vegetales regulando el retorno de los nutrientes al suelo, influyendo así en su fertilidad (Lietti, M. *et al*., 2008), por este motivo la abundancia general de artrópodos y de los grupos particulares estudiados es mayor en las muestras analizadas bajo cobertura arbórea, puesto que la encina supone un aporte continuo de alimento en forma de hojarasca, que, tras descomponerse, se convierte en materia orgánica afectando a la riqueza de artrópodos al favorecer la formación de agregados edáficos, incrementando de este modo la porosidad y el espacio disponible en el suelo para ser colonizado por éstos (Segueda, A. N. *et al*., 2011). Pese a esta información, en nuestro estudio, el parámetro humedad no presentó efectos significativos sobre ninguna de las variables faunísticas estudiadas, aunque debería ser un factor determinante en la abundancia de los artrópodos estudiados al facilitar el intercambio gaseoso a través de la cutícula blanda de los artrópodos e influyendo además

en su tasa de reproducción, crecimiento y en su distribución vertical a lo largo del perfil edáfico (Chown, S. L. 2011). Esta contradicción entre nuestros resultados y la bibliografía se debe seguramente al hecho de que el muestreo fue realizado durante una estación sin apenas precipitaciones, minimizándose así la influencia de la humedad entre ambos niveles factoriales.

Edafológicamente se mostraron diferencias altamente significativas en la distribución del *Calcio* entre ambos niveles factoriales, sin que la covariable *Nitrógeno* influyera de alguna manera sobre la variable dependiente. Sin embargo, la covariable *Materia Orgánica* sí mostró una tendencia lineal con el contenido edáfico de calcio, llegando a ser una variable de confusión. La variable *Porosidad* mostró de nuevo diferencias significativas entre ambos niveles factoriales, siendo en realidad la *Materia orgánica* una variable de confusión en cuanto a la distribución de esta variable dependiente; en cambio el porcentaje de *Arenas* como covariable no resultó un factor influyente en el análisis. Finalmente, el *Potencial de Nitrificación* y la *CIC* mostraron dinámicas muy similares, evidenciando diferencias altamente significativas entre ambos niveles factoriales y siendo, en ambos casos, la *Materia orgánica* la variable de confusión responsable de estas diferencias sin que ni la *Humedad* ni las *Fracciones Finas* influyeran en absoluto en cuanto a la distribución de estas variables.

En cuanto a los parámetros edáficos de tipo físico sabemos que el contenido de calcio en la zona muestreada es, en general, bajo debido a que la roca madre del encinar muestreado es de tipo silíceo (Ferreras, C. & Fidalgo, C. E. 1991), existiendo no obstante diferencias significativas entre ambos niveles del factor, siendo mayor la cantidad de calcio presente bajo cobertura. Esto se debe a que la práctica totalidad del calcio presente en el medio edáfico proviene de la materia orgánica aportada por la encina, cuyo origen reside en restos vegetales, animales y microorganismos del suelo, siendo posteriormente descompuesta por otros organismos que la mineralizarán o humificarán, siendo en este último caso una mineralización lenta dando lugar a productos inorgánicos (Abril, A. 2003). De esta forma, el contenido en calcio en las zonas situadas bajo cobertura arbórea es mayor dado que la encina extrae, mediante su sistema radicular, el calcio del suelo incorporándolo a sus estructuras de tal forma que, cuando las hojas se desprenden y caen al suelo se convierten en una fuente de este catión (Fuentes, J. L. 1999). Sin embargo, no debemos olvidar el hecho de que la hojarasca se descompone en materia orgánica, por lo que en realidad esta covariable es una variable de confusión, siendo la principal responsable de que en zonas bajo cobertura arbórea el contenido en calcio sea mayor. Cabe destacar que el contenido en nitrógeno del medio edáfico no presenta, acorde a nuestro estudio, ningún efecto sobre la cantidad de calcio edáfico, siendo esto causa de formar parte de la materia orgánica, que es la variable que absorbe toda la relación de causalidad en esta hipótesis (Fuentes, J. L. 1999).

Por otro lado, el porcentaje de porosidad nos indica la relación entre el volumen de los huecos edáficos y el volumen total del suelo muestreado, con este marco teórico respecto a la estructura edáfica es lógico pensar que, a parte de una posible influencia del factor categórico, el contenido en materia orgánica del medio puede condicionar a esta variable dependiente, al asociarse con partículas finas edáficas formando agregados esponjosos que aumentan la microporosidad (Bernal, N. *et al*., 2008), siendo de hecho una variable de confusión responsable de las diferencias significativas observadas para el contenido en porosidad entre los dos niveles factoriales muestreados. Por el contrario, pese a que el contenido en arenas de las muestras favorece la aireación y macroporosidad del suelo (Ortiz, I. *et al*., 2008), no se observa, en nuestros estudios, una influencia de esta covariable sobre la variable dependiente, siendo esto causa de que las medidas del porcentaje de arenas en ambos niveles factoriales son muy similares.

Por último, respecto a los parámetros edáficos de origen químico sabemos que el nitrógeno puede estar presente de forma orgánica o inorgánica, siendo la nitrificación el paso del

nitrógeno del suelo en forma de amonio a nitrato mediante un proceso bacteriano de oxidación, proceso imprescindible para la asimilación del nitrógeno por las raíces de las plantas vasculares. El nitrógeno es un factor limitante en los suelos y es un elemento esencial para la planta. La cobertura arbórea supone la aportación de microorganismos, restos vegetales y fauna edáfica al suelo, favoreciendo de esta forma la nitrificación (Powers, R. F. 1980). Al estudiar la materia orgánica como covariable vemos que en realidad es una variable de confusión, debido a que bajo cobertura arbórea hay una mayor cantidad de hojarasca que aporta una temperatura y humedad más estable y crea unas condiciones adecuadas para el desarrollo de bacterias nitrificantes, afectando la materia orgánica al potencial de nitrificación al provocar una mayor compactación en sustratos arenosos y estabilizar los agregados debido a la naturaleza coloidal del humus (Martin, J. P. & Haider, K. 1971). Por otra parte, la rapidez de dicho proceso está condicionada por la humedad, siendo una variable que favorece el desarrollo bacteriano hasta producir anoxia, siendo las bacterias nitrificantes aerobias estrictas, sin embargo, no se aprecia su influencia sobre la nitrificación en los análisis realizados, debido a que la actividad microbiana puede llegar a anularse cuando el contenido en agua de la rizosfera supera o no alcanza el óptimo requerido por estos microorganismos, pudiendo dar lugar en condiciones de encharcamientos a inundaciones de los poros edáficos originando una falta de oxígeno que favorece la proliferación de bacterias anaerobias desnitrificantes (Smith, M. S. & Tiedje, S. M. 1979). En cuanto a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), siendo la capacidad edáfica de adsorber cationes de la fase líquida desadsorbiendo al mismo tiempo cantidades equivalentes de otros cationes por destrucción de complejos de superficies (Hendershot, W. H. & Duquette, M. 1986), se vio que el factor cobertura provocaba diferencias significativas. Al ser una variable que depende de los coloides del suelo, materia orgánica y arcillas, que determinan los valores de CIC acorde al grado de descomposición-humificación que presenten, ésta sufrirá una serie de transformaciones bioquímicas que darán lugar a su fragmentación y procesado dando lugar a una fracción que no se descompone con rapidez en formas inorgánicas simples (humus), (Martin, J. P. & Haider, K. 1971).

El humus, junto con las arcillas, forma la parte mayoritaria de los coloides que presentan carga negativa en superficie, de este modo y cumpliendo con el principio de electroneutralidad del sistema, los cationes solvatados serán adsorbidos en la superficie del coloide. Como variables de confusión se estudió la materia orgánica y las fracciones finas debido a la existencia de una correlación significativa entre la CIC y el carbono oxidante, dependiente de la fracción húmica y de las arcillas. La influencia del factor cobertura sobre esta variable se debe a que la encina representa un aporte constante de materia orgánica, estableciendo un microclima de pH, humedad y temperatura además de la influencia de las raíces, cuyo exudado favorece la formación de complejos arcillo-húmicos con cargas negativas en su superficie y con nutrientes retenidos entre sus poros (Rodà, F. *et al*., 1990). Por ello la CIC es mayor bajo cobertura arbórea. Acorde a nuestro estudio, la materia orgánica se comporta como una variable de confusión debido al aporte que supone al suelo de diferentes valores de capacidad de adsorción e intercambio iónico, siendo de hecho el humus el coloide que mayores tasas de intercambio catiónico tiene al presentar muchos grupos funcionales susceptibles de ionizarse (Donahue, R. L. M. *et al*., 1988), interviniendo además en la formación y estabilización de los complejos de cambio (Porta, C. J. *et al*., 1999). Respecto al estudio de la covariable fracciones finas, esperaríamos ver una influencia sobre la CIC dado que engloba partículas arcillosas cargadas negativamente que atraerían cationes positivos actuando como intercambiador edáfico, sin embargo, no observamos su influencia debido seguramente al hecho de estar muestreando en terrenos muy arenosos cuyo contenido en arcillas no es representativo (Porta, C. J. *et al*., 1999).

3. Conclusiones

Si bien el estudio de la cobertura arbórea en el Monte de El Pardo ha mostrado ser responsable de las diferencias observadas en las distintas variables dependientes de origen botánico, faunístico y edafológico analizadas, no podemos olvidar el hecho de que el sistema

vegetación-fauna-suelo de los sistemas montañosos se comporta como un conjunto de procesos bidireccionales entre los elementos bióticos y abióticos del ecosistema, dando lugar a la aparición de múltiples variables de confusión, siendo el ejemplo más claro en este trabajo el de la materia orgánica y su influencia sobre distintas variables. Dado el complejo entramado de relaciones presentes en la naturaleza nos encontramos ante la dificultad de estudiar relaciones individuales por separado, manteniendo una perspectiva general del sistema mediante el análisis de las relaciones en su conjunto para sentar las bases de una gestión orientada a la conservación y desarrollo del enclave estudiado, considerado Patrimonio Nacional.

Agradecimientos

En memoria de mis abuelos maternos, D. Antonio Rodríguez Hermida y Dña. Herminda Sousa Cougil, que En Paz Descansen. Y a Dña. Mª Aurora Rodríguez Sousa, cuyo apoyo incondicional siempre ha sido y será la base sobre la cual construyo, cada día, mi perfil investigador y profesional.

Referencias bibliográficas

- Abril, A. (2003). ¿Son los microorganismos edáficos buenos indicadores de impacto productivo en los ecosistemas?. *Ecología austral*, *13*(2), 195-204.
- Adejuyigbe, C. O., Tian, G., Adeoye, G. O. (1999). Soil microarthropod populations under natural and planted fallows in southwestern Nigeria. *Agroforestry Systems*, *47*(1), 263-272. doi: 10.1023/A:1006236001299
- Bardgett, R. D., Whittaker, J. B., Frankland, J. C. (1993). The diet and food preferences of Onychiurus procampatus (Collembola) from upland grassland soils. *Biology and fertility of soils*, *16*(4), 296-298. doi: 10.1007/BF00369308
- Bellinzoni, A. M., Caneva, G., Ricci, S. (2003). Ecological trends in travertine colonisation by pioneer algae and plant communities. *International biodeterioration & biodegradation*, *51*(3), 203-210. doi: 10.1016/S0964-8305(02)00172-5
- Bérian, A. E. (1992). Intervencion del arbolado de la dehesa en los ciclos de los nutrientes. *El Libro de las Dehesas Salamantinas*, 241-257.
- Bernal, N., Montealegre, G., Ipaz, S. N., Chaparro, O., Ramírez, L. M. (2008). Effect of four tillage methods on the physical properties and loss of soil in the potato-grass rotation in hillside areas of a high Andean region in Colombia. *Acta Agronómica*, *57*(1), 35-42.
- Bonnier, G. & Layens, G. (1997). *Claves para la determinación de plantas vasculares*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 411 pp.
- Bradstreet, R. B. (1965). *The Kjedahl method for organic nitrogen*. New York & London.
- Breslow, N. (1974). Covariance analysis of censored survival data. *Biometrics*, 89-99. doi: 10.2307/2529620
- Castroviejo, S. (1986-2010). *Flora ibérica*. 21 vols. (en fase de publicación). Editorial CSIC-CSIC Press. Madrid, España.
- Chown, S. L. (2011). Discontinuous gas exchange: new perspectives on evolutionary origins and ecological implications. *Functional Ecology*, *25*(6), 1163-1168. doi: 10.1111/j.1365-2435.2011.01879.x
- de Irala, J., Martínez-González, M. Á., Grima, F. G. (2001). ¿Qué es una variable de confusión?. *Medicina clínica*, *117*(10), 377-385. doi: 10.1016/S0025-7753(01)72121-5
- Delaney, H. D., & Maxwell, S. E. (1981). On using analysis of covariance in repeated measures designs. *Multivariate Behavioral Research*, *16*(1), 105-123. doi: 10.1207/s15327906mbr1601_6
- Diaz, F., & Peco, B. (1988). Pastizales adehesados del área de El Pardo. *Mundo científico*, *8*(79), 386-395.
- Dimitrakopoulos, A. P., & Bemmerzouk, A. M. (2003). Predicting live herbaceous moisture content from a seasonal drought index. *International Journal of Biometeorology*, *47*(2), 73-79. doi: 10.1007/s00484-002-0151-1
- Donahue, R. L. M., Shickluna, R. W., John, C. (1988). *Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas* (No. 631.47 D674i). México, MX: Prentice-Hall.
- Ferreras, C., & Fidalgo, C. E. (1991). *Biogeografía y edafogeografía*. Editorial Síntesis, Madrid.
- Fuentes, J. L. (1999). El suelo y los fertilizantes. *Ministerio de agricultura, pesca y alimentación*, *5*.
- García Montero, H. (2009). Antropometría y niveles de vida en el Madrid rural, 1837-1915. *Historia Agraria 47*, 95-117.
- García Rollán, M. (1999). *Atlas clasificatorio de la flora de España peninsular y balear* (No. 581 G216a). Madrid, ES: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Gartside, P. S. (1972). A study of methods for comparing several variances. *Journal of the American Statistical Association*, *67*(338), 342-346. doi: 10.1080/01621459.1972.10482385
- González Bernáldez, F., Morey, M., Velasco, F. (1969). Influences of Quercus ilex rotundifolia on the herb layer at the El Pardo forest (Madrid). *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.(Biol.)*, *67*, 265-284.
- González Bernáldez, F. (1986). *Gramíneas pratenses de Madrid*. Consejería de Agricultura y Ganadería. Madrid, España. 270 pp.

- Hendershot, W. H., & Duquette, M. (1986). A simple barium chloride method for determining cation exchange capacity and exchangeable cations. *Soil Science Society of America Journal*, *50*(3), 605-608. doi: 10.2136/sssaj1986.03615995005000030013x
- Hernando Ortego, J. (2003). Poder y usos del espacio: la construcción del monte de El Pardo durante el Antiguo Régimen. *La construcción histórica del paisaje agrario en España y Cuba, Madrid*, 131-146.
- Kato, A., Matsuda, S., Nakajima, F., Imanari, M., Watanabe, Y. (1981). Reduction of nitric oxide with ammonia on iron oxide-titanium oxide catalyst. *The Journal of Physical Chemistry*, *85*(12), 1710-1713. doi: 10.1021/j150612a024
- Lietti, M., Gamundi, J. C., Montero, G., Molinari, A., Bulacio, V. (2008). Efecto de dos sistemas de labranza sobre la abundancia de artrópodos que habitan en el suelo. *Ecología austral*, *18*(1), 71-87.
- Madrid, Á. N. (2000). Los espacios naturales protegidos de la Comunidad de Madrid (entre la ecología y la economía). In *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* (Vol. 2000, No. 20, pp. 465-477).
- Martin, J. P., & Haider, K. (1971). Microbial activity in relation to soil humus formation. *Soil Science*, *111*(1), 54-63.
- Matus, F. J., Hermosilla, V., Maire, C., Ortega, S. (1997). Comparación en la determinación de materia orgánica por oxidación parcial y completa en diversos suelos de la VII región. *Agricultura Técnica (Chile)*, *57*(3), 195-199.
- Masuko, K. (1994). Specialized predation on oribatid mites by two species of the ant genus Myrmecina (Hymenoptera: Formicidae). *Psyche*, *101*(3-4), 159-173. doi: 10.1155/1994/96412
- Moneo, R. (1970). El desarrollo urbano de Madrid en los años sesenta. *Cuadernos para el Dialogo*, 1940-1980.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., Vining, G. G. (2012). *Introduction to linear regression analysis* (Vol. 821). John Wiley & Sons.
- Montoya, J. M., & Meson, M. L. (1982). Intensidad y efectos de la influencia del arbolado de las dehesas sobre la fenología y composición específica del sotobosque. *Anal INIA Ser forestal*, *5*, 43-60.
- Montoya, J. M., Solé, R. V., Rodríguez, M. A. (2001). La arquitectura de la naturaleza: complejidad y fragilidad en redes ecológicas. *Revista Ecosistemas*, *10*(2).
- Monturial Rodríguez, F., & Alcalá del Olmo Bobadilla, L. (1990). *Mapa de Asociaciones de la Cominidad de Madrid*. Escala 1:200000
- Olson, B. E., & Wallander, R. T. (2002). Effects of invasive forb litter on seed germination, seedling growth and survival. *Basic and Applied Ecology*, *3*(4), 309-317. doi: 10.1078/1439-1791-00127
- Ortiz, I., Fernández, E., Martín, F., Dorronsoro, C. (2008). Estimación de propiedades físicas del suelo en gabinete y su aplicación en la identificación de horizontes edáficos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, *16*(1), 57-63.
- Osorio, L. F. (2012). Biodiversidad forestal. *Colombia Forestal*, *15*(Supl.), 31-38.
- Porta, C. J., López-Acevedo, M., Roquero de Laburu, C. (1999). *Edafología, para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Powers, R. F. (1980). Mineralizable soil nitrogen as an index of nitrogen availability to forest trees. *Soil Science Society of America Journal*, *44*(6), 1314-1320. doi: 10.2136/sssaj1980.03615995004400060037x
- Pulido, F. J. (2002). Biología reproductiva y conservación: el caso de la regeneración de bosques templados y subtropicales de robles (*Quercus* spp.). *Revista chilena de historia natural*, *75*(1), 5-15. doi: 10.4067/S0716-078X2002000100002
- Puerto, A. (1997). La dehesa. *Investigación y Ciencia: Edición Española de Scientific American*, (253), 66-66.
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, *2*(1), 21-33.
- Rivas Martínez, S., Abelló, R. P., Pineda, F. D., Bernáldez, F. G., Levassor, C. (1980). Comunidades de pastizal del monte de el Pardo (Madrid). *Studia Oecologica*, *2*, 59-90.
- Rivas Martínez, S. (1983). Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa*, *5*, 33-43.
- Rivas Martínez, S., Gandullo, J. M., Serrada, R., Allué, J. L., Montero, J. L., González, J. L. (1987). Mapa de series de vegetación de España y memoria. *Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid*.
- Robertson, G. P., & Vitousek, P. M. (1981). Nitrification potentials in primary and secondary succession. *Ecology*, *62*(2), 376-386. doi: 10.2307/1936712
- Rodà, F., Avila, A., Bonilla, D. (1990). Precipitation, throughfall, soil solution and streamwater chemistry in a holm-oak (Quercus ilex) forest. *Journal of Hydrology*, *116*(1-4), 167-183. doi: 10.1016/0022-1694(90)90121-D
- Rubey, W. W. (1933). Settling velocity of gravel, sand, and silt particles. *American Journal of Science*, (148), 325-338.
- Sandler, R. V., Falco, L. B., Di Ciocco, C., De Luca, R., Coviella, C. E. (2010). Eficiencia del embudo Berlese-Tullgren para extracción de artrópodos edáficos en suelos argiudoles típicos de la provincia de Buenos Aires. *Ciencia del suelo*, *28*(1), 1-7.
- Sastre Olmos, P., Fernández, L., Martínez Alandi, C. (2002). Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas: ejemplos de aplicación en la Comunidad de Madrid. *Ecosistemas 2002/2*.
- Schneider, K., & Maraun, M. (2009). Top-down control of soil microarthropods–evidence from a laboratory experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, *41*(1), 170-175. doi: 10.1016/j.soilbio.2008.10.013
- Segueda, A. N., Correa, G. V., Blanco, J. L., Gamino, M. D. L. R. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *Contactos*, *80*, 29-37.
- Smith, M. S., & Tiedje, J. M. (1979). Phases of denitrification following oxygen depletion in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, *11*(3), 261-267. doi: 10.1016/0038-0717(79)90071-3
- Tomé, F. J., & Rodríguez, Á. M. (2012). Monte de El Pardo: Un monte ligado a la historia. *FORESTA nº52 Especial Comunidad de Madrid*, 312-317.

- Tutin, T.G., Burges, N.A., Chater, A.O., Edmonson, J.R., Heywood, V.H., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A. (1964-1980). *Flora Europaea*. 5 vols. Cambridge.
- Valdés, B., Talavera, S., Fernandez-Galiano, E. (1987). Flora vascular de Andalucia Occidental: 3. *Barcelona: Ketres Editora 555p.-illus., maps.. ISBN 8485256662 Sp Icones, Maps, Chromosome numbers. Geog*, *1*.
- Vannier, G. (1970). Response of micro-arthropods to variations of soil-moisture conditions. Techniques for extracting arthropods from soil. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, *7*, 289-309.
- Villas, D. B., & Dalmau, C. M. (1994). Mejora del valor pastoral y medio-ambiental de zonas semiáridas degradadas mediante técnicas de revegetación, remicorrización y acolchado: I. Aplicación en suelos yesosos (Gypsic Regosol). *Lucas Mallada. Revista de Ciencias*, (6), 17-35.

LOS ANTIGUOS MAMÍFEROS QUE POBLARON SIERRA NEVADA

ELVIRA MARTÍN SUÁREZ; ANTONIO GARCÍA-ALIX DAROCA; RAEF MINWER-BARAKAT REQUENA; MATTHIJS FREUDENTHAL
elvirams@ugr.es, agalix@ugr.es, rminwer@ugr.es,mfreuden@ugr.es
Departamento de Estratigrafía y Paleontología. Universidad de Granada

RESUMEN

El macizo montañoso de Sierra Nevada, desde que emergió, ha condicionado la presencia y la distribución de los mamíferos en la región. Las características geológicas de la Sierra no son favorables para el depósito de sedimentos continentales en los que se encuentran los mamíferos fósiles. Sin embargo, en las cuencas continentales de Granada y Guadix hemos encontrado fósiles que nos revelan quiénes fueron los pobladores de otros tiempos y cómo el relieve de la Sierra ha condicionado su distribución. Los mamíferos más antiguos son del Mioceno medio, pertenecen a la familia Gliridae (los lirones) y muestran signos claros de insularidad. Durante el Mioceno final las cuencas de Granada y Guadix tuvieron condiciones ambientales muy distintas (más acusadas que en la actualidad). Al final del Pleistoceno los mamuts lanudos poblaron nuestra región.

Palabras clave: Mamíferos fósiles, Rodentia, Proboscidea, Neógeno, Cuaternario.

ABSTRACT

The Sierra Nevada mountain chain has conditioned the presence and distribution of the mammals in our region, since it emerged. Its geological characteristics are not favorable for the sedimentation of continental deposits, where we might find fossil mammals. However in the continental Basins of Granada and Guadix we have found fossils that reveal who were the settlers of other times, and how the relief of the Sierra Nevada has conditioned its distribution. The oldest mammals are of Middle Miocene age, belong to the family Gliridae (the dormice) and show features of insularity. During the Late Miocene the Basins of Granada and Guadix had very different environmental conditions (more pronounced than nowadays). By the end of the Pleistocene woolly mammoths settled in our region.

Keywords: *Fossil Mammals, Rodentia, Proboscidea, Neogene, Quaternary.*

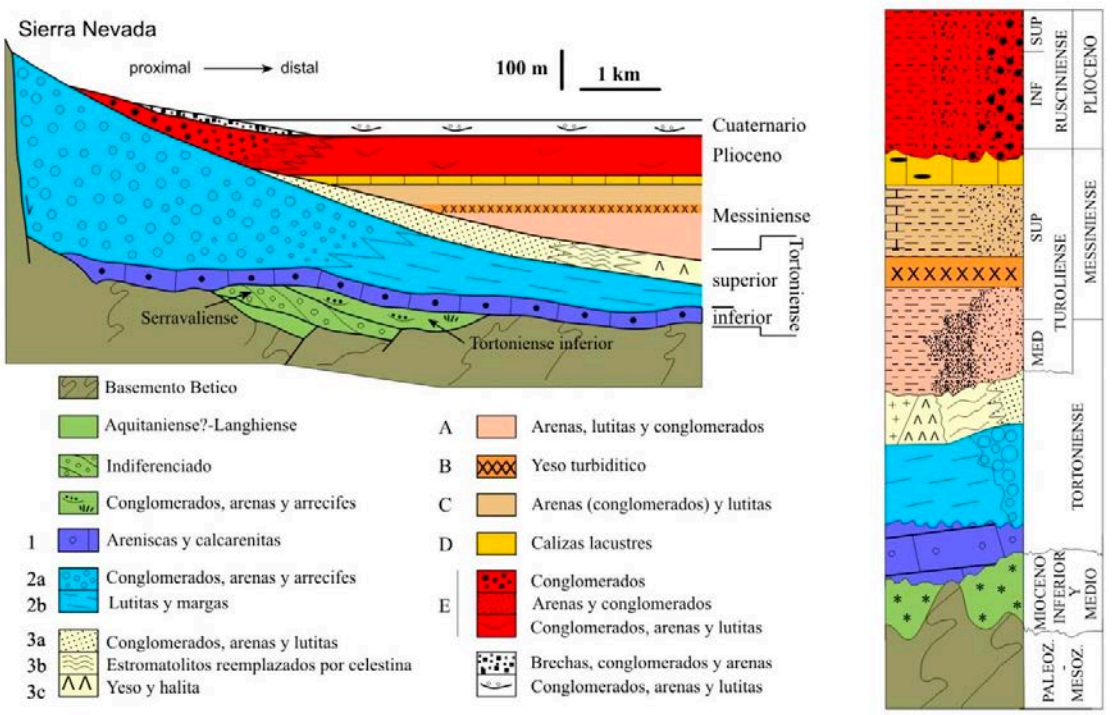
1. Introducción

Sierra Nevada está situada en el sur de la Península Ibérica y, junto con la Sierra de Los Filabres, constituye las Zonas Internas de la Cordillera Bética. Se formaron en tiempos geológicos recientes, durante el plegamiento alpino, como consecuencia de la colisión de la placa africana y de la placa ibérica (una pequeña placa ligada a la gran placa europea).
Según Martín et al. (2011) en Sierra Nevada se encuentran superpuestos varios conjuntos de materiales de procedencia dispar y con una historia geológica compleja. Las arcillas y areniscas de la Unidad Veleta se acumularon, durante el Precámbrico y el Paleozoico (hace más de 250 Ma), en una cuenca marina cuya situación original es desconocida. En otra cuenca marina, de posición también desconocida, se formaron las arcillas y areniscas, coronadas por calizas y dolomías, de la Unidad Mulhacén. Sobre estas rocas se depositaron, durante el Triásico (entre 250 y 210 Ma), las arcillas, areniscas y carbonatos del Complejo Alpujárride. La cuenca Alpujárride se localizaba en el extremo oeste del antiguo océano Tethys, al norte de la placa africana. El Tethys fue un océano que, con un trazado más o menos paralelo al Ecuador, recorría buena parte de la Tierra y en su parte occidental

separaba la placa africana de la europea. Todos estos materiales que forman Sierra Nevada se depositaron debajo del mar en distintas épocas.

Hace unos 20 millones de años, en el Mioceno, se inició el levantamiento de Sierra Nevada. Durante el Mioceno medio fue una isla. Más tarde se fusionó con otros relieves y se formaron varias cuencas intramontañosas, entre ellas las de Granada y Guadix-Baza.

FIGURA 1
Esquema estratigráfico de la cuenca de Granada.
Modificado de Braga et al., 2003 y Martín et al., 1984.



Las depresiones o cuencas intramontañosas tienen una historia geológica bastante parecida. Inicialmente estaban ocupadas por el mar, más tarde emergieron y se retiró el mar. En ellas se acumularon grandes espesores de materiales procedentes de la erosión de Sierra Nevada (y otros relieves circundantes) que se depositaron en ambientes continentales relacionados con ríos, lagos, lagunas, etc.

Los materiales que forman Sierra Nevada están muy metamorfizados y no contienen fósiles. Pero desde que emergió este macizo montañoso ha condicionado la evolución de las cuencas de Granada y Guadix-Baza en las que hemos encontrado abundantes restos de los mamíferos fósiles que poblaron nuestra región.

2. Los mamíferos insulares del Mioceno medio.

Los mamíferos más antiguos que hemos encontrado en las depresiones situadas al norte de Sierra Nevada son del Mioceno medio. Han aparecido en un yacimiento próximo al pueblo de Murchas y en otro yacimiento cercano a La Peza.

En el caso del yacimiento de Murchas, se trata de dos especies de Gliridae que muestran varias características llamativas (Martín Suárez et al., 1993). En primer lugar destaca que tienen un diseño dental muy complicado por la presencia de crestas accesorias. También tienen un tamaño mayor que otras especies de Gliridae de la misma edad. Se trata, además,

de una asociación fósil muy pobre, que está compuesta sólo por esas dos especies de Gliridae y nada más.

Nuestra interpretación es que se trata de especies endémicas que vivían aisladas en la isla que era la actual Sierra Nevada. Esta interpretación concuerda con el esquema paleogeográfico propuesto por diversos autores para nuestra región, durante el Mioceno medio.

FIGURA 2
Paleogeografía de Sierra Nevada durante el Mioceno medio.
Tomada de Martín et al., 2011.

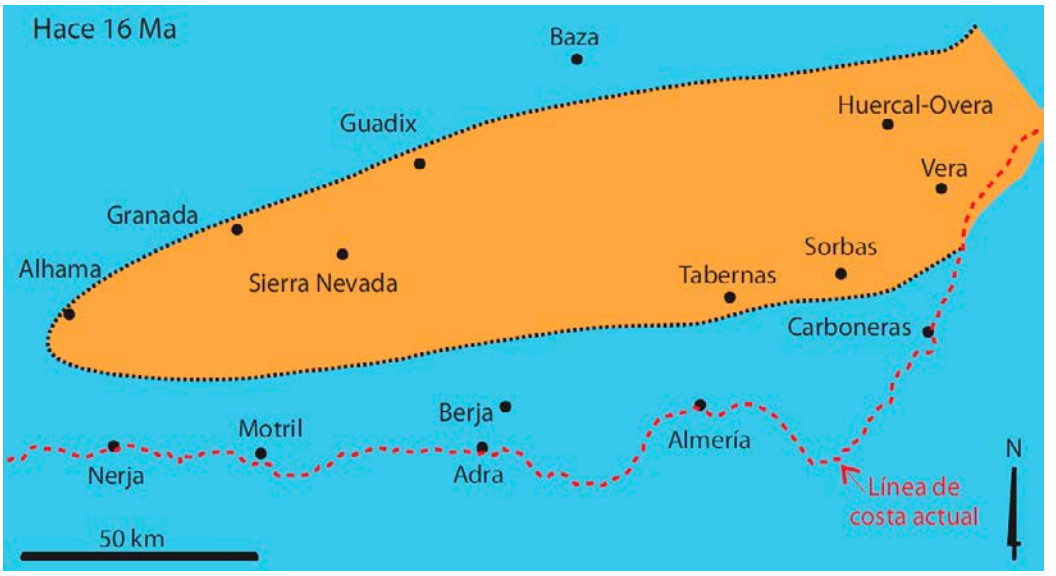
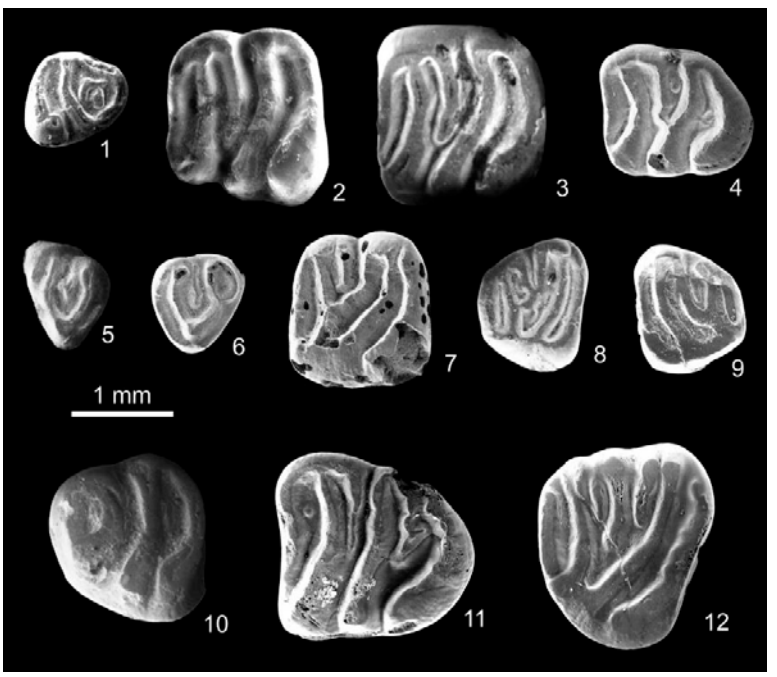


FIGURA 3
Dientes fósiles de los Gliridae insulares del yacimiento del Mioceno medio de Murchas. 1-9: *Pseudodryomys granatensis*. 10-12: Myomiminae indet.

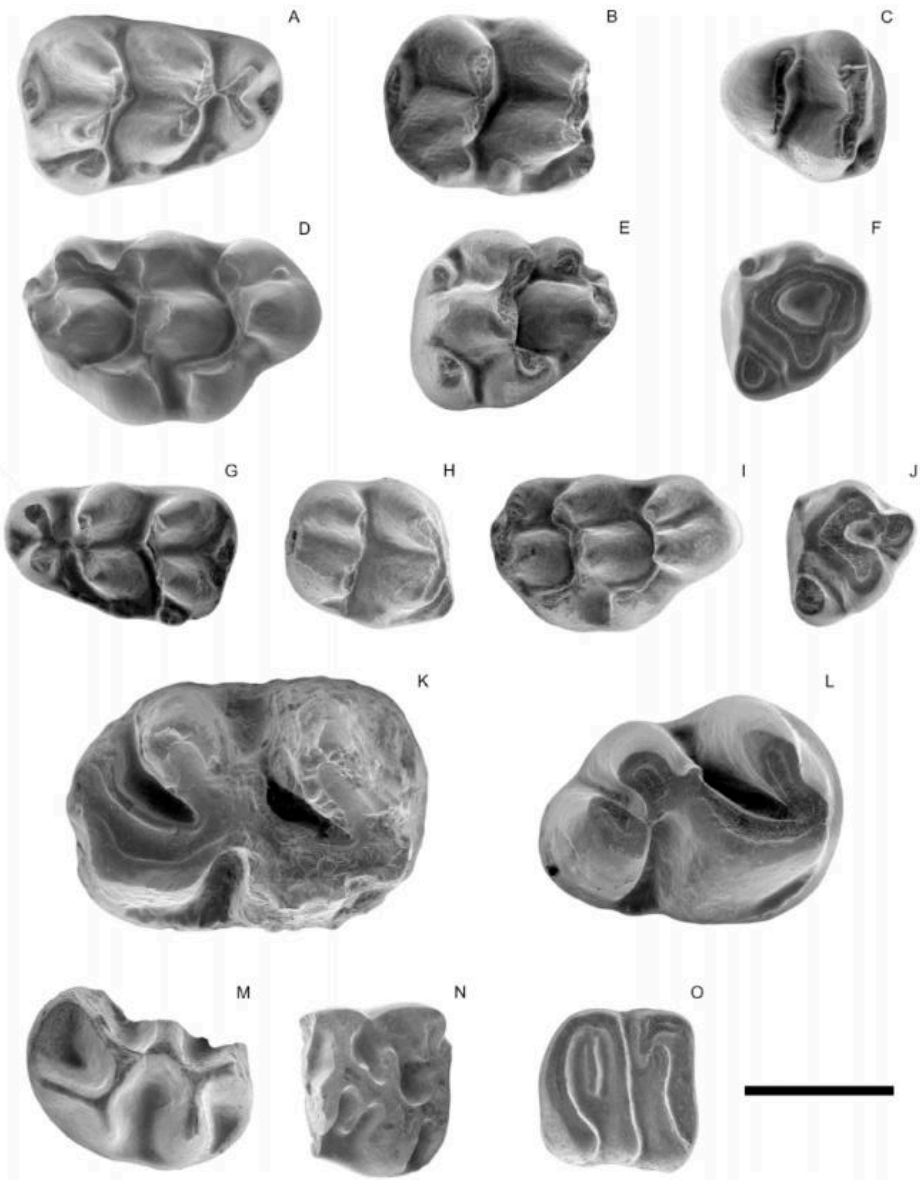


3. La conexión con el continente

En el extremo más oriental de la cuenca de Guadix-Baza, en el yacimiento de Cortijo de la Piedra, hemos encontrado micromamíferos fósiles de hace aproximadamente nueve millones de años (Martín Suárez et al., 2012). Estos animales podían vivir allí porque esa zona ya estaba emergida. Pero además estos fósiles son iguales que los del resto de la Península Ibérica y no muestran signos de insularidad.

La gran isla que formaban Sierra Nevada y Sierra de los Filabres deja de serlo porque se conecta con la Península Ibérica cuando emerge el brazo de mar que tenían al norte y aparecen las cuencas continentales.

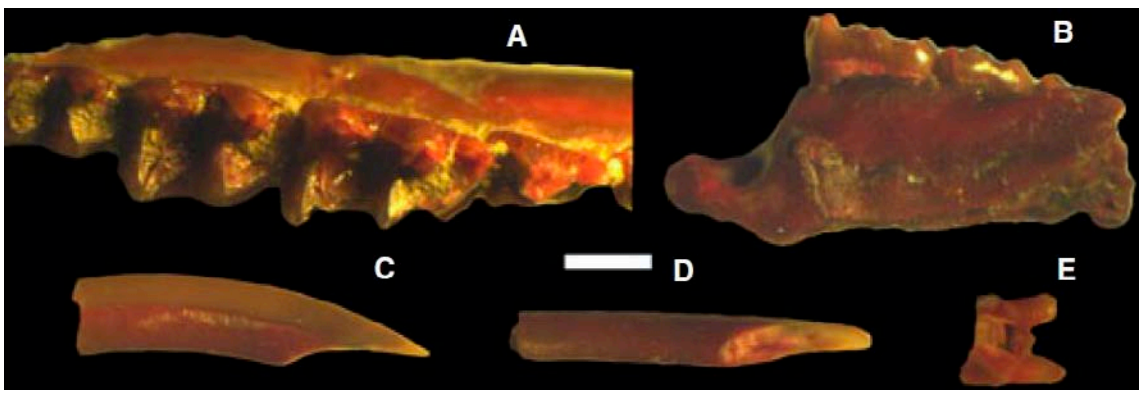
FIGURA 4
Dientes de roedores fósiles del Tortoniense inicial de Cortijo de la Piedra. La escala es 1mm. Las especies representadas son *Huerzelerimys minor*, *Occitanomys hispanicus*, *Hispanomys* aff. p*eralensis*, *Rotundomys bressanus*, Cricetinae indet. y *Eliomys* cf. *truci*.



4. Los fósiles rojos del Mioceno superior

Los yacimientos continentales más antiguos de la cuenca de Granada se sitúan en depósitos del Tortoniense final y Mioceno inicial. En un yacimiento cercano al pueblo de Otura los fósiles tienen un color rojo muy acusado. Sucede también en otros yacimientos cercanos a Jun y Víznar, pero el fenómeno es menos intenso (Freudenthal et al., 1993; García-Alix et al., 2013).

FIGURA 5
Fósiles de color rojo del yacimiento de Otura-1. La escala es 1mm.
A: mandíbula derecha de *Parasorex ibericus*.
B: mandíbula izquierda de *Occitanomys adroveri*.
C-D: incisivo inferior de roedor en normas lateral y oclusal.
E: molar de *Occitanomys alcalai* en vista lateral.



Los fósiles se han analizado con un microscopio electrónico de barrido equipado con detectores especiales para determinar su composición química y mineralógica.

Los análisis realizados a los restos de micromamíferos fósiles han puesto de manifiesto que el color rojo intenso se debe a la presencia de cinabrio (HgS) que rellena las oquedades y los poros de los huesos y los dientes fósiles. El cinabrio rellena huecos que durante la vida del animal estaban ocupados por materia orgánica. El enriquecimiento en mercurio debió producirse tras la muerte del animal, durante la diagénesis temprana y en ambientes lacustres o palustres.

La presencia de mercurio en los fósiles sólo se puede explicar por la proximidad a Sierra Nevada. Se tienen datos de mineralizaciones de mercurio relativamente importantes en materiales de los Complejos Alpujárride y Nevado-Filábride. En algunos sitios se han explotado como yacimientos minerales hasta principios del siglo XX. En concreto en los pueblos de Dílar y Monachil (Arana, 1973). La erosión de estos materiales pudo liberar mercurio que sería transportado hacia los ambientes fluviales y lacustres algo más alejados del borde de Sierra Nevada.

5. Los ambientes diferentes de las cuencas de Granada y Guadix.

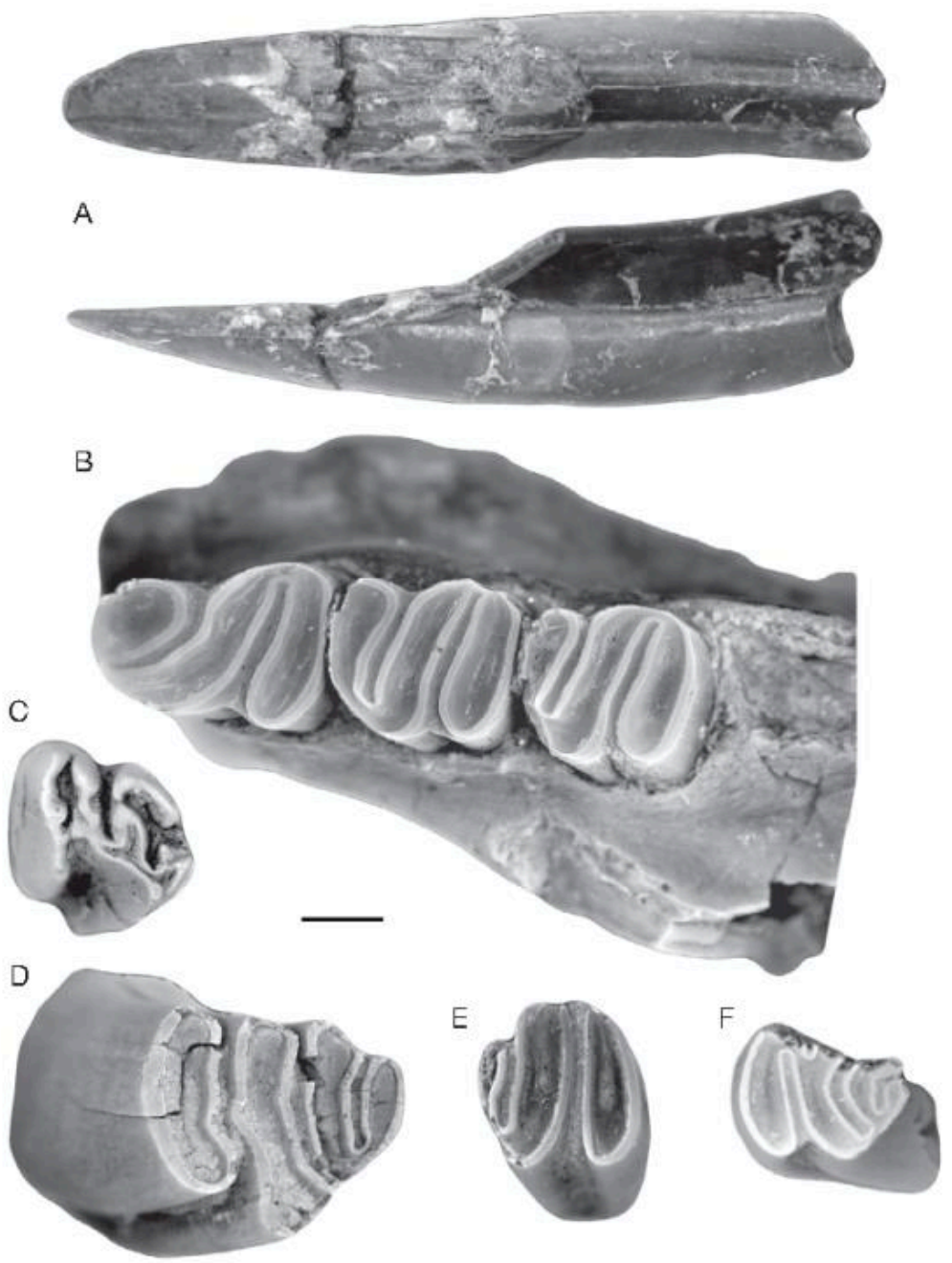
El relieve de Sierra Nevada facilita la penetración de los vientos húmedos procedentes del Atlántico y, por tanto, la pluviosidad. Las cuencas occidentales son más húmedas que las orientales: en la depresión de Granada la pluviosidad es mayor (hasta 100 mm anuales más) que en la depresión de Guadix. Esta diferencia parece haber existido también en otras épocas.

Durante el Messiniense, al final del Mioceno, hay yacimientos en las cuencas de Granada y Guadix-Baza que tienen varias especies de micromamíferos en común; esto nos permite hacer una buena correlación bioestratigráfica y podemos considerar que eran

contemporáneos. Pero además de estas especies comunes, tienen otras especies distintas. Y estas especies distintas tienen unos requerimientos ecológicos netamente diferentes.

En yacimientos de la depresión de Granada, cercanos a los pueblos de Arenas del Rey, Calicasas y Pulianas, hemos encontrado los castores más meridionales de Europa y los únicos conocidos en el sur de España (García-Alix et al., 2007). Los castores son animales acuáticos y para vivir necesitan cursos de aguas abundantes y estables.

FIGURA 6
Dientes de *Dipoides problematicus*, castores fósiles de los yacimientos del Messiniense de la depresión de Granada. La escala es 1mm.



En la cuenca de Guadix, en un yacimiento con la misma edad que los anteriores, muy cercano a la presa del Negratín hemos encontrado restos fósiles de roedores de origen africano. Estos animales pudieron venir fácilmente desde el norte de África ya que durante el Messiniense se

secó una gran parte del mar Mediterráneo. Los requerimientos ecológicos de estos animales africanos corresponden a ambientes extremadamente secos (Minwer-Barakat et al., 2009).

FIGURA 7
Roedores fósiles del yacimiento de Negratín-1. La escala es 1mm.
Fila superior: varios molares de *Myocricetodon jaegeri*.
Fila inferior: varios molares de *Debruijnimys almenarensis*.

La diferencia que observamos actualmente en las condiciones ecológicas entre las cuencas de Granada y Guadix-Baza, existió en el pasado. Y durante el Messiniense fue mucho más acusada que en la actualidad. Ya que encontramos roedores africanos en Guadix-Baza y castores en niveles contemporáneos de la cuenca de Granada.

La posición de Sierra Nevada, como indicábamos, favorece la entrada de vientos húmedos desde el Atlántico y establece un gradiente de humedad desde las zonas occidentales más húmedas hasta las orientales más secas. Las zonas más orientales del surco intrabético, en la actualidad, también tienen influencias del Mediterráneo en relación con el régimen de lluvias. Pero durante el Messiniense el Mediterráneo estuvo seco. La combinación de estos dos factores puede contribuir a explicar que las diferencias ecológicas entre las cuencas de Granada y Guadix-Baza fueran mucho mayores en el pasado que en la actualidad.

6. El Cuaternario húmedo

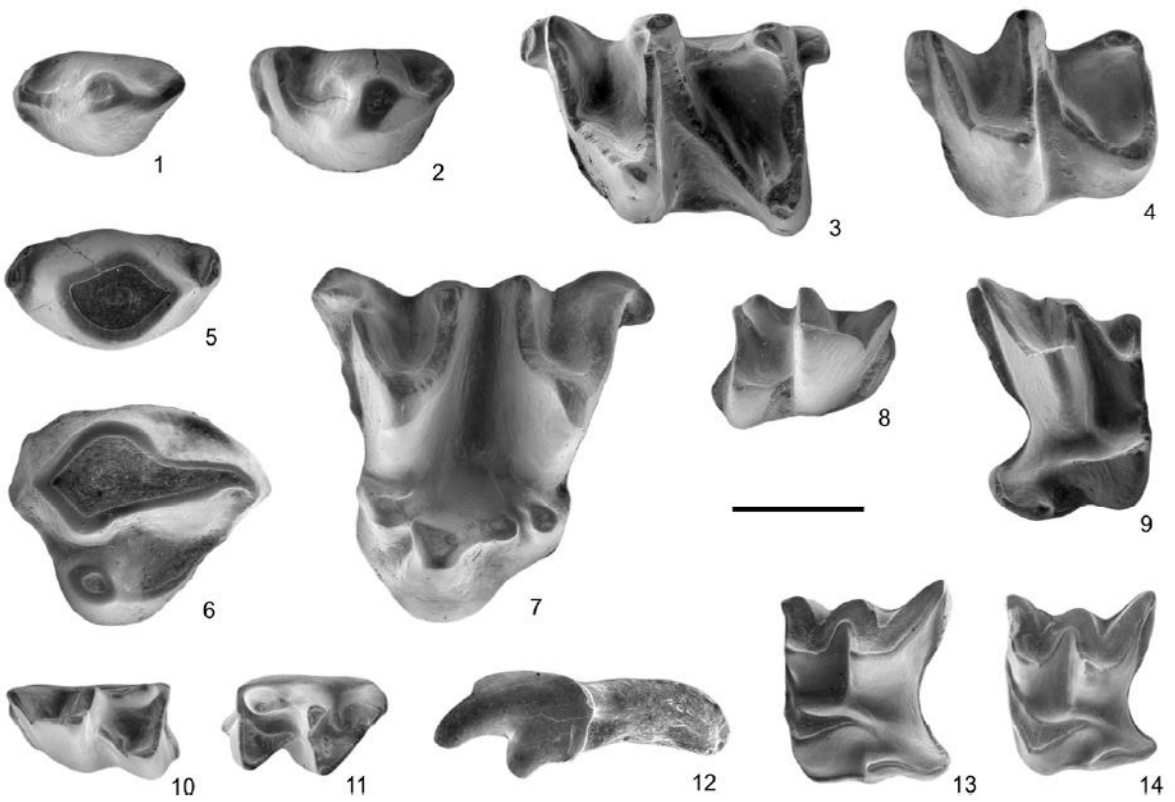
Durante el Cuaternario antiguo vivían en nuestra región unos insectívoros muy peculiares, los desmanes del Pirineo, *Galemys pyrenaicus*. Los hemos encontrado en yacimientos de las cuencas de Granada y Guadix-Baza (García-Alix et al., 2009; Martín Suárez, 1988).

Nuestros *Galemys pyrenaicus* fósiles son muy parecidos a los que hay actualmente en el norte de la Península Ibérica. Estos animales son nadadores y viven en cursos estables de aguas agitadas y en zonas relativamente elevadas. Gracias al relieve de Sierra Nevada, las condiciones pudieron ser las adecuadas para que *Galemys pyrenaicus* viviera en estas latitudes. No se conocen otros fósiles en la Península Ibérica hasta el Pleistoceno final del yacimiento de Atapuerca (Cuenca et al., 1999).

7. Los últimos lanudos.

Al final del Pleistoceno, durante la última glaciación, vivieron en nuestra región los mamuts lanudos, *Mammuthus primigenius*. Los hemos encontrado en la turbera de El Padul y proceden de dos niveles superpuestos, con 30.000 y 40.000 años de antigüedad. Son los mamuts más meridionales de Europa.

FIGURA 8
Dientes de *Galemys pyrenaicus* (1-7) y otros insectívoros (Eulipotyphla) de yacimientos del Cuaternario de la cuenca de Granada. Escala = 1mm.



Los análisis isotópicos realizados a estos fósiles (García Alix et al., 2012) han revelado que durante la última glaciación en nuestra región hacía mucho frío, pero no tanto como en el norte y el centro de Europa. Los mamuts no estaban normalmente en la zona de El Padul, sino que vivían en una estepa muy seca, posiblemente situada bastante al oeste de la turbera.

Es posible que en condiciones de sequía extrema los mamuts se acercaran a la zona más húmeda de El Padul. Y aquí los hemos encontrado porque se dieron las mejores condiciones para su conservación.

8. Conclusiones

El levantamiento de Sierra Nevada transformó en tierras emergidas unas zonas que, hasta entonces, habían sido marinas. Hace unos quince millones de años fue una gran isla que estuvo poblada por lo que hemos llamado los mamíferos insulares del Mioceno medio. Posteriormente, hace unos nueve millones de años, la isla se conecta con el continente y encontramos los mismos mamíferos que en el resto de la Península Ibérica. Algunos minerales propios de Sierra Nevada han rellenado huecos de dientes y huesos de los mamíferos de otros tiempos. Cuando se secó el Mediterráneo (hace seis millones de años) los ambientes de las cuencas de Granada y Guadix eran completamente distintos: la cuenca de Granada era muy húmeda y en ella encontramos los únicos castores que han poblado el sur de España. Por el contrario, en la cuenca de Guadix-Baza, encontramos ambientes desérticos, con roedores típicos de los ambientes extremadamente secos. Durante el Cuaternario, el relieve de Sierra Nevada propició que nuestra región albergara animales propios de arroyos de media y alta montaña. El mamut lanudo ha sido el último protagonista de esta historia de faunas frías relacionadas con Sierra Nevada.

FIGURA 9
Mandíbulas de *Mammuthus primigenius* de la turbera de El Padul.
Museo del Departamento de Estratigrafía y Paleontología.
Universidad de Granada

Hemos querido aprovechar la oportunidad que nos brinda este Congreso CIMAS para dar a conocer algunos de los mamíferos que pulularon por nuestra región en tiempos pretéritos y la información que se puede obtener de ellos. Hemos intentado utilizar un lenguaje sencillo, pero absolutamente riguroso y hemos evitado usar la jerga de los trabajos científicos.

Referencias bibliográficas

- Arana Castillo, R. (1973). *Investigaciones mineralógicas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas, España)*. Tesis Universidad de Granada. 640 pag.
- Braga, J.C., Martín, J.M., Quesada, C. (2003). Patterns and average rates of late Neogene-Recent uplift of the Betic Cordillera, SE Spain. *Geomorphology* 50, 3–26.
- Cuenca Bescós, G., Laplana, C. & Canudo, J.I. (1999). Biochronological implications of the Arvicolidae (Rodentia, Mammalia) from the Lower Pleistocene hominid-bearing level of Trinchera Dolina 6 (Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution* 37, 353–373.
- Freudenthal, M., García Ruiz, J.M., Martín Suárez, E., Morales, J. & Peña, J.A. (1993). On the presence of mercury in fossil micromammals remains. *First European Palaeontological Congress*. Lyon, 1993.
- García-Alix A., Minwer-Barakat R., Martín Suárez E. & Freudenthal M. (2007). The southernmost record of fossil Castoridae (Rodentia, Mammalia) in Europe. *Geodiversitas* 29, 435–440.
- García-Alix A., Minwer-Barakat R., Martín Suárez E. & Freudenthal M. (2009b). Small mammals from the early Pleistocene of the Granada Basin, southern Spain. *Quaternary Research* 72, 265–274.
- García-Alix A., Delgado Huertas A. & Martín Suárez E. (2012). Unravelling the Late Pleistocene habitat of the southernmost woolly mammoths in Europe. *Quaternary Science Reviews*, 32: 75-85.
- García-Alix, A., Minwer-Barakat, R., Martín Suárez, E., Freudenthal, M. & Delgado Huertas, A. (2013). Cinnabar mineralization in fossil small mammal remains as a consequence of diagenetic processes. *Lethaia*, 46: 1-6.
- García-Alix A., Minwer-Barakat R., Martín Suárez E., Freudenthal M., Aguirre J & Kaya F. (2016). Updating the Europe–Africa small mammal exchange during the late Messinian. *Journal of Biogeography*, 43: 1336–1348.

- Martín J. M., Ortega-Huertas M. & Torres-Ruiz J. (1984). Genesis and evolution of strontium deposits of the Granada basin (Southeastern Spain): Evidence of diagenetic replacement of a stromatolite belt. *Sedimentary Geology 39*, 281-298.
- Martín Martín, J., Braga Alarcón, J.C. & Gómez Pugnaire, M.T. (2011). *Itinerarios geológicos por Sierra Nevada*. Granada. Consejería de Medio Ambiente.
- Martín Suárez E. (1988). Sucesiones de micromamíferos en la depresión de Guadix-Baza. Tesis Universidad de Granada.
- Martín Suárez, E., Freudenthal, M. & Agustí, J. (1993). Micromammals from the Middle Miocene of the Granada Basin (Spain). *Geobios* 26, 3: 877-887.
- Martín Suárez, E., García-Alix, A., Minwer-Barakat, R., Agustí, J. & Freudenthal, M. (2012). Filling the gap: First evidence of Early Tortonian continental deposits in southern Iberia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 32, 6: 1421-1428.
- Minwer-Barakat R., García-Alix A., Agustí J., Martín Suárez E. & Freudenthal, M. (2009). The micromammal fauna from Negratín-1 (Guadix Basin, Southern Spain): new evidence of African-Iberian mammal exchanges during the Late Miocene. *Journal of Paleontology*, 83, 854–879.

ESTADO DE LAS POBLACIONES DE CHOVA PIQUIRROJA (*P. PHYRROCORAX*) EN EL PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA Y ÁREAS PERIFÉRICAS. DIAGNOSTICO PRELIMINAR, ANÁLISIS COMPARATIVO TEMPORAL Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN.

JESÚS M. ZÚÑIGA
jmartinz@ugr.es
Centro de Instrumentación Científica. Universidad de Granada

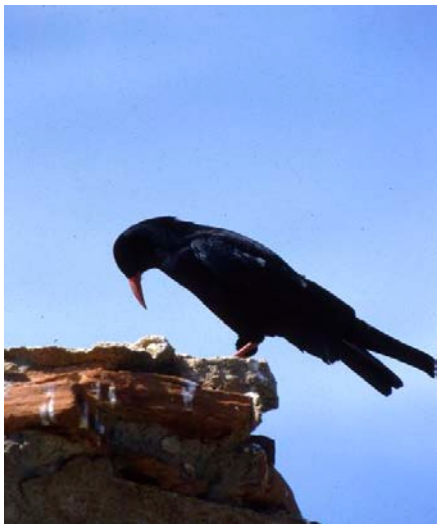


Imagen cedida por cortesia de E. Poyatos

"Siempre me ha dado la impresión de que las chovas piquirrojas,
más que volar, nadan por el aire".
F. Sánchez Aguado.
Paseo por la fauna de Segovia, 1999.

RESUMEN

Se hace un análisis preliminar y comparativo del tamaño de las poblaciones de chova piquirroja en Sierra Nevada, y zonas periféricas en un perimetro entre 60-30 km, en especial para la Depresión de Guadix. Se proponen una seria de actuaciones a medio y largo plazo, junto con posibles lineas de investigación para garantizar su conservación.

Palabras clave: chova piquirroja, censos, estado poblaciones, reducción, diagnostico

ABSTRACT

A preliminary and comparative analysis is made of the size of the populations of chough in Sierra Nevada, and peripheral areas in a perimeter between 60-30 linear km, especially the Depression of Guadix. A series of actions are proposed in the medium and long term, together with possible lines of research to guarantee their conservation.

Keywords: *chough, census, status population, decline, diagnostic.*

1. Introducción

Por su color negro intenso, el color rojo de su pico y patas, sus estridentes reclamos y sus vuelos acrobáticos, la chova piquirroja, es una de las aves más emblemáticas del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada (SN). Igualmente, la especial configuración de su pico, con explotación de recursos tróficos muy concretos, unidos a su marcado sedentarismo, tanto en la formación de colonias como en los lugares de nidificación, hacen que esta especie sea especialmente proclive a factores antrópicos, biótico y/o abióticos que supongan una

alteración de los ecosistemas que ocupa. De hecho, está considerada como bioindicador (*flagship specie*) del estado de conservación de áreas alpinas y subalpinas dedicadas al pastoralismo tradicional. Igualmente se considera un indicador del estado de conservación de pastizales y agroecosistemas tradicionales, de los que depende para su alimentación. Está incluida en la lista de Cites de la UE y clasificada como, *en seria regresión numérica,* en buena parte de su distribución Europea, en especial en las Isla Británicas, la Bretaña y altiplanicies de Italia (Alpes y Apeninos). En zonas concretas de la Península Ibérica, la subespecie peninsular (*eritrhoramphus*) se considera casi amenazada (NT) y la subespecie insular, *barbarus*, en peligro de extinción (EN). Ha existido una alta concienciación en garantizar el mantenimiento de las poblaciones de este córvido, con la realización de cuatro *workshops* a nivel europeo sobre su estado y conservación, celebrados en 1989, 2007, 2010 y 2013.

El objetivo de esta comunicación, es realizar un diagnóstico preliminar del estado de las poblaciones de chova piquirroja, para plantear y sugerir una serie de actuaciones de índole práctico que puedan garantizar la estabilidad y mantenimiento de su densidad e incluso la recuperación de los tamaños de poblaciones pasadas.

2. Material y métodos

Durante 2016-2017 se realizaron censos de las poblaciones de chova en Sierra Nevada (SN) y de la zona perimetral de mayor ocupación de la especie, bajo la denominación de la Depresión de Guadix (DG). Se contabiliza el número de aves en dormideros estables, como indicador más válido de los tamaños de población de una zona. Se hacen muestreos mensuales por dormidero, dentro el periodo pre-reproductor (diciembre a febrero) y post-reproductor (julio a noviembre). Se diferencias tres tipos de dormideros según la tipología y número de aves que los ocupan: (i) *Macro-dormideros*: agrupan a un elevado número de aves en enclaves tipo grandes cuevas, grietas, chimeneas naturales o simas. (ii) *Individual:* la parejas o grupos familiares post-reproducción se distribuyen de manera individual, en agujeros, rajas o cornisas, en espacios amplios tipo taludes, tajos, acantilados, apriscos-cortijos abandonados, etc, que pueden coincidir con el territorio de nidificación posterior (Zúñiga, datos inéditos). (iii) *Mixto*: coexisten los dos tipos de agrupaciones en un radio inferior a uno o dos kilómetros. A efectos de computo se consideran todas las aves del extra-radio del dormidero, como incluidas en el dormidero en sí.

Igualmente se hacen transectos, con puntos de control estables en una zona de alimentación (llanos del Temple), en las proximidades de La Malahá (750 msnm), que afecta a las poblaciones de chova de la vertiente noroccidental de SN. Dichos desplazamientos (en vehículo) eran siempre los mismos en la zona de estudio. El objetivo es la localización del mayor nº de bandos posibles proveniente de SN.

La toma de datos se hizo mediante el método de "observación directa de conducta espontánea" (Altman, 1973, revisado por Rabinowitz, 2003). Las observaciones y registros se hacen tomando en cuenta la distancia mínima de aproximación de un depredador potencial, para evitar reacciones de alarma y huida de los bandos observados. Se hacen con binocular (10x50) y catalejo (10x60). Se hacen al menos cuatro recuentos por bando, dando por válido final, el dato del mayor nº de aves. Los recuentos se hacen o bien al amanecer (salida de las aves) o al atardecer (llegada) permaneciendo en puesto de observación fijo, unos 30´antes, del inicio de la salida/llegada. En el periodo 2016-17, para facilitar el computo se hicieron fotos (cámara 20-1200 mm) y ocasionalmente grabaciones en vídeo de la concentración máxima de aves posadas antes de entrar y/o salir del dormidero.

Estos datos, del tamaño de las poblaciones en el periodo del 2016-2017, se comparan con los obtenidos en el periodo 1980-1984 (Zúñiga et al, 1982 y Zúñiga, 1988). En este periodo se hace un estudio sobre la conducta y cohesión social, a partir del tipo y tamaño de bandos. Se contabilizan un total de 4.784 bandos (grupo de aves que realizan una actividad concreta en un periodo de tiempo ≥ de 3´) divididos en 9 tipos según actividad y en tres fases del año (pre-

reproductora, reproductora y post-reproductora), incluido los datos de bandos en dormideros de los 3 tipos descritos (Ruiz Torres, 1985). Otro informe utilizado como fuente de comparación es el aportado por CMAOT (2010), con censos realizados en el año 2008 en el Parque Natural y Nacional, incluyendo 105 registros de la especie.

3. Resultados

En la **Fig .1.** se indica la ubicación aproximada de los dormideros censados en SN. Esta imagen es complementaria a la aportada en CMAOT (2008) con 5 dormideros localizados en la vertiente noroccidental del macizo de SN (ver **Fig. .2**.) de los cuales aportan datos numéricos de 4 de ellos entre febrero y junio. En nuestro caso censamos dos dormideros más, que no aparecen en el informe del 2008.

En la **Tab .1.** se recogen los datos del nº de aves de los dormideros censados en los periodos (1980-84, 2008 y 2016-2017), en SN. Coinciden con los censados por CMAOT (2010), salvo los DOR3 y DOR6, no censados en 1980-84 y los DOR-2 y DOR-4, de los cuales el informe CMAOT no aporta información. Los datos de 2008 hay que considerarlos con cautela, dado el bajo número de muestreos, en especial el dato incompleto del dormidero de Cerro Minero, con valores muy subestimados (n= 3, 90 $\pm$ 52.8, máx.= 150), que no se incluye en los datos de la Tab .1. para SN y si en la Tab .2. para la DG (ver Tab .2.).

En los llanos del Temple (ver **Fig. 3.)** en 1980-84 se detectan bandos tróficos de 375-425 aves (n= 35, 402.3 $\pm$19.7), que posiblemente provenían de los dormideros DOR-2 a DOR-6, muy similar al nº de aves contabilizadas en los diferentes dormideros (sobre 350 a 380). Comparativamente, para 2016-17 también se observan entre 125-130 aves (n=15, 139.4 $\pm$ 9.4), lo que supone una reducción del 65.4%. Este grupo de aves, debe ser la mayoría de la población de los sectores (i) Cabecera del Genil y (ii) Valle de Lecrín de SN. En el 2008 no se dispone de información en esta zona trófica.

Tabla .1.

Censos comparados en dormideros de SN (Sectores Cuenca del Genil y Valle de Lecrín), entre 3 periodos temporales de muestreo. Se indican el nº de censos/dormidero (N), nº de aves ($\overline{X} \pm \sigma$), valor máximo de aves contabilizadas en cada censo y variación-reducción interanual expresada en % respecto al máximo. *Redu-1* respecto aves 1980-84 y 2016-2017; *Redu-2* respecto aves 2008 y 2016-2017. *Por razones de seguridad no se aportan las coordenadas ni la denominación geográfica exacta de los dormideros. * Datos cedidos por equipo redactor del informe* CMAOT (2010).

DORM	CLAVE	aves 1980-84			aves;2008 *			aves-2016-17			reducciones	
		N	X + SD	máx	N	X + SD	máx.	N	X $\pm$ SD	máx.	% Redu-1	% Redu-2
DOR-1	**MAQ**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DOR-2	EQUE	8	36.3$\pm$ 1.2	38	-	ND	ND	6	14.8+ 1.2	16	-57.9	
DOR-3	LP-GS	5	98$\pm$ 6.2	110	1	65	65	3	45.6+1.0	47	-	-27.7
DOR-4	LCH	7	60.3 $\pm$2.7	65	3	ND	ND	4	14+1.1	15	-76.9	-
DOR-5	BMA-N	8	120.1 + 2.3	124	2	44.5$\pm$8.4	50	4	23.5+1.3	45	-62.5	-10
DOR-6	PIN	-	42$\pm$ 2.8	45	**3**	26.3$\pm$1.15	27	4		25	-	-7.4
				380			**142**			**123**	**-32.4 ?**	-13.4

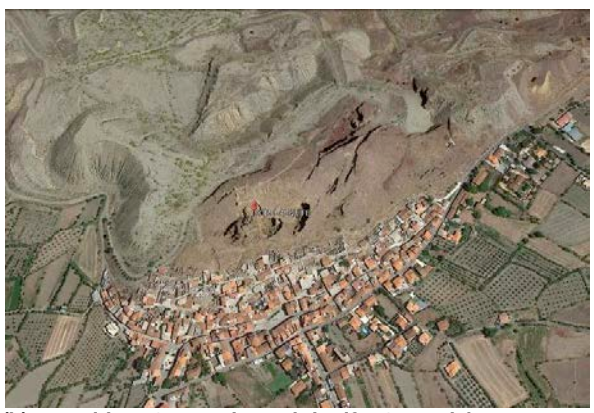
En la **Tab. .2.,** se aporta los datos para los dormidores de la DG. Se incluye el DOR-1 del sector de SN "Marquesado del Zenete". De este el informe CMAOT (2012) aporta alguna información parcial – *ver discusión*-. Los censos de 1980-84 se agrupan dado que no se observan variaciones apreciables en el tamaño de las poblaciones censadas en este periodo (Zúñiga, datos inéditos). El mismo criterio se aplica para 2016 (censos en periodos postreproductor) y 2017 (ambos periodos, pre y post-reproductor).

Tabla .2.
Censos comparados entre 2 periodos temporales (1980-84 *vs* 2016-17) de muestreos en dormideros de la Depresión de Guadix, (superficie aprox. 125-150 Km^2). Se indican: nº de censos/dormidero (N), nº de aves ($\overline{X} \pm \sigma$), valor máximo de individuos/censo y variación interanual expresada en % respecto al valor máximo. *Por razones de seguridad no se aportan las coordenadas ni la denominación geográfica exacta de los dormideros*.

DORM.	CLAVE	Aves 1980-84			Aves 2016-17			
		N	X + SD	máx.	N	X + SD	máx.	% Redu
DOR-1	TD	6	224,5 ± 9.3	230	4	89.3 ± 2.08	89	-61.3
DOR-2	RM	12	70 ± 2.5	72	6	15.4 ± 3.1	16	-77.8
DOR-3	RA	12	224,5 ± 10	253	6	34.7 ±1.21	36	-85.8
DOR-4	RZ	14	96.4 ±5.1	102	6	26.48 ±1.8	28	-72.5
DOR-5	RG	12	104.8 ±7	114	5	10.82 ± 0.83	12	-89.1
DOR-6	CLAH	6	6 ±1.5	8	6	28 ±1.8	30	**+73.3**
DOR-7	RF-Z	14	153 ± 3.6	156	5	45 ± 2.6	46	-70.5
DOR-8	RA-CF	12	70 ± 2.4	73	5	12 ±1.3	12	-83.6
DOR-9	MAQ-CM	12	449 ± 12.2	465	7	349.3 ±6.5	357	-22.4
				1473			**603**	59.06%

FIGURA 1.
(a) Ubicación de los dormideros censados en Sierra Nevada. (b) El ubicado en Cerro Minero – DOR1-, se considera perteneciente a la DG a efectos de cómputo comparado del nº de aves (ver resultados y discusión).

(a) Fuente *google earth*, ortofotos-imagen satélite 2010



(b) *Dormidero Cerro Minero (Alquife, Granada)*

4. Discusión

Los análisis temporales de poblaciones de especies concretas, son una herramienta indispensable para evaluar las posibles modificaciones asociadas a fenómenos estocásticos o no. Para SN se han elaborado estudios temporales comparados, que vienen a aclarar el efecto de las modificaciones antrópicas y climatológicas de los últimos 30 años (Zamora y Barea, 2015; Ménendez et al, 2014; González-Megias et al 2015). En el caso de chova piquirroja, a nivel europeo disponemos de una amplia información desde 1988, gracias a la organización periódica de talleres sobre el estado de sus poblaciones y el conocimiento integral de la especie (*Proceedings International Workshop on the Conservation of the Chough* 1989, 2007, 2010 y 2013). En este sentido este estudio preliminar comparado de censos de poblaciones, en un espacio temporal de unos 30-35 años, pone de manifiesto una importante variación cuantitativa de sus poblaciones, tanto en el ámbito del SN como en las zonas limítrofes censadas.

FIGURA 2.
Distribución y tamaño de los dormideros de chova en SN (CMAOT, 2010). Aportan información cuantitativa, en solo 4 de ellos (ver Tab. .1.). En *Programa de seguimiento de los efectos del cambio global en el Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada. Informe final. Fauna*. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). *Imagen cedida, cortesía del equipo redactor.*

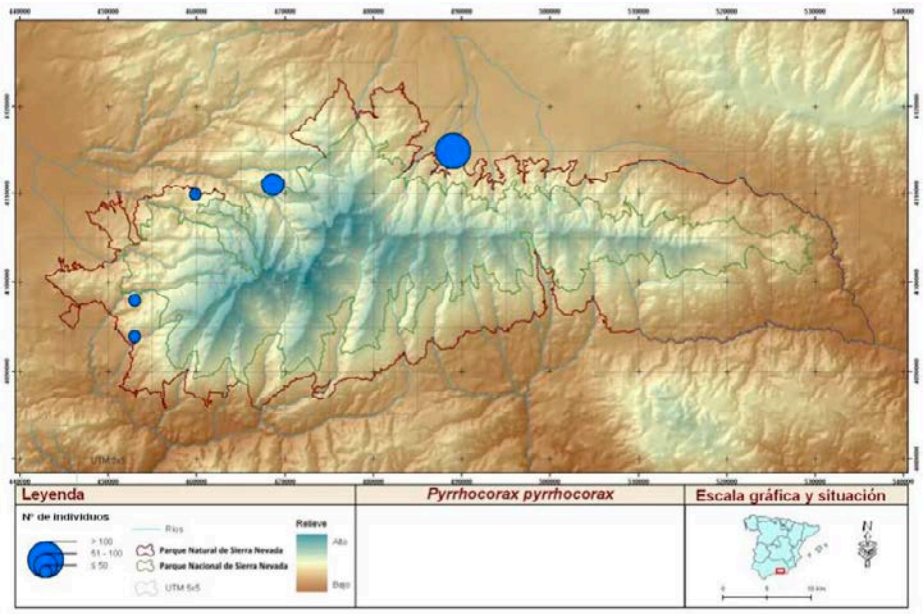


FIGURA 3.
Zona trófica de desplazamiento trashumante altitudinal de las poblaciones de los sectores de la Cabecera del Genil y Valle de Lecrín. Estos desplazamientos no parecen afectar a las poblaciones situadas en la vertiente del Sector Marquesado del Zenete-Cabecera Rio Alhama. Fuente *google earth*, ortofotos-imagen satélite 2010.

¿En qué situación se encuentra la especie?

Europa. Su distribución es amplia pero fragmentada en la mayor parte de su área (Tucker y Heath, 1994). Se localiza en el Paleártico, en Escocia, Irlanda, Bretaña, Macizo central francés, Apeninos, España, Cerdeña, Sicilia y Creta. Muy escasa en los Alpes. La población europea se estima en 16.000-72.000 pp. (*Bird Life International/EBCC*, 2015). Por ejemplo, en Irlanda entre 1992-1993 y 2002-2003 se aprecian reducciones del 7-12% (Norris, 2007) y han sido referenciadas disminuciones de hasta el **60%** en poblaciones locales.

Península Ibérica. En Portugal la población no supera los 500 ejemplares, con una dramática reducción poblacional y la consiguiente amenaza de la extinción local, asociada a cambios profundos en los usos del territorio con implicaciones en la pérdida de biodiversidad relacionada con el paisaje rural y natural (*Proceeding,* 2013). Para el resto de la península, los últimos datos del atlas ornitológico nacional (Blanco, 2012) reflejan una población mínima de 16.943 chovas, dado que un 30% de las cuadriculas no están cuantificadas en zonas tan importantes como Andalucía occidental, Extremadura y Castilla-león. Su tendencia es negativa en las poblaciones mejor conocidas: en el SE de Madrid, con un descenso de hasta el **60% en diez años (**Blanco, 2012; Cuevas y Blanco, 2015). En Galicia hay una acusada regresión en 1990- 1995, que parece continuar en la actualidad. En Murcia, descenso del 20% en 1990-2001, y también aparente disminución importante en Burgos, y disminución en Cataluña, País Vasco y cordillera Cantábrica (referencias en Blanco, 2012). Estos datos deberían de ser actualizados para el quinquenio **2013-2018**. En Andalucía, chova piquirroja, está incluida en el libro rojo de especies amenazadas, pero no se aportan datos cuantitativos (Soler, 2001). En resumen, el estado de conservación para la especie, sería: *Distribución global* (IUCN,2008): preocupación menor LC (Bird Life International, 2009). *Distribución en España* IUCN (2004): casi especie amenazada (Blanco, 2004). *Distribución Local* (La Palma, Canarias) IUCN (2004): peligro de extinción para la subespecie *barbarus* (País y Medina, 2004).

En el periodo de 1980-84 se muestrea buena parte de la provincia de Granada, con toma de datos en las cuadriculas indicadas en la **Fig.4.** Se estimaba la población en unos 8.000 individuos (Zúñiga, 1988), si bien parte de la provincia no fue censada, con una estimación total de unos 10.000 ejemplares, dado que la zona de Cazorla-Caniles y la Sagra-Santiago de la Espada, era y es ocupada por una población estable, numéricamente importante.

Sierra Nevada y zonas periféricas. A nivel global, los datos de los dormideros censado en 1980-84 en SN respecto al 2008 y 20016-176, no permiten obtener datos fiables, sólo estimaciones. Se pueden comparar los datos de dormideros concretos censados en los 3 periodos, detectando reducciones de cerca del 80% (ver Tab .1.). En una zona de alta presencia de senderistas y escaladores, destaca la reducción de un 13.4% en unos 9 años, comparando los datos de los dormideros censadas entre el 2008 vs 2016-17. El % podría ser algo mayor, dado que no se dispone de datos para dos de los dormideros en el 2008.

Para esta vertiente de Sierra Nevada, un dato global indirecto más fiable, es la reducción observada en los tamaños de los bandos de alimentación censados en la zona de la Malahá, entorno al 60-65%, parecido al observado en la DG (*ver más adelante*). Se da la circunstancia de que, en la vertiente Noroccidental de SN, a partir de octubre y hasta febrero incluido, se producen trashumancias altitudinales tróficas diarias desde SN hasta las estepas cerealistas del Temple. Estas trashumancias parecen estar condicionadas por el periodo invernal y las nevadas periódicas.

Dicha circunstancia, supone un planteamiento de protección más allá de los limites artificiales del Parque Natural-Nacional, siendo crucial la conservación de zona de cultivos cerealistas (*farmland), si* se quiere mantener la integridad de las poblaciones de chova. La distancia desde los dormideros a esta zona trófica oscila entre los 17-28 Km lineales. Se observa una similitud numérica entre las aves contabilizadas y el total de las existente en los dormideros de la vertiente Norte de SN, en el caso del periodo 2016-17, sobre 125-130 (ver Tab .1.).

En la DG, en 1980-84, se estimó la población en unos 1400-1500 aves para una superficie de 153 Km^2, valor muy similar al aportado por Soler (1988) para el periodo de 1985;86, de unos 1600 individuos, en un área de unos 180 Km^2 con localización de bandos de tipo trófico de 95-160 aves y bandos mixtos con Grajilla (*Corvus modedula*) de hasta 350 individuos. Estos valores son muy superiores al tamaño de la población del ¡conjunto de las Isla Británicas! para el mismo periodo (Bulllock et al 1983).

El dormidero más emblemático del área, es el de las Minas de Alquife (Cerro Minero) en el que se han contabilizado hasta 460 aves en 1982 y que en la actualidad sólo censamos entre 340-360 aves (n= 7, 350 ± 6.5). Hay referencia de 450 aves CMAOT (2010), 600 (Soler, 2007) y hasta 800 aves (Garzón, y Henares, 2012). En el informe, los conteos en este dormidero, son considerado subestimados y con indicación del nº mínimo (CMAOT, 2008 –datos brutos-), no siendo comparables.

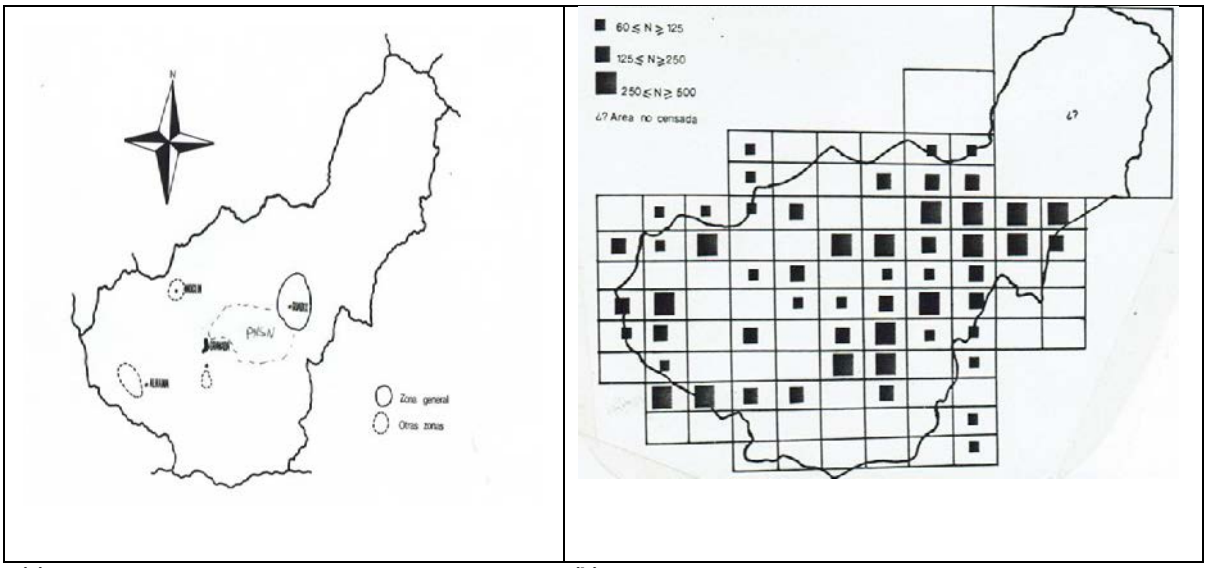
A nivel comparativo hay un descenso global, entorno al 60% de las poblaciones en 35 años, destacando la desocupación completa de algunos dormideros estables en los años 1980-84. Se observa un aumento de la ocupación de edificios y/o construcciones humanas, como dormideros, con un incremento cercano al 80% de ocupación comparativo, hecho inusual en el periodo 1980-1984. Este uso de construcciones abandonadas y edificios, también se ha visto incrementado en otras zonas de su distribución, con un cambio progresivo desde los sitios de descanso-dormideros tradicionales en tajos (grietas y cuevas) hasta estructuras artificiales (Blanco 2007).

El descenso de la población, parece generalizarse en otros sitios próximos (subáreas) a SN y en un radio de 35-60 Km, a los que se pueden dispersar ubicar de los juveniles (aves < de 1.5 años) y los sub-adultos (aves de 1.5 a 2-3 años), con una posible tendencia a regresar a su área natal a medida que aumenta la edad (Banda y Blanco, 2007). Este es el caso del Tajo de las Palomas (Moclín, N de Granada a 1300 msnm) con una reducción del 64% (125-130 aves 1980-1984, 40-45 aves 2017) o el principal dormidero de la Sierra de Alhama-Loja (600-1400 msnm), con descenso del 75% (180-190 aves 1981-1984, 45-55 aves 2017). *En ambas zonas hay que intensificar los muestreos para verificar si es correcto este descenso tan elevado de las poblaciones.*

Un factor a considerar, en la estabilidad de las poblaciones, es la baja productividad de chova en la zona de estudio, principalmente en la DG y en 1980-1984, con un valor de **1.22 volantones/nido** (Zúñiga. Datos inéditos), muy inferior al valor promedio de otras zonas del resto de Europa (3.70-2.38 (Bullock et al, 1983; Whithead y Wilson, 2005; Thorpe *et al*, 2007). Habría que repetir este tipo de estudios (ver actuaciones propuestas) máxime cuando se ha producido una reducción muy significativa de las poblaciones de cuervo (*Corvus corax*) considerado el principal depredador de chova en el periodo reproductor, sobre todo en la fase de pre-volantones (Zúñiga, datos inéditos). En el 2017 sólo se detecta la presencia de 6 parejas de Cuervo en las zonas muestreadas en la DG, cuando en 1980-84 se cuantificó una población de 250-300 aves en dormideros (Zúñiga et al, 1982).

En relación al Programa de Seguimiento de los *Efectos del Cambio Global*, en el informe CMAOT, (2010) se analiza el potencial declive de la especie en el SN, estableciendo como hipótesis de partida el deterioro de pastizales, por abandono de actividades agropecuarias tradicionales y el proceso de matorralización subsiguiente como factor limitante al acceso a recursos tróficos para la especie. Esta hipótesis exige una demostración objetiva, pero se ha establecido como causa en muchas otras áreas de su distribución geográfica (Farinha, 1991; Morinha et al, 2017). Para ello, en dicho informe, establecen conexión con otros indicadores: (i) seguimiento de pastos, (ii) seguimiento de invertebrados, y (iii) cambios en la cubierta vegetal y en los usos del suelo. En este sentido, existe una relación inversa entre el crecimiento de la vegetación (caso de gramíneas) y grado de ocupación de los cultivos cerealistas (ver **Fig. 5.**). A estos factores hay que añadir los establecidas para otras áreas de su distribución geográfica (*Proceedings*, 2013) como una posible

FIGURA 4.
(a) Zonas de estudio indicadas y (b) distribución de Chova en la provincia de Granada, el periodo 1980-84, en cuadricula del mapa de la provincia a escala 1:50.000. El tamaño de los cuadrados corresponde a intervalos de nº de aves por cuadricula – valor estimado según censos- (Zúñiga et al 1982, Ruiz Torres, 1985, Zúñiga, 1988).



(a) **(b)**

Evaluar la casuística multifactorial de su declive:

- Hermetización de los espacios tróficos habituales, por construcciones (polígonos industriales, parques eólicos, solares, carreteras, urbanizaciones, pistas de esquí, reforestaciones de frutales, arboralización, abandono del cultivo cerealista –eriales-.
- Reducción del pastoralismo.
- Incremento de la matorralización.
- Efecto de la actividad turística en general (excursionistas, alpinistas, espeleólogos).
- Caza furtiva incontrolada en dormideros y por simpatía con córvidos de interés cinegético.
- Presencia de trazas de insecticida-pesticidas en la entomofauna (coprófagos y otros) que afectan a la disponibilidad de presas.
- Baja productividad y reemplazo de poblaciones, junto con posible aislamiento genético.
- Nivel de estrés y baja tasa de inmunocompetencia e incidencia de patologías.

Posibles actuaciones para la conservación y estabilidad de las poblaciones

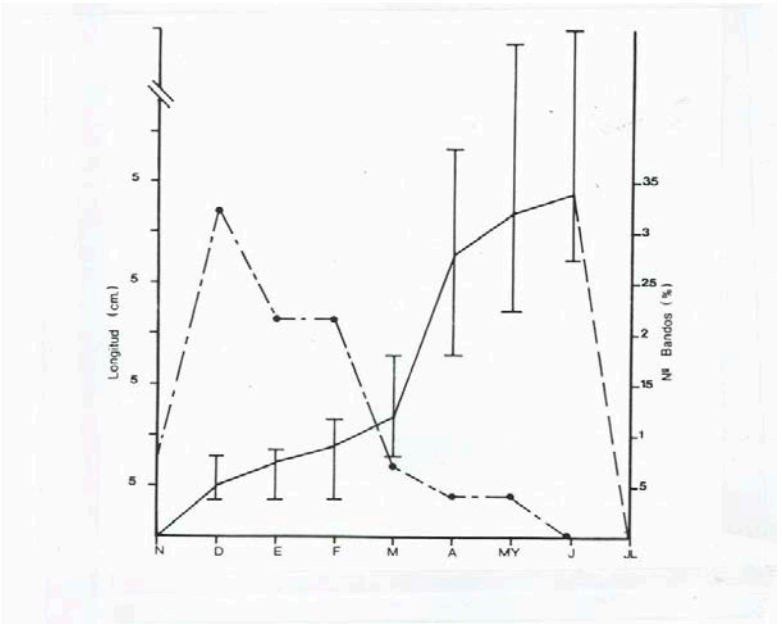
A corto plazo:

Existen actuaciones de primera mano y bajo coste, que pueden favorecer la estabilidad de las poblaciones locales de manera casi inmediata, y que se deberían de abordar con urgencia en SN y área periféricas, al menos en un radio de unos 60 Km. Estas actuaciones deberían de ser promovidas por la autoridad competente en colaboración con los agricultores, ganaderos, asociaciones de cazadores, grupos naturalistas y ayuntamientos de las zonas de ocupación de la especie. Se pueden resumir en;

1. Impedir y limitar el acceso a personas a los espacios ocupados por dormideros habituales.
2. Reducir y controlar la presencia de escaladores, espeleólogos y turistas en colonias de nidificación, en la época reproductora (marzo-junio) en especial en tajos y zonas rocosas.
3. Preservar y favorecer la accesibilidad a espacios claves utilizados como dormideros o lugares de nidificación (simas, grietas, construcciones abandonadas, etc.). **Fig.6**
4. Incentivar la conservación de edificios y construcciones agrícolas-ganaderas en sus áreas de distribución, como sitios claves para la construcción de nidos y uso como dormideros. **Fig.7.**

5. Concienciar a los cazadores de evitar su caza indiscriminada en el periodo de captura de grajilla o corneja, que muy a menudo coinciden en bandos tróficos con chova piquirroja, en las zonas en las que coexistan las tres especies.

FIGURA 5.
Relación entre le crecimiento medio de gramíneas (cm) en tableros de cultivos cerealistas (*Triticum sativum* y *Hordeum sativum, Secale cereale*) y presencia de bandos de alimentación. Las barras verticales corresponden a los rangos del valor medio de la altura en cm. El trazo discontinuo indica la presencia de bandos, y el continuo del crecimiento del cereal. Condensado de Ruiz –Torres (1985)



A medio plazo:

- Iniciar un plan de censos periódicos de zonas claves, en colaboración con el personal técnico de la Agencia de Medio Ambiente, para disponer de información adecuada de las poblaciones reales y su evolución, a nivel de colonias estables, bandos de alimentación y nidos.
- Generar planes específicos de conservación en las zonas tróficas de especial ocupación a lo largo del año (*site tenac*ity) y para ello incentivar los usos y ciclos tradicionales extensivos, evitando posibles concentraciones parcelarias y reducción de la cabaña ganadera, además de la hermetización y matorralización de estos hábitats.
- Hacer un análisis y diagnóstico de las posibles consecuencias de contaminantes de origen agrícola (herbicidas, insecticidas) y ganadero (parasiticidas, antibióticos, etc.) y el grado de afectación sobre su supervivencia y éxito reproductor (fertilidad huevos y otros).
- Elaborar in plan de protección efectiva de sus principales dormideros y colonias de nidificación, en especial compatibilizar su nidificación con la conservación del patrimonio de cortijos, apriscos, construcciones, etc. y enclaves del patrimonio histórico-artístico utilizados por la especie .**Fig. .8.**
- Desarrollo de campañas de divulgación según el modelo Luso (Martins et al, 2012), Escocia (https://www.sruc.ac.uk) o Irlandés (https://www.rspb.org.uk/our-work/conservation) creando un espacio de interpretación o similar. **Fig. .9.**

FIGURA 6.
Un ejemplo de actuación, es la de facilitar la accesibilidad de las aves a dormideros mediante el desbroce de sus entradas o impedir el acceso de personas a estos espacios.

Fotos extraídas de http://pyrrhocorax-project.blogspot.com.esy

FIGURA 7.
Dos tipos de construcciones existentes en áreas de distribución de chova. (a) Está sometida a un progresivo deterioro con lo cual a medio plazo dejará de ser un espacio adecuado. (b) Construcciones utilizadas como lugar de nidificación (2 nidos) y dormidero (25 aves).

(a) **(b)**

FIGURA 8.
En la zona de estudio, el mayor dormidero está cercado y se controla el acceso de personas, lo cual debe favorecer su integridad. (a) Cerro Minero, Alquife. (b) Castillo de la Calahorra (ocupado por unas 10 parejas de chova como dormidero habitual y lugar de nidificación –por confirmar en 2018-

(a) **(b)**

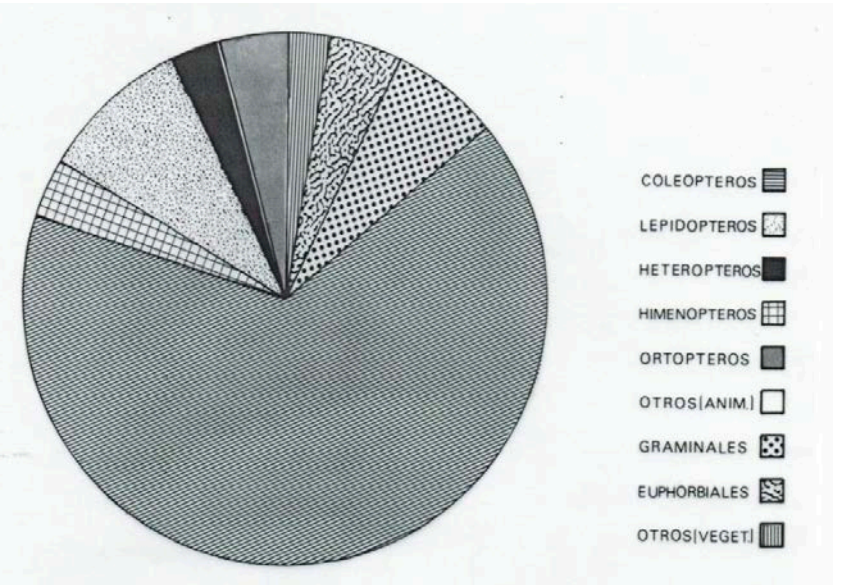
FIGURA 9.
Campañas de divulgación en Portugal, a partir de la creación del *Projecto bico-vermelho*. Extraído de http://pyrrhocorax-project.blogspot.com.esy

Propuestas de investigación aplicada a la conservación:

Insistimos en la necesidad de abordar un estudio en profundidad que permita hacer (i) un diagnóstico objetivo del estado de las poblaciones de la especie; (ii) evaluar los factores que inciden y (iii) proponer mecanismos correctores, tanto para frenar el descenso de las poblaciones, como para contribuir a su incremento a medio y largo plazo. Se propone:

- Determinar, en un periodo plurianual, qué tasas demográficas (nacimiento –éxito reproductor-, muerte –tasas de supervivencia-, inmigración o emigración) y en qué grado son las principales responsables de los cambios observados en el tamaño de la población, para poder abordar una gestión apropiadas a los patrones y procesos demográficos.
- Sobre la base anterior realizar muestreos representativos (al menos 4 años) de poblaciones reproductoras para evaluar el éxito reproductor supervivencia de post-juveniles y dispersión.
- Determinar qué factores influyen en la estructura y organización de la metapoblación. Factores que condicionan la densidad de población nidificante, la ocupación de sustratos tróficos concretos (fiabilidad y eficacia de zonas, gradientes de calidad de micro-áreas, ubicación mediante *Land Cover Corine* (2006; https://www.europeandataportal.eu/data/es-) o similar. Efectos y consecuencias del carácter filopátrido y del *site tenacity* de la especie.
- Realizar un seguimiento y control mediante marcaje individual (anillas metálicas, color y posibles marcas patagiales) para registrar movimientos entre áreas de cría y/o dormideros, obteniendo información fiable de la conectividad entre diferentes áreas de alimentación y subpoblaciones.
- Analizar los posibles indicadores de perturbación humana y niveles de *bad-stress*, mediante la evaluación de las reacciones de alarma y comportamiento de escape-huida (*flushing distance*), la respuesta al estrés fisiológico (glucocorticoides fecales) y el estado de salud (agentes patógenos fecales).
- Analizar los indicadores del estado de salud de las poblaciones a partir de la determinación de respuestas inmunitarias humorales (específicas, mediadas por anticuerpos) y celulares (no específicas) frente a antígenos diana o determinación de niveles totales de anticuerpos en sangre.

FIGURA 10.
Valores del Índice Global de Importancia (IGR_{ij}) para la relación de ordenes identificado en la dieta de Chova piquirroja Ruiz Torres, (1985). Se hizo un estudio detallado de la alimentación y explotación de recursos tróficos de la especie (Ruiz Torres, M, 1985). La dieta de *P. phyrrocorax* engloba a 11 órdenes de invertebrados y 6 de vegetales, identificando un total de 31 familias que engloban a 61 géneros y 20 especies determinadas. Se pone de manifiesto la importancia de los Coleópteros. *Índice IGR_{ij}, de Importancia Global Relativa de la presa i perteneciente a la categoría taxonómica j, en base a la proporción de presencia (PP_{ij}), frecuencia (PF_{ij}) y volumen (PV_{ij}): Según la formula, el valor de IGR viene a minimizar o maximizar la importancia de las presas atendiendo a los tres criterio utilizados para su cálculo.*



- Evaluar el efecto de determinadas sustancias tóxicas especialmente del complejo avermectina/milbemicina, sobre la entomofauna (en especial las larvas de scarabaeidae coprófagos) y por añadidura sobre las poblaciones de chova. Estos anti-helmínticos son usados para los tratamientos de ganadería y cabra montés en SN, En la dieta de la especie, este tipo de coleópteros son fundamentales (ver **Fig.10.,** Torres Ruiz, 1985 y Zúñiga, datos inéditos). Han sido descritos en el sector Noroccidental de SN hasta 34 especies diferentes de coleópteros coprófagos (scarebeidea, aphodiidae y geotrupidae; Ávila y Pascual 1981; González-Mejías et al, 2015).
- Cuantificar la distribución y transferencia genética dentro y entre las poblaciones de chova de SN y área periféricas, para identificar poblaciones aisladas que pueden necesitar ser manejadas como unidades demográficamente independientes, y evaluar si las poblaciones individuales están desprovistas de diversidad genética, generando una viabilidad reducida.

Referencias bibliográficas

- Altman, J., 1974. Observational study of behavior: sampling methods. Behaviour, 49, 227-267
- Avila, JM; Pascual, F. 1981. Contribución al conocimiento de los Scarabiedos coprófagos de Sierra Nevada. Trab. Monogr. Dep. Zool. Universidad Granada, 4(4):93-105.
- Blanco, G., Cuevas, J. A. & Fargallo, J. A., 1991. La población de Chova Piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*) en el sureste de Madrid (centro de España). *Ardeola* 38: 91; 99
- Blanco, G. 2004. La Chova piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*). Pp. 546-547. En: Martí, R. (ed.). Atlas de las aves reproductoras de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología, Madrid. Blanco, G. (2004b). Chova piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax erythroramphus*). Pp. 357-361. En: Madroño, A., González, C., Atienza, J. C. (Eds.). Libro rojo de las aves de España. Dirección General para la Biodiversidad- SEO/BirdLife. Madrid.
- Blanco, G., 2003. *La Chova Piquirroja en edificios históricos de Segovia: un modelo de conservación del patrimonio natural y artístico*. XIV Premio de Medio Ambiente. Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia. Obra Social y Cultural. 83 pp.
- Blanco, G, 2007. Distribution and status of the Chough in Spain: an overview.*2 International Workshop on the Conservation of the Chough.* Ayr, Scotland. 34 pp
- Bullock, I.D.; Dreewett, D.R.; Wickledburh, S.P. .1983. The Cough in Britain and Ireland. Brithis birds, 76: 377-

401
- Banda, E; Blanco, G. 2007. Factors influencing structure and organisation of a chough metapopulation. Proceedings, 2nd International Workshop on the Conservation of the Chough. Scottish Agricultural College, Ayr, Scotland
- CMAOT, 2010. .5. Chova piquirroja. Pp.: 49-55. En: Programa de seguimiento de los efectos del cambio global en el Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada. Informe final. Fauna. 135 pp. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (Junta de Andalucía).
- Cuevas, J. A., Blanco, G. 2015. Chova piquirroja – *Pyrrhocorax pyrrhocorax*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. http://www.vertebradosibericos.org
- Farinha, J. C., 1991. Medidas urgentes para a conservaçao da Gralha-de-bico-vermelho *Pyrrhocorax pyrrhocorax* em Portugal. *Estudos de Biologia e Conservaçao da Naturaleza 2*. SNPRCN.Lisboa. 46 pp.
- Garzón Gutierrez, J., Henares Civantos, I., 2012. "Las Aves de Sierra Nevada". Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Granada, 232 pp.
- Johnstone I, Thorpe R, Moore A, Finney S (2007) Breeding status of choughs *Pyrrhocorax pyrrhocorax* in the UK and Isle of Man in 2002. Bird Study 54:23–34CrossRefGoogle Scholar
- González-Megías, A; Menéndez, R. y Tinaut, A. 2015. Cambio en los rangos altitudinales de insectos en Sierra Nevada: evidencias del cambio climático. OCGSN, La huella del Cambio Global en Sierra Nevada: Retos para la conservación. 118-120 pp
- Martins, J. R., Martins, V., Bastos, R., Travassos, P., Barros, P. & Cabral, J. A. 2012. Manual da espécie *Pyrrhocorax pyrrhocorax* – A Gralha-de-bico-vermelho. Associação Parque Com Vida
- Menéndez, R.; González-Megías, A.; Jay-Robert, P. & Marquéz-Ferrando, R. 2014. Climate change and elevational range shifts: evidence from dung beetles in two European mountain ranges. *Global Ecology and Biogeography*, 23 (6): 646–657.
- Monaghan, P., Bignal, E., Bignal, S., Easterbee N. & Mckay. C. R., 1989. The distribution and status of the Chough in Scotland in 1986. *Scottish Birds* 15: 114; 118
- Monaghan, P., 1989. The background to Chough studies in Britain. In: Bignal, E. & Curtis, D. J., (eds.). *Choughs and Land-use in Europe*. Scottish Chough Study Group. Argyll. 4- 8
- Morinha F., Bastos R., Carvalho D., Travassos P., Santos M., Blanco G., Bastos E., Cabral J.A. 2017. A spatially-explicit dynamic modelling framework to assess habitat suitability for endangered species: The case of Red-billed Chough (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*) under land use change scenarios in Portugal. Biological Conservation, 210: 96-106
- Morse, D.H., 1971. Ecological aspect of some mixed species foraging klocks of birds. Ecol, Monograf., 40: 119-168.
- Newton, S. ; Tewby, M. 2007. The conservation status of red-billed choughs in Ireland: comparing results from the 1992 & 2002/03 all-Ireland chough censuses. 2nd International Workshop on the Conservation of the Chough 13-14 September 2007. SAC Auchincruive Campus, Ayr, Scotland
- Pais, J. L., Medina, F. M. 2004. Chova piquirroja (*Pyrrhocorax pyrrhocorax barbarus*). Pp. 361-362 En: Madroño, A., González, C., Atienza, J. C. (Eds.). Libro rojo de las aves de España. Dirección General para la Biodiversidad- SEO/BirdLife. Madrid.
- Proceedings, 1986.1ft International Workshop on the Conservation of the Chough. Proceedings. Nov., Scottish Chough Study Group. Argyll. Scotland
- Proceedings, 2007. 2nd International Workshop on the Conservation of the Chough. Sep. Scottish Agricultural College, Ayr, Scotland
- Proceeding, 2010. 3rd International Workshop on the Conservation of the Chough. Oct. Real Sociedad Cosmológica Santa Cruz de La Palma, Canary Islands, Spain
- Proceeding 2013. 4rd International Workshop on the Conservation of the Chough. Sep. Portugal.
- Rabinowitz, A.R. 2003. Wildlife Field Research and Conservation Training Manual. WCS, NY, 309 pp
- Ruiz Torres, M, 1985. Ecología Trófica de la Chova piquirroja (*P. phyrrocorax eritrhoramphus,* L.). Tesina de licenciatura. Dpto de Zoología. Universidad de Granada. 212 pp
- Soler, M.. 1988. The chough in Oriental Andalusian, with special mention of the Guadix Area. Oriental. En Bignal, E. & Curtis, D. J. (eds.). *Choughs and Land-use in Europe*. Scottish Chough Study Group. Argyll. 29-33
- Soler, M. 2001. Chova Piquirroja, *Pyrrhocorax pyrrhocorax*. Pp. 203. En: Franco, R., Rodríguez de los Santos, M. (Eds.). Libro rojo de los vertebrados amenazados de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Soler, M. 2006. Dormidero comunal de chova piquirroja en Alquife. En Soler, M. et als. Fauna en Acción, Guía para observar comportamiento animal en España. Lynx Edicions. Bellaterra.
- Whithead, S., Johnstone, I. & Wilson, J.D. 2005. Choughs *Pyrrhocorax pyrrhocorax* breeding in Wales select foraging habitat at different spatial scales. *Bird Study* 52: 193 –203.
- Zamora, R. & Barea-Azcón, J. M. 2015. Long-term changes in mountain passerine birds communities in Sierra Nevada (Southern Spain): a 30 year case study. *Ardeola*, 62(1): 3-18.
- Zúñiga, J. M., Soler, M. y Camacho, I., 1982. Status de la avifauna terrestre de la Hoya de Guadix. Trab. Monogr. Dep. Zool. Universidad Granada, 5(2):17-51.
- Zúñiga, J. M., 1988. An Integral Study of the Chough in Andalucia (S. Spain) from 1978 to 1985. In: Bignal, E. & Curtis, D. J. (eds.). *Choughs and Land-use in Europe*. Scottish Chough Study Group. Argyll. 65 – 69.

EL VOLCÁN CHIMBORAZO (6268 msnm) EN ECUADOR: UNA CIMA SINGULAR CON UN SISTEMA SINGULAR DE GESTIÓN BASADO EN LA CONSERVACIÓN DE LOS CAMÉLIDOS.

JOSÉ GUERRERO CASADO[1,2]; SOFÍA CRESPO GASCÓN[1]
guerrero.casado@gmail.com; scgascon@gmail.com
1-Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador
2-Consejo Asesor Científico de la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada

RESUMEN

El Chimborazo es un volcán potencialmente activo, ubicado en la Cordilleras de Los Andes, en Ecuador, considerada la montaña más alejada del centro de la Tierra debido a sus 6268 msnm y su cercanía a la línea ecuatorial. La figura de protección que posee es de Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCh), la cual se creó con la finalidad de preservar el páramo andino que lo rodea a través del pastoreo tradicional de alpacas, llamas y vicuñas. Esta figura de protección tiene las ventajas de contar con un mayor apoyo social de los campesinos locales, pero podría no ser la más adecuada ya que no restringe actividades tales como agricultura, ganadería o la extracción de madera, aspectos que sin duda que pueden poner en peligro la diversidad biológica. En este trabajo se discute la conservación de El Chimborazo y las amenazas o retos a los cuales se enfrenta.

Palabras Clave: Andes; áreas protegidas; conservación de montañas; volcanes.

ABSTRACT

Chimborazo is a potential active volcano located in Andes' mountain range in Ecuador, and it is considered the farthest mountain from the Earth's centre due to its altitude (6268 masl) and its proximity to the equator. It is protected by the creation of the Chimborazo Fauna Production Reserve, whose main objective is the conservation of the moorland by the preservation of the traditional grazing of llamas, alpacas and vicunas. This kind of protection could have more social support, but it could not be the most suitable owing to other activities like agriculture or livestock are not restricted, which could in turn jeopardizes the biological diversity. In this work we discuss the conservation of Chimborazo and the challenges that it faces.

***Keywords**: Andes; protected areas; mountain conservation; volcanos.*

1. Introducción: El Chimborazo como cima singular

El Chimborazo (6268 msnm) es un volcán potencialmente activo (se estima que la última erupción ocurrió en el siglo XVII) ubicado en la Cordillera de los Andes en Ecuador. La particularidad de esta montaña, por la cual se puede considerar una cima singular, es que es la montaña más alejada del centro de la Tierra, o lo que es lo mismo, es el punto de la tierra más cercano al Sol. En comparación con el Everest, El Chimborazo está dos kilómetros más alejado del centro terrestre, debido a que la tierra tiene mayor diámetro cerca del Ecuador que en la latitud a la que se encuentra la montaña más alta del mundo.

El primer intento conocido para coronar el Chimborazo fue realizado por el célebre científico Alexander von Humboldt acompañado del botánico francés Aimé Bonpland y del ecuatoriano Carlos Montúfar en 1802, los cuales no pudieron alcanzar la cima, quedándose a una altura de 5900 metros aproximadamente donde tuvieron que ceder ante las inclemencias del tiempo, la falta de oxígeno y lo abrupto del terreno. En su expedición, Humboldt tomó datos respecto a tipo de vegetación, temperatura, altitud y humedad que iba encontrando a su paso. Haciendo mediciones cada centenar de metros. Con esos datos pudo darse cuenta del cambio en la

vegetación conforme iba subiendo la montaña y por ende iban cambiando las condiciones climáticas. Y es ahí, tras esa expedición cuando Humboldt descubre y muestra al mundo que en la naturaleza no había nada aislado, sino que todo estaba conectado y que las correlaciones naturales formaban, lo que él llamó un cosmos. Como curiosidad, mencionar que por aquel entonces se creía que estaban subiendo la montaña más alta del mundo. Y no fue hasta el año 1880 cuando el inglés Edward Whymper junto con los hermanos Carrel (de origen italiano) alcanzaron la cima de El Chimborazo a 6268 metros sobre el nivel del mar, todo un hito en la historia del andinismo.

Tabla 1
Resumen de las características singulares de El Chimborazo

Es la montaña más alta de El Ecuador
Es la montaña más alta del Norte de Los Andes
Es la montaña más alejada del centro de la Tierra o la más cercana al Sol
Durante el siglo XIX se pensaba que era la montaña más alta del mundo
Tiene uno de los pocos glaciares que existen en zonas tropicales
Alberga la única población de vicuñas de Ecuador
Es un volcán potencialmente activo
Es un lugar propicio para estudios sobre el cambio climático

Esta singularidad sumada a su riqueza ambiental y los valores socio-culturales asociados hace que sea uno de los lugares más visitados de Ecuador (se estimada que en el año 2016 se superaron los 90.000 visitantes), lo que implica la necesidad de realizar una adecuada gestión de los recursos naturales de la montaña y el área que lo rodea, con el fin de explotar los recursos de una forma sostenible, asegurando su conservación a la vez que se favorece a las comunidades campesinas que habitan en su entorno. Para ello, el gobierno de Ecuador protegió El Chimborazo y su alrededor con la declaración de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo en 1987, lo cual pretendía conservar el páramo andino y los camélidos que lo habitaban (vicuña, llama y alpaca).

Tabla 2
Datos de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo

Año de creación	1987
Superficie (ha)	58560
Nº comunidades indígenas	38
Rango altitudinal (m.s.n.m.)	3800 – 6268
Provincias	Chimborazo, Bolivar, Tungurahua
Nº visitantes (2016)	95800

2. Valores ambientales y socio-culturales de El Chimborazo

2.1. Fauna.

Desde el punto de vista de la figura de protección que recibe esta gran mole, la fauna es el principal elemento a destacar. Así, el Chimborazo se caracteriza por una gran variedad de especies propias del páramo andino, como la llama (*Lama glama*), la alpaca y la vicuña (*Vicugna vicugna*), que son las especies más conocidas o que más se relacionan con el Chimborazo. También destaca venados de cola blanca (*Odocoileus ustus*), conejos andinos (*Sylvilagus andinus*), chucuris, zarigüeyas e incluso ejemplares de lobos de páramo o también llamados zorros andinos (*Pseudalopex culpaeus*). En el aire podemos ver cómo el cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*) dibuja su vuelo y comparten espacio con ejemplares de gavilanes, tangaras, ligles, curiquingues (*Phalcoboenus carunculatus*), pico de espada, gorriones, mirlos y colibríes. Incluso existe un colibrí propio de la zona, el cual se conoce como colibrí estrellita del Chimborazo (*Oreotrochilus stella*).

2.2. Flora.

La aridez que caracteriza a El Chimborazo es causada precisamente por la altura que presenta esta gran mole, que actúa reteniendo las nubes que llegan cargadas de agua y hacen que descarguen antes de pasar por encima de él. Así solo unas cuantas nubes logran atravesarlo y descargar su agua. Pero aun así, podemos destacar una seleccionada flora caracterizada por especies como la paja de páramo, la *ñáchag*, las orejas de conejo, el sunfo, el ashpachocho, el romerillo y la chuquiragua o flor del andinista. En cuanto a vegetación arbórea destacan pequeños bosques formados por árboles de papel (*Polylepis sp*).

2.3. Geología

El Chimborazo cuenta con cuatro cumbres: Politécnica (5.570 m), Nicolás Martínez (5.570 m), Veintimilla (6.227 m) y Whymper, el punto más alto (6.268 m). Pero realmente su importancia geológica viene dada por la presencia de glaciares y por el hecho de que es un volcán potencialmente activo. Los glaciares de El Chimborazo ocupan la parte superior de éste y surten de agua a las poblaciones de dos de las provincias de Ecuador, Chimborazo y Bolivar. En cuanto a la actividad, se considera un volcán potencialmente activo, ya que su última erupción tuvo lugar en el siglo VII, registrándose el Holoceno erupciones cada 1000-8000 años según se puede observar en los cortes geológicos de las faldas del volcán. Dentro de la RPFCh también se encuentra el volcán inactivo Carihuairazo, con 5116 metros de altitud.

2.4. Aspectos socioculturales

Como no podía ser de otra manera, la reserva ha tomado en consideración y respetado los aspectos socioculturales de la zona. Así se puede encontrar un total de 38 comunidades indígenas, distribuidas a lo largo de ella y que viven principalmente de la agricultura y la ganadería. Aunque también adquieren algunos ingresos del comercio de las telas procedentes de la esquila de las llamas y alpacas, y próximamente de las vicuñas.

Otro aspecto importante de su cultura es, la tradición llevada a cabo desde la antigüedad por los llamados 'hieleros'. El hielero era una persona que se dedicaba a extraer el hielo del glaciar para transportarlo a las ciudades cercanas, desde donde después incluso se llevaba a las zonas de costa para comercializarlo. Actualmente solo existe una persona dedicada a ello, y es conocida como ¨el último hielero¨ al cual se le puede acompañar en su recorrido a burro hasta el glaciar para llevar a cabo el proceso de extracción y transporte del hielo. Esta actividad se lleva a cabo con fines turísticos, con la intención de que se conozca y que se pueda revivir la tradición.

Y como aspecto curioso citemos la tradición de los cuentos o historias románticas entre volcanes. Destacamos la que tiene como protagonistas a los volcanes Chimborazo y Tungurahua, o como los nombran en la historia, el 'Taita Chimborazo' y 'Mama Tungurahua', y que relata cómo estos dos grandes gigantes se enamoraron y de cuyo amor surgió el 'Guahua Pichincha', un volcán cercano a la ciudad de Quito. Y es a través de esta historia de amor como cuentan que se suceden los fenómenos meteorológicos de erupción o episodios de actividad entre estos tres volcanes.

Por todo esto y por mucho más El Chimborazo es sin duda un icono en Ecuador, tanto es así que en el escudo del país la montaña nevada que parece, no es otra que El Chimborazo. Y es que esta montaña es tan singular que hasta el libertador Simón Bolívar se vio cautivado por él y escribió una poesía llamada *¨Mi delirio sobre el Chimborazo¨*, donde podemos destacar las siguientes líneas:

Yo venía envuelto con un manto del Iris, desde donde paga su tributo el caudaloso Orinoco al dios de las aguas. Había visitado las encantadas fuentes amazónicas, y quise subir al atalaya del universo. […] ¿y no podré yo trepar sobre los cabellos canosos del gigante de la tierra? ¡Sí podré! Y arrebatado por la violencia de un espíritu desconocido para mí, que me parecía divino, dejé atrás las huellas de Humboldt, empañando los cristales eternos que circuyen el Chimborazo. Llego como impulsado por el genio que me animaba, y desfallezco al tocar con mi cabeza la copa del firmamento: tenía a mis pies los umbrales del abismo

2.5. Ecosistemas.

En la RPFCH se encuentran cinco ecosistemas o zonas de vida, según el sistema de clasificación de Holdridge. Así encontramos, de mayor a menor extensión: Bosque muy húmedo Sub Alpino, Bosque húmedo sub Alpino o Puna, Bosque Húmedo Montano y Estepa Montano. El arenal, es el ecosistema más característico de la Reserva, ubicado en la parte baja o faldas del volcán. Se trata de una zona compuesta de arena con suaves pendientes que simula un pequeño desierto, donde la vegetación es bastante escasa en éste área, destacando los almohadones, típicos del páramo.

3. Conservación de El Volcán Chimborazo

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) de La República de El Ecuador está formado por 51 reservas naturales que supone aproximadamente el 20% de la superficie del país, las cuales tienen como función general conservar la diversidad biológica, brindar alternativas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, y contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población. Estas áreas protegidas se dividen en distintas categorías de manejo (Parques Nacionales, Reservas Ecológicas, Refugios de Vida Silvestre…), de acuerdo a las peculiaridades y necesidades de conservación de cada área protegida. El Volcán Chimborazo se encuentra dentro de los límites de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCh), cuya declaración se realizó en 1987 con la finalidad de preservar el pastoreo tradicional de los camélidos sudamericanos (vicuña, alpaca y llama) en los páramos que rodean al volcán.

El motivo de elegir esta figura de protección es debido a que el tipo de pastoreo que realizan los camélidos es menos agresivo que el de los ungulados domésticos, ya que estos animales muerden las hierbas sin arrancarlas de raíz y apoyan sus patas sobre unas almohadillas y no sobre las pezuñas como lo hacen las vacas, lo que evita el pisoteo y compactación del suelo manteniendo la cubierta vegetal y evitando así la erosión del suelo. Por lo tanto, el principal argumento para proteger a El Chimborazo y su páramo bajo la modalidad de Reserva de Producción de Fauna era que contaría con mayor apoyo de los poblados indígenas-campesinos que habitan en la zona, al ofrecerles una oportunidad de obtener beneficios económicos por la explotación de la fibra del pelaje de los camélidos. De esta forma, el páramo se podría explotar como área de pastoreo de vicuñas, alpacas y llamas, evitando su sustitución por parcelas agrícolas o ganaderas, actividades mucho más agresivas con el medio ambiente, alcanzando así una armonía desde el punto de vista social, cultural, económico y medioambiental.

Sin embargo, la protección de El Chimborazo bajo el amparo de Reserva de Producción de Fauna tiene algunas connotaciones que necesitan ser discutidas y revisadas. Según el SNAP, las Reservas de Producción de Fauna y Flora, tienen como objetivo la conservación de los ecosistemas poco alterados pero con presencia humana, siendo las acciones prioritarias aquellas relacionadas con el manejo sustentable de la vida silvestre, la educación ambiental, la restauración de ecosistemas y el turismo de naturaleza, siendo bajo el nivel de restricción. Esto quiere decir, que actividades como la ganadería, la agricultura, la extracción de madera, construcción de caminos, acceso de turistas…, podría no estar tan restringida como en otros

espacios naturales protegidos tales como Parques Nacionales o Reservas Ecológicas, pudiendo ser una amenaza para la diversidad biológica de la RPFCh. Además, a parte la conservación de la flora del páramo y los camélidos, la RPFCh tiene otros atractivos geológicos, botánicos, faunísticos y paisajísticos que requieren otro tipo de medidas conservacionistas, las cuales podrían tener un mejor amparo bajo otras figuras de protección.

3.1 Historia de la vicuña en la conservación de la RPFCh

Como se ha mencionado anteriormente, la protección de El Chimborazo ha estado ligada a la conservación de la vicuña, un camélido silvestre supuestamente extinguido en Ecuador hace siglos. Debido a que el pelaje de la vicuña (llamado fibra) está muy cotizado en el mercado internacional, el gobierno ecuatoriano se propuso introducir este animal en la década de los 80 como futura fuente de ingresos de los campesinos de la zona. Sin embargo, para entender la historia de su conservación y su relación con El Chimborazo, nos debemos remontar a 1979, año en el cual los gobiernos de Bolivia, Chile y Ecuador subscriben el Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña. En el Artículo 1 de este Convenio, se establece *que la conservación de la vicuña constituye una alternativa de producción económica en beneficio del poblador andino y se comprometen a su aprovechamiento gradual bajo estricto control del Estado, aplicando las técnicas para el manejo de la fauna silvestre que determinen sus organismos oficiales competentes.*

Por lo tanto, basándose en este compromiso Ecuador pone en marcha un proceso para conseguir la reintroducción de la vicuña en el país, el cual se inicia con el proyecto de Prospección del Hábitat de la llama en territorio ecuatoriano en 1984, cuyo fin fue identificar las áreas más propicias para el manejo de los camélidos sudamericanos. Este proyecto concluyó que el páramo que rodea el Volcán Chimborazo era el área más adecuada para tal fin, hecho que desembocó en la creación de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo (RPFCh) en 1987 por el gobierno ecuatoriano. Tras la declaración de la RPFCh, se puso en marcha los proyectos Reintroducción de la Vicuña y Fomento de camélidos sudamericanos en el Ecuador, que desembocó en la reintroducción de las primeras vicuñas procedentes de Chile y Perú en 1988. En el año 1992, se creó el Plan de Gerencial, el cual podría ser considerado como el principal instrumento de planificación para establecer las líneas estratégicas de manejo y conservación de la RPFCh

El paso más importante realizado por el gobierno de Ecuador, fue el Reglamento para el Manejo y Conservación de la Vicuña en el Ecuador en 2004 (Decreto Ejecutivo 2093, **Registro Oficial N° 430**), cuyo objetivo fue regular la conservación y uso sustentable de la especie dentro de lo establecido en las leyes nacionales e internacionales. Este reglamento estipula que la vicuña es parte del Patrimonio Nacional del Estado y por lo tanto su conservación es de interés público. Además, el reglamento establece que las comunidades indígenas-campesinas tendrán bajo su responsabilidad la custodia de las vicuñas existentes en su jurisdicción, con fines de protección y recuperación, y que El Estado les concede el derecho al aprovechamiento de la fibra y sus productos derivados. Sin embargo, no fue hasta el año 2017, es decir 30 años después de la declaración de RPFCh, cuando se produjo en Ecuador el primer *chaccu,* palabra quichua utilizada para referirse a la técnica ancestral de captura y esquila de vicuñas. Para poder realizarse este procedimiento tuvieron que darse algunas circunstancias. En primer lugar la vicuña en Ecuador tuvo que ser incluida en el Apéndice II del Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), lo que permite la comercialización de su fibra siempre y cuando la fibra proceda de la esquila de vicuñas vivas. En segundo lugar, la especie tiene que estar fuera de las categorías de amenaza de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), hecho que se cumple al estar clasificada dentro de la categoría de “Preocupación menor”, con un población de más de 7000 vicuñas a nivel nacional (año 2016). Y por último, es de vital importancia el entrenamiento de los campesinos para asegurar que el *chaccu* se realice de la forma más rápida y efectiva para

asegurar el bienestar de las vicuñas, para lo cual el Ministerio del Ambiente ha realizado varios talleres.

Tabla 3
Cronología de los eventos más importantes en la gestión y conservación de la Vicuña en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo

Año	Evento
1979	Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña
1984	Proyecto Prospección del Hábitat de llama en territorio ecuatoriano
1987	Creación de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo
1988	Ejecución de los proyectos Reintroducción de la Vicuña" y "Fomento de camélidos sudamericanos en el Ecuador". Introducción de las primeras vicuñas desde Chile y Perú.
1992	Plan de Gerencia de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo
1993	Segunda reintroducción
1998	Tercera reintroducción
2004	Reglamento Para el Manejo y Conservación de la Vicuña en el Ecuador
2010	Plan de Acción Nacional para el Manejo para la Conservación y Manejo de la Vicuña en el Ecuador
2013	Inclusión de la Vicuña en el Apéndice II del CITES
2016	La población de vicuñas en Ecuador supera los 7000 individuos
2017	Primera esquila (*chaccu*) de vicuñas

Fuente: elaboración propia

3.2. El papel de los campesinos indígenas en la conservación de la RPFCh

Dentro de la RPFCh, habitan 38 comunidades campesinas e indígenas, las cuales son propietarias del 80 % de la superficie protegida de la RPFCh, lo que hace indispensable contar con el apoyo de la población local para asegurar el éxito en la gestión de la RPFCh. Como se mencionó anteriormente, los intereses de los campesinos indígenas han sido considerados desde la concepción de la RPFCh en 1987, y del mismo modo, las acciones incluidas en el Plan Gerencial siempre han tenido en cuenta la opinión de los lugareños, e incluso líderes de organizaciones campesinas asentadas en el área (como la Federación de Organizaciones Indígenas de la Falda del Chimborazo) participaron en la elaboración de dicho plan. Por estos motivos, algunas acciones de mejora recogidas en el Plan van encaminadas para mejorar la situación socioeconómica de dichas comunidades, mediante por ejemplo la contratación de guarda-parques comunitarios, o la ejecución de programas para el mejoramiento de la productividad agrícola y la comercialización de sus productos.

Unas de las acciones implementadas y recogidas en el Reglamento Para el Manejo y Conservación de la Vicuña en el Ecuador de 2004, es que las comunidades campesinas tienen la custodia de las vicuñas existentes en su jurisdicción geográfica comunal, y El Estado les concede el derecho al aprovechamiento de su fibra y productos derivados, por lo que la fibra de la esquila de animales vivos y sus productos derivados podría mejorar la situación económica de estas comunidades cuando la comercialización de la fibra sea una realidad en Ecuador (un kilogramo de lana de vicuña puede llegar a costar entre 400 y 800 USD).

4. Desafíos para la Conservación de El Chimborazo

Las particularidades sociales, culturales, económicas y ambientales de la montaña, hacen que sea necesaria una adecuada planificación de las medidas a tomar para la gestión de sus recursos naturales y etnográficos, adaptándose a los cambios que se están experimentando. A continuación, se recogen algunos retos a los que se enfrentan los gestores de la RPFCh, algunos de los cuales están recogidos en el Plan de Gerencia.

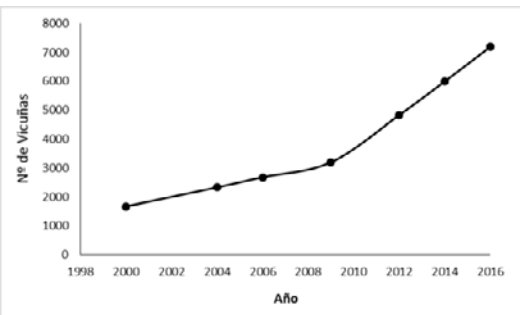
4.1 Cambio climático

Recientes estudios han demostrado que entre 1986 y 2013, la superficie de los glaciares de El Chimborazo ha experimentado una reducción del 21 %, con una tasa de pérdida de superficie glacial del 1.6 % al año de media. Esto podría reducir la provisión de agua a los habitantes tanto a las comunidades de las faldas del volcán, como a los pueblos y ciudades que se abastecen de las aguas procedentes de estos glaciares, lo que hace pertinente y necesario un estudio de mitigación y adaptación a las nuevas condiciones climáticas dentro y fuera de la reserva. Por otra parte, junto con la retirada de las masas de hielo permanentes, las plantas que crecen en el volcán están ahora creciendo a mayor altitud que hace 200 años, signa inequívoco del calentamiento global.

4.2 Aumento de la población de vicuñas

Los censos realizados por el Ministerio del Ambiente de las poblaciones de vicuña en la RPFCh reflejan un progresivo aumento del número de individuos, desde los 1676 individuos registrados en el año 2000 hasta las 7186 vicuñas en el año 2016. Este incremento es una buena noticia para facilitar la explotación de la fibra de vicuña, supone a la vez un reto para la conservación del páramo, ya que un aumento excesivo en el número de camélidos podría tener un fuerte impacto sobre la flora del páramo. Aunque estudios teóricos plantean la RPFCh puede albergar hasta 49000 vicuñas (CITES 2013), estos datos tienen que ser corroborados con trabajos de campo. Además, la reintroducción de la vicuña es considerada por algunos autores como una introducción de una especie no nativa, debido a la ausencia de pruebas paleontológicas o arqueológicas que demuestren la presencia de esta especie en los Andes ecuatorianos (Tirira 2016), lo que hace aún más necesario la evaluación del impacto ambiental que podría tener la vicuña sobre el páramo.

Figura 1
Evolución de la población de vicuñas en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de los censos elaborados por el Ministerio del Ambiente

4.3 Comercialización de la fibra de vicuña

Como se ha mencionado anteriormente, la explotación de la fibra de vicuña recae sobre los campesinos que habitan en la RPFCh con el doble objetivo de mejorar su economía local y lograr un mayor apoyo social a la gestión y conservación de la RPFCh. Sin embargo, los lugareños han tenido que esperar 30 años desde el inicio de la creación de la reserva hasta el primer *chaccu* de vicuñas en 2017 (http://www.ambiente.gob.ec/ecuador-realizo-el-primer-chaccu-de-vicuna/), y por lo tanto queda por delante un largo camino por recorrer que asegure por un lado una eficiente captura y manejo (esquila) de las vicuñas que maximice el bienestar animal, y por otro lado una adecuada comercialización, elaboración y venta de los productos elaborados a partir de la fibra, asegurando en todo momento el beneficio de los pueblos indígenas.

En este sentido, el Ministerio del Ambiente ha organizado cursos para enseñar a los indígenas a capturar y esquilar a las vicuñas, y se ha creado la Asociación Nacional de Manejadores de Vicuña para asegurar un manejo adecuado del mismo y un entendimiento entre el gobierno y la comunidad (http://www.ambiente.gob.ec/el-aprovechamiento-sustentable-de-la-fibra-de-vicuna-un-hito-historico-para-el-pais/). Este proceso será clave para que la RPFCh cuente con el apoyo de las comunidades locales, y se consiga así evitar la sustitución del páramo por parcelas agrícolas o ganaderas.

4.4 Aumento del número de visitantes

En general, las áreas protegidas de Ecuador son el principal destino turístico del país, que durante 2014 registró un total de aproximadamente 1.6 millones de visitas (sin incluir a las Islas Galápagos). Y es que en el periodo comprendido entre 2006 y 2014 se produjo un crecimiento considerable del número de visitantes, pasando de 310000 turistas en 2006 a 1.6 millones de turistas registrados en el 2014, lo que supone un aumento anual del 45%. Este incremento tan significativo se debe en parte a la reducción de tarifas para la entrada en las áreas protegidas efectuada en 2011 y su posterior gratuidad en el año 2012. Respecto al número de visitas registradas en la RPFCh, se sabe que en 2005 el número de turistas que visitaron la RPFCh fue 15000, una cifra muy alejada de las 95800 visitas registradas para 2016, lo que supone una media de 41 turistas al día en 2005, frente a los 262 para el año 2016. Como dato indicar que la RPFCh es la cuarta área protegida del país que más visitantes recibe. Por lo tanto este auge en el turismo debe ser contemplado en la gestión de la reserva, por un lado mediante la mejora de infraestructuras (senderos, mejora de los acceso, centro de visitantes, miradores…), y por otro lado mediante la planificación del número de turistas que la reserva puede albergar en los distintos lugares.

4.5 Otros retos para la conservación

Según el Plan Gerencial para la reserva de El Chimborazo, existen otras cuestiones que deberían ser consideradas en un futuro para mejorar su gestión, entre las cuales destacan: el desconocimiento del marco legal por parte de la población; la escasez de recursos financieros, personal e infraestructuras; el aumento de la erosión por malas prácticas agrícolas; la sobredemanda de agua y conflictos por su uso y gestión; o la falta de coordinación y entendimiento entre instituciones implicadas en la gestión de la RPFCh. Todos ellos deberán ser tenidos en cuenta para asegurar el futuro de la reserva.

5. Conclusiones

Como se ha podido comprobar a lo largo del documento, El Chimborazo es una cima singular con un sistema de conservación singular (Reserva de Producción de Fauna), basado en el aprovechamiento de un recurso natural sustentable y compatible con la conservación del páramo andino como es la explotación de la fibra de vicuña principalmente, lo cual permite mejorar la calidad de vida de las comunidades de campesinos a la vez que se asegura un mayor apoyo social a la gestión de la reserva. No obstante, esta figura de protección también tiene sus desventajas por no ser tan restrictiva como los Parques Nacionales o las Reservas Ecológicas en cuanto a las actividades que se pueden realizar dentro de la RPFCh. Además, la gestión de la RPFCh se enfrenta a una serie de retos (cambio climático, aumento del número de turistas, incremento de la población de vicuñas, rentabilización en la comercialización de la fibra…) a los que se debe enfrentar en los próximos años. La capacidad de adaptarse a estos cambios será la clave para que la RPFCh siga conservando los recursos naturales que alberga de una forma sostenible, y se asegure seguir contando con el apoyo social de las poblaciones locales a las medidas de conservación que se apliquen dentro de la reserva.

Referencias bibliográficas

- Acuerdo Ministerial No. 437, Registro Oficial No. 806, 26 de octubre de 1987. Declaración de la Reserva de Fauna Chimborazo
- CITES. (2013). Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de la Vicuña en El Ecuador. In Decimosexta reunión de la Conferencia de las Partes CITES.
- CITES. (2017). Apéndices I, II y III. Obtenido de **https://cites.org/esp/app/appendices.php**
- Columba Zárate, K. (2013). Manual para la Gestión Operativa de las Áreas Protegidas de Ecuador. (Ministerio del Medio Ambiente, Ed.). Obtenido de **http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/04-Manual-para-la-Gesti%C3%B3n-Operativa-de-las-%C3%81reas-Protegidas-de-Ecuador.pdf**
- Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña. (1979). Obtenido de **https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Convenio_Conservación_Manejo_Vicuña.pdf**
- Decreto Ejecutivo N° 2093, Registro Oficial N° 430, 28 de septiembre de 2004. Reglamento para el Manejo y Conservación de la Vicuña en El Ecuador.
- La Frenierre, J., & Mark, B. G. (2017). Detecting Patterns of Climate Change at Volcán Chimborazo, Ecuador, by Integrating Instrumental Data, Public Observations, and Glacier Change Analysis. Annals of the American Association of Geographers, 107(4), 979–997. **http://doi.org/10.1080/24694452.2016.1270185**
- Ministerio del Ambiente. Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Obtenido de: **http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-de-producci%C3%B3n-faun%C3%ADstica-chimborazo**. Fecha de acceso 10/01/2017
- Ministerio del Ambiente. (2013). Plan Gerencial Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Obtenido de: **http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-de-producción-faunística-chimborazo**
- Ministerio del Ambiente (2015). Valoración Económica del Aporte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas a la Nueva Matriz Productiva del Ecuador: Sector Turismo. Quito – Ecuador. Obtenido de **http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/1084543/SNAP+TURISMO+WEB.pdf/5620117d-97fc-47a4-a71b-a17f6a69f7ac**
- Ministerio del Ambiente (2016). Rendición de cuentas 2016, Dirección Provincial de Chimborazo. Obtenido de **http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/FASE-3-PRESENTACION-RENDICION-DE-CUENTAS-CHIMBORAZO-2016.pdf**
- Morales-de la Nuez, A., & Rodríguez González, N.F. (2017) La vicuña ecuatoriana y su entorno. (1ª edición). Ministerio del Ambiente, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo. Obtenido de **http://cimogsys.espoch.edu.ec/direccion-publicaciones/public/pdf/31/La%20vicu%C3%B1a%20ecuatoriana.pdf**
- McAllister, R., McNeill, D., & Gordon, I. (2009). Legalizing markets and the consequences for poaching of wildlife species: The vicuña as a case study. Journal of Environmental Management, 90, 120–130. Obtenido de **http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479707003155**
- Morueta-Holme, N., Engemann, K., Sandoval-Acuña, P., Jonas, J. D., Segnitz, R. M., & Svenning, J.-C. (2013). Strong upslope shifts in Chimborazo's vegetation over two centuries since Humboldt. PNSA, 112(41), 12741–12745. Obtenido de **http://doi.org/10.1073/pnas.1509938112**
- Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Cáceres, B., Ceballos, J. L., … Wagnon, P. (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. The Cryosphere, 7, 81–102. **http://doi.org/10.5194/tc-7-81-2013**
- Samaniego, P., Barba, D., Robin, C., Fornari, M., & Bernard, B. (2012). Eruptive history of Chimborazo volcano (Ecuador): A large, ice-capped and hazardous compound volcano in the Northern Andes. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 221–222, 33–51. **http://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2012.01.014**
- Serrano Sánchez, R. (2009). Mi delirio sobre el Chimborazo": anuncios y fundación. Kipus: revista andina de letras, 26: 71-89. Obtenido de **http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2086/1/RK-26-DO-Serrano.pdf**
- Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Ecuador. Ministerio del Ambiente. Obtenido de **http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/info-snap**
- Tirira, D. G. (2017). Guía de campo de los mamíferos del Ecuador (2ª eición). Murciélago Blanco.

RECONSTRUCCIÓN PALEOECOLÓGICA DE LOS BOSQUES DE SIERRA BERMEJA (SERRANÍA DE RONDA) A TRAVÉS DEL REGISTRO DE CARBÓN

JOSÉ ANTONIO OLMEDO-COBO[1]; RAQUEL CUNILL-ARTIGAS[2]; JOSÉ GÓMEZ-ZOTANO[3]
jaolmedo@ugr.es, cunillraquel@gmail.com, jgzotano@ugr.es
[1]Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad de Granada,
[2]Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona,
[3]Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la U. Granada

RESUMEN

Se ha realizado un estudio pedoantracológico en 11 localidades del macizo ultramáfico de Sierra Bermeja (Serranía de Ronda, sur de España). El análisis del registro del carbón edáfico obtenido ha permitido establecer los bosques dominantes durante el Holoceno, así como plantear las posibles dinámicas ecológicas y los ciclos de fuego que afectaron a esta montaña litoral de tan singulares características ambientales. Sobresale el hallazgo de carbón de Abies sp. (presumiblemente A. pinsapo) en determinadas localidades donde hoy la especie se encuentra extinta. Asimismo, las cronologías obtenidas mediante dataciones radiocarbónicas evidencian el carácter autóctono de Pinus pinaster sobre suelos serpentinícolas, y señalan como vegetación predominante los bosques de coníferas (abetales y pinares, incluso como formaciones mixtas) durante los últimos 10.000 años. La ausencia de muestras antiguas de carbón de Quercus sp. parece demostrar su rol secundario en el conjunto de la vegetación bermejense durante el Holoceno.

Palabras clave: Abies pinsapo, Gestión Conservacionista, Pedoantracología, Peridotitas, Pinus pinaster

ABSTRACT

It has been done a pedoanthracological study carried out in 11 locations of the ultramafic massif of Sierra Bermeja (Serranía de Ronda, southern Spain). The analysis from the record of charcoal soil it has been possible to establish the dominant forests during the Holocene, as well as to propose the possible ecological dynamics and the cycles of fire that affected this littoral mountain of such unique environmental characteristics. Highlights the charcoal found of Abies sp. (presumably A. pinsapo) in certain zones where the species is extinct at present. Also, chronologies obtained through radiocarbon dating point to the autochthonous character of Pinus pinaster on serpentinitic soils, and indicate as predominant vegetation the coniferous forests (fir and pine, even as mixed formations) during the last 10,000 years. Absence of old charcoal from Quercus sp. seems to demonstrate its secondary role in the set of the vegetation of Sierra Bermeja during the Holocene.

Keywords: *Abies pinsapo, Conservationist Management, Pedoanthracology, Peridotites, Pinus pinaster*

1. Introducción

La composición y estructura de la vegetación ultramáfica mediterránea se aleja destacadamente de las que son comunes sobre otros sustratos presentes en la cuenca del Mediterráneo. El macizo peridotítico de Sierra Bermeja (cordillera Bética, sur de España) es el mayor exponente de la vegetación ultramáfica en el Mediterráneo occidental. En esta montaña, las peridotitas y los suelos serpentiníticos consecuentes constituyen el soporte de una gran población de gimnospermas divididas en dos comunidades forestales: abetales de *Abies pinsapo* Boiss. y pinares de *Pinus pinaster* Aiton. Estos bosques de coníferas son los

componentes clave de la estructura vegetal de este territorio de tan singulares características lito-edáficas, si bien han sido especies consideradas de manera muy diferente en cuanto a su autoctonía y, por tanto, importancia a la hora de caracterizar la vegetación del macizo (Gómez-Zotano et al., 2004b).

Los primeros constituyen los únicos bosques de abetos de carácter ultramáfico del mundo (Cabezudo, Nieto y Pérez-Latorre, 1989; Nieto, Pérez-Latorre y Cabezudo, 1991; Costa, Morla y Sainz, 2005), siendo considerados flora terciaria relictual (Arista, 1995; Linares, Camarero y Carrerira, 2009; Pérez-Latorre, Cabezudo, Galán de Mera y Carrión, 2001) de gran originalidad debido a su carácter paleoendémico y notable valor paisajístico y biogeográfico (Alba-Sánchez y López, 2013; Gómez-Zotano, Román y Thorne, 2015). *A. pinsapo* es uno de los árboles de mayor singularidad y valor ecológico de cuantos habitan en la península ibérica, siendo el único abeto estrictamente mediterráneo presente en este territorio (Olmedo-Cobo, Cunill-Artigas, Martínez-Ibarra y Gómez-Zotano, 2017a). Sierra Bermeja –junto a las sierras de Las Nieves y Grazalema– es uno de los tres núcleos disjuntos de la Serranía de Ronda que integran su reducida área de distribución en la actualidad, y en donde la especie encontró refugio biogeográfico tras el retroceso postglacial que experimentaron este tipo de abetales mediterráneos. Es, en consecuencia, una especie que sobrevive en su límite ecológico, siendo especialmente vulnerable al cambio climático, a los incendios forestales, al sobrepastoreo y a determinados agentes patógenos (principalmente hongos e insectos), que se han erigido en los principales factores de riesgo que amenazan su supervivencia (Olmedo-Cobo et al., 2017a).

Es por ello por lo que ha sido declarado un taxón en peligro de extinción e incluido dentro del Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía (1999) y de la Lista Roja de la Flora Vascular de Andalucía (2005). Dicho estatus amenazado se refleja en la preservación de las áreas refugio de la especie bajo distintas figuras de protección, como son los Parques Naturales y Reservas de la Biosfera de la UNESCO e Intercontinental del Mediterráneo de Sierra de las Nieves y Sierra de Grazalema, y el Paraje Natural de los Reales de Sierra Bermeja. A escala europea, además, el reconocimiento de su fragilidad y necesidad de protección llevó a la declaración de sus bosques como el Hábitat de Interés Comunitario “9520 Abetales de *Abies pinsapo* Boiss.” a partir de la Directiva 92/43/CEE de la Comisión Europea para el Medio Ambiente, quedando incluidos las tres áreas montañosas donde habita dentro de la Red Ecológica Europea NATURA 2000. En el caso concreto de Sierra Bermeja, los abetales serpentinícolas son únicos y se encuentran limitados a determinadas cumbres, bajo condiciones meso-supramediterráneas húmedas, considerándose especialmente amenazados debido a la alarmante situación actual de aislamiento de sus poblaciones por fragmentación de sus hábitats, lo que compromete su viabilidad e intercambio genético sobre suelos serpentiníticos (Arista, 1995; Pérez-Latorre et al., 2001; Linares et al., 2009; Linares, 2011; Guzmán, Catalina, Navarro, López y Sánchez, 2012; Olmedo-Cobo et al., 2017a).

Respecto a los pinares de *P. pinaster*, presentan un área natural de distribución que, de acuerdo con Baradat y Marpeaux (1988), es resultado de los eventos ocurridos durante la última glaciación, apareciendo en la zona occidental del Mediterráneo Occidental (suroeste de Europa y noroeste de África) (Vendramin, Anzidei, Madaghiele y Bucci, 1998; Costa et al., 2005; Morla et al., 2006; Farjon y Filer, 2013). Es una especie que presenta multiplicidad de hábitats al desarrollarse sobre diferentes sustratos (calizas, dolomías, esquistos, granitos, margas, peridotitas), altitudes (hasta 2.200 msnm) y mesoclimas, tanto en zonas litorales (dunas costeras), arenales interiores y en cordilleras de mediana altitud (Rosúa, 2001; Costa et al., 2005; Castroviejo, 2010; López et al., 2010; Farjon y Filer, 2013). Bajo estas condiciones generales, sus bosques constituyen tanto faciaciones forestales climácicas monoespecíficas de carácter edafoxerófilo, ocupando nichos ecológicos donde reemplazan a bosques climatófilos de planifolios (Pérez-Raya, López, Molero y Valle, 1990; Molero, Pérez y Valle, 1992), como formaciones mixtas con *Quercus* u otras especies de *Pinus* (Costa et al., 2005) formando generalmente parte del clímax forestal como especie secundaria. Asimismo, es un árbol que ha sido intensamente repoblado en Francia, España, Portugal y Marruecos para su

aprovechamiento maderero y para la extracción de resina y pasta para la industria papelera (Rodríguez et al., 2008; Calama et al., 2010; Wahid, Naydenov, Kamari, Boulli y Tremblay, 2010; Farjon y Files, 2013), lo que en determinados casos dificulta la diferenciación entre bosques climácicos y formaciones repobladas naturalizadas.

Por este hecho, en la península ibérica, donde la especie encuentra su mayor distribución, *P. pinaster* se ha circunscrito tradicionalmente a aquellos territorios donde sus poblaciones mantenían una continuidad temporal comprobada derivada de información etnobotánica y toponímica contenida en diversas fuentes documentales históricas (Gil, 1991; Sánchez-Gómez, Carrión, Jordán y Munuera, 1995; Rosúa, 2001). Sin embargo, no siempre resulta sencillo distinguir los bosques autóctonos de las plantaciones forestales asociadas a los grandes planes de reforestación con coníferas que tanta importancia han adquirido en este territorio durante la segunda mitad del siglo XX (Casatroviejo, 2010; Valbuena-Carabaña, de Heredia, Fuentes-Utrilla, González-Doncel y Gil, 2010). Tal es el caso de Sierra Bermeja, donde la especie ha estado sometida a una secular explotación forestal, favorecida por la repoblación de numerosos de sus montes, lo que ha provocado tradicionalmente su consideración como taxón introducido (Gil, 1991; Pérez-Latorre et al., 2001; Gómez-Zotano, 2004a). Frente a esta conjetura, en los últimos años han surgido nuevas teorías fitosociológicas que apuestan por el posible carácter autóctono de *P. pinaster* (Pérez-Latorre et al., 2001; Valle, 2003; Rivas-Martínez, 2011) como integrante de bosques edafoxerófilos termo-mesomediterráneos subhúmedos-húmedos, que se desarrollan por debajo de la franja de los abetales.

Además de las coníferas, la presencia de planifolios arbóreos se reduce a grupos aislados de *Quercus* (*Quercus rotundifolia* Lam., *Q. suber* L., *Q. pyrenaica* Willd., *Q. faginea* Lam.), cuyo desarrollo ha sido entendido habitualmente como reflejo de la clímax forestal en este macizo por debajo del dominio altitudinal de los abetales. Esta circunstancia, y las distintas consideraciones acerca de la naturalidad de *P. pinaster* en el macizo anteriormente expuestas, han favorecido una controversia científica acerca del papel climácico en sustratos ultramáficos mediterráneos tanto de esta conífera como de los planifolios, es decir, sobre el carácter secundario o no de *P. pinaster* respecto a los *Quercus* arbóreos o bien si éstos constituyen excepciones azonales de carácter edáfico en el seno de las coníferas (Gómez-Zotano, 2004b).

Más allá de estos planteamientos iniciales teóricos, cabe decir que, a pesar de que Sierra Bermeja ha suscitado el máximo interés de los botánicos y biogeógrafos, el conocimiento de la vegetación arbórea de este macizo denota importantes lagunas científicas a diferencia de lo que sucede con otros ecosistemas serpentínicos mediterráneos, muy bien estudiados y documentados, como los de Italia (Ferrari, Lombini y Carpené, 1993; Chiarucci y De Dominicis, 1997), Albania y Grecia (Stevanovic, Tan y Iatrou, 2003), Marruecos (Manthei, 2012) o Portugal (Sequeira y Pinto da Silva, 1991). La información hasta ahora disponible se orienta al conocimiento de los endemismos serpentinófitos y su conservación, y a estudios de fisiología vegetal encaminados a desvelar el efecto que tienen los metales pesados de los suelos serpentiníticos en la flora bermejense, destacando los trabajos de Rivas-Goday (1969), Brooks et al. (1996), Gavira y Pérez-Latorre (2003), Asensi, Aguiar, Sánchez-Mata y Monteiro-Henriques (2011), Rufo, Rodríguez y Fuente et al. (2005), Pérez-Latorre, Hidalgo-Triana y Cabezudo (2013), Gómez-Zotano, Román, Hidalgo-Triana y Pérez-Latorre (2014) y Gómez-Zotano et al. (2015). Particularmente escaso es el conocimiento sobre dinámicas paleoecológicas de los bosques (Olmedo et al., 2017a), habiéndose realizado hasta ahora tan solo aproximaciones teóricas a su paleobiogeografía a partir de los análisis palinológicos disponibles desarrollados en su entorno por Gutiérrez, Díaz, Nebot y Celis (1997) y Alba-Sánchez et al. (2010) en la Serranía de Ronda, Combourieu et al. (2002) y Feddi, Fauquette y Suc (2011) en el mar de Alborán, Rodríguez-Ariza (2004) en la cueva del Toro (costa mediterránea del sur de España), y Carrión et al. (2008) en la cueva de Gorham (Gibraltar). Además, dada la importancia de *A. pinsapo*, y de acuerdo con Alba-Sánchez y López (2013), aunque su conocimiento paleobiogeográfico está experimentando importantes avances en los

últimos años, faltan análisis paleoecológicos que complementen los escasos estudios polínicos realizados en sus áreas refugio.

Por tanto, para subsanar esta carencia de conocimiento, en esta investigación se plantean diferentes conjeturas paleoecológicas a partir de los resultados obtenidos del análisis pedoantracológico (estudio de los carbones del suelo) efectuado en 11 localidades de Sierra Bermeja, con el objetivo principal y general de conocer a través del registro de carbón edáfico las dinámicas ecológicas de los bosques de Sierra Bermeja a lo largo del Holoceno. Específicamente, considerando la información preexistente, las hipótesis de partida son:

- El aceptado rol climácico de los abetales de *A. pinsapo* permite considerar que esta especie gozó en el pasado de un área de distribución más amplia que la actual dada la existencia de biotopos potenciales para la misma que hoy día no están ocupados por ella, tal y como reflejan los modelos teóricos de distribución de especies (MDS) y confirman algunas fuentes documentales históricas a partir del siglo XVI.
- La distribución actual de *P. pinaster* junto a los comprobados refugios glaciales sur-ibéricos de la especie, que se derivan de la información palinológica y antracológica disponible de otras regiones peninsulares, lleva a pensar que esta conífera podría formar parte de las formaciones forestales climácicas desarrolladas sobre sustratos ultramáficos en Sierra Bermeja.
- El carácter tóxico de los suelos serpentiníticos, su escaso desarrollo y la comprobada repulsión que presentan los *Quercus* arbóreos a este tipo de sustratos en la actualidad los sitúa como vegetación muy secundaria en relación a las coníferas, lo que alimenta en gran medida la enquistada controversia fitosociológica existente al respecto.
- En el supuesto de que abetales y pinares constituyesen los bosques climácicos sobre suelos serpentiníticos a lo largo del Holoceno, ambas formaciones presentarían una dinámica forestal marcada por una clara gradación altitudinal en virtud de las condiciones mesoclimáticas locales, lo que además se vería complementado con una neta diferenciación solana-umbría.

2. Procedimiento metodológico y área de estudio

Sierra Bermeja se localiza en el extremo occidental de la cordillera Bética (sur de España, península ibérica) (figura 1). Este macizo litoral de mediana altitud (1.508 msnm, Cerro Abanto) constituye, con una superficie de 300 km², uno de los mayores afloramientos peridotíticos del planeta (Dickey, 1970). Su naturaleza ultramáfica ha condicionado las demás características abióticas y bióticas –suelos, modelado, ocupación vegetal, fauna–, la conformación de raros ecosistemas serpentínicos, la explotación antrópica –principalmente forestal– y la componente paisajística del territorio. En particular, el carácter de su flora y vegetación se ve condicionado por el alto contenido en metales pesados sin función biológica conocida que tienen los suelos serpentiníticos, carentes además de ciertos nutrientes esenciales, lo que, en su conjunto, provoca disfunciones fisiológicas en los seres vivos y un carácter xerófilo de los suelos, con alta susceptibilidad a la erosión (Yusta y Berahona, 1985; Aguilar, Calvo, Fernández y Macías, 1998; Rufo et al., 2005). Se producen, en consecuencia, fenómenos de serpentinomorfosis (“síndrome de serpentina”) generadores de una flora en parte endémica de Sierra Bermeja (Gómez-Zotano et al., 2014). Además, la toxicidad de los suelos excluye a la mayoría de las especies de las formaciones mediterráneas circundantes, incluso a los taxones exóticos y/o invasores (Cabezudo et al., 1989; Casimiro-Soriguer y Pérez Latorre, 2008; Asensi et al., 2011).

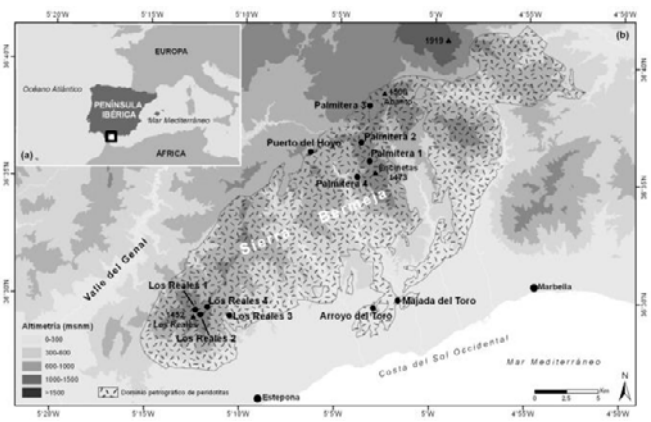
Junto al roquedo predominante, el clima de esta montaña litoral también adquiere una notable singularidad. Según Gómez-Zotano, Alcántara, Martínez-Ibarra y Olmedo-Cobo (2016), se considera un mesoclima mediterráneo de montaña subhúmedo-húmedo, con una media anual de precipitaciones que oscila entre los 800 mm cerca de la costa y los 1.600 mm en las cimas (valores que, por tanto, se desmarcan de la exigua pluviosidad mediterránea), y unos promedios anuales de temperatura de entre 10 y 16ºC. Pueden diferenciarse, en

consecuencia, tres pisos bioclimáticos: termomediterráneo subhúmedo (hasta los 800 m), mesomediterráneo subhúmedo-húmedo (800-1.300 m) y supramediterráneo húmedo (a partir de los 1.300 m) (Gómez-Zotano, 2004a; Gómez-Zotano et al., 2016; Olmedo-Cobo y Gómez-Zotano, 2017).

Los condicionantes mesológicos de tipo litológico y climático, unidos a la encrucijada geográfica entre dos continentes y dos grandes masas de agua en la que se sitúa el macizo –Europa y África, y Océano Atlántico y Mar Mediterráneo respectivamente–, lo convierten en un área refugio de flora y uno de los mayores centros de especiación a efectos tipológicos, paisajísticos y fisiográficos de la vegetación mediterránea (Cabezudo et al., 1989; Gómez-Zotano, 2004a; Alba-Sánchez et al., 2010; Gómez-Zotano et al., 2014). A nivel corológico, el ámbito de estudio forma parte de provincia biogeográfica Bética (región Mediterránea, reino Holártico) e integra, en virtud de su personalidad florística, el distrito Bermejense del sector Rondeño (Rivas-Martínez, 2011). En este contexto, son dos los grandes dominios forestales presentes en Sierra Bermeja: los bosques edafoxerófilos de *P. pinaster* sobre ultramafitas y los abetales climatófilos de *A. pinsapo,* que sustituyen en altitud a los anteriores y cuyo desarrollo sobre suelos ultramáficos los convierte en una formación única en el planeta. Estos bosques identifican, respectivamente, las series de vegetación *Querco cocciferae-Pineto acutisquamae S.* y *Bunio macucae-Abieteto pinsapo S*. (Cabezudo et al., 1989; Nieto et al., 1991; Asensi et al., 2011; Rivas-Martínez 2011).

Respecto a la dialéctica sociedad-medio en este territorio, su localización geográfica ha implicado un devenir histórico de civilizaciones diversas, lo que ha repercutido decisivamente en la profunda modificación que el ser humano ha hecho de la cubierta vegetal original. En este sentido, ha prevaleciendo la minería y el uso forestal (extracción de madera y resina de pino) durante el siglo XIX y primera mitad del XX. A partir de 1950 se abandonaron los usos tradicionales del monte, convirtiéndose Sierra Bermeja en el traspaís de la urbanizada Costa del Sol Occidental. Desde 2007 el macizo aspira, gracias a sus valores naturales, a formar parte de la Red de Parques Nacionales de España como el mejor representante de los raros ecosistemas serpentínicos (Gómez-Zotano et al., 2014, 2015), siendo incluido en la Red Natura 2000 (LIC Los Reales de Sierra Bermeja y ZEC Sierras Bermeja y Real.

FIGURA 1
Localización del área de estudio y de los sondeos pedoantracológicos efectuados.



Fuente: Elaboración propia (2017). Capas de base: REDIAM.

La metodología empleada consiste en el análisis pedoantracológico de acuerdo con los protocolos establecidos por Thinon (1992), Carcaillet y Thinon (1996) y Talon et al. (1998) y adaptados por Cunill, Soriano, Bal, Pèlachs, Rodríguez y Pérez-Obiol (2013) en el Pirineo. Se han llevado a cabo 11 sondeos pedoantracológicos en otras tantas localidades bermejenses (figura 1), cuyas características geográficas se recogen en la tabla 1, en suelos serpentiníticos tipo leptosol y, en menor medida, regosol, de distinto desarrollo y profundidad, algunos con un grado de rocosidad propio de litosoles. En cada uno de ellos se han identificado entre 2 y 8

niveles de muestreo (42 en total), los cuales se han delimitado a partir de la descripción de los horizontes edáficos, si bien, cuando el espesor de éstos ha sido muy amplio, se han subdividido en varios niveles de muestreo. En cada uno de estos niveles se ha recogido entre 2,5 y 8 kg de suelo, cuyo tratamiento en laboratorio ha seguido la técnica del tamizaje con agua (tamaños de malla de 5, 2 y 0,8 mm). Una vez seca la fracción retenida en los tamices (mezcla de mineral y fracción orgánica), se ha procedido a la separación manual del carbón, si lo hubiere, contenido en éstos con la ayuda de una lupa binocular, lo que permitido el cálculo de la antracomasa absoluta (mg de carbón por kg de residuo mineral-orgánico) para cada nivel de muestreo.

Tabla 1.
Datos geográficos de las localidades de estudio y características de los sondeos.

Localidad	Coordenadas geográficas	Altitud (msnm)	Ambiente geoecológico	Sustrato (tipo de suelo)	Profundidad del sondeo (cm)	Niveles de muestreo
Palmitera 1	36º35,883 N 05º03,362 W	1.360	Matorral en fondo de cuenca endorreica	Peridotita (regosol)	80	5
Palmitera 2	36º36,700 N 05º03,795 W	1.202	Pinar en ladera	Peridotita (leptosol)	90	4
Palmitera 3	36º38,006 N 05º03,515 W	1.256	Pinar con abetos en ladera	Peridotita (leptosol)	36	2
Palmitera 4	36º35,225 N 05º04,019 W	838	Pinar en ladera	Peridotita (litosol)	66	3
Los Reales 1	36º29,430 N 05º12,383 W	1.165	Abetal-pinar en ladera	Peridotita (leptosol)	103	5
Los Reales 2	36º29,228 N 05º12,105 W	1.247	Abetal en ladera	Peridotita (leptosol)	52	4
Los Reales 3	36º29,175 N 05º10,602 W	638	Matorral con pinos en ladera	Peridotita (leptosol)	29	2
Los Reales 4	36º29,216 N 05º12,058 W	1.070	Pinar en ladera	Peridotita (leptosol)	84	3
Puerto del Hoyo	36º36,243 N 05º06,470 W	938	Pinar en ladera	Peridotita (leptosol)	137	8
Majada del Toro	36º29,924 N 05º01,697 W	146	Matorral (retamar)	Peridotita (leptosol)	12	1
Arroyo del Toro	36º29,355 N 05º03,028 W	154	Matorral con pinos	Peridotita (leptosol)	97	4

Fuente: Elaboración propia (2017).

Para la identificación de los fragmentos de carbón recopilados, se ha utilizado un microscopio episcópico de luz incidente con contraste de interferencia diferencial, con aumentos de 50x, 100x, 200x y 500x. Este análisis microscópico ha obligado al tratamiento de las muestras con bisturí, de nuevo con la ayuda de lupa binocular, para obtener las tres secciones anatómicas de la madera –transversal, radial y tangencial– en las que reconocer las características anatómicas para la clasificación taxonómica. Como fuentes de apoyo para la identificación taxonómica se han utilizado las claves de anatomía de maderas recogidas en Schweingruber (1990) y Vernet (2001), y la colección de referencia existente en la antracoteca del Laboratorio de Geografía Física de la Universidad de Granada. Posteriormente, se ha calculado la antracomasa relativa de las especies o agrupaciones de taxones identificadas (antracomasa taxonómica).

Finalmente, se ha llevado a cabo la datación radiométrica ^{14}C AMS (Accelerator Mass Spectrometry) de 41 muestras en el Poznan Radiocarbon Laboratory (Poznan, Polonia), habiéndose calibrado los resultados con el programa Oxcal (Bronk, 2009) versión 4.2 y la base de datos IntCal 09.14c (Reimer, Bard y Bayliss, 2013) desviación estándar de 2σ (95% probabilidad).

3. Resultados y discusión

3.1. Justificación de la metodología utilizada

La ausencia de evidencias físicas extraídas del registro fósil en el sur de España, a diferencia de lo que sucede en otros territorios peninsulares –Galicia, Cataluña, Levante o los sistemas montañosos Ibérico y Central–, ha dificultado tradicionalmente los estudios de corte paleoecológico (López y López, 1994). Por ejemplo, resulta flagrante que hasta principios del siglo XXI –hace menos de una década– no se hubiese llevado a cabo ningún tipo de análisis paleoecológico en los enclaves donde pervive en la actualidad una de las especies forestales de mayor valor y singularidad de cuantas habitan en suelo ibérico, como es *A. pinsapo*. Respecto a esta especie, solo se contaba en el momento de comenzar esta investigación (2013) con los análisis palinológicos desarrollados en la Serranía de Ronda por Alba-Sánchez et al. (2010).

Por lo que respecta a *P. pinaster*, y como ya se indicó en la introducción, ha sido considerada tradicionalmente una especie introducida en Sierra Bermeja (Gil, 1991; Pérez-Latorre et al., 2001), si bien recientes teorías fitosociológicas defienden el carácter autóctono de esta conífera (Pérez-Latorre et al., 2001; Valle, 2003; Rivas-Martínez 2011). En este contexto de falta de conocimiento paleoecológico en Sierra Bermeja, el método pedoantracológico, a diferencia de los análisis palinológicos, permite reconstruir con gran precisión espacial la historia de la vegetación leñosa incendiada (Talon, Carcaillet y Thinon, 1998), por lo que su utilidad queda más que justificada alcanzar los objetivos de partida.

3.2. Análisis de antracomasa

En todos los puntos de sondeo se ha encontrado carbón, aunque en cantidades muy variables, lo que determina unas tasas de antracomasa tanto globales como por nivel de muestreo muy diferentes (tabla 2); en general, los niveles más superficiales (I y II) son los que presentan los mayores valores de antramasa. En concreto, el sondeo de Palmitera 1 es en el que se ha encontrado una antracomasa más elevada, 137.379,3 mg/kg, siendo el nivel II (8-21 cm de profundidad), con un valor de 112.086,8 mg/kg (81.5% del total), el que contiene la mayor tasa de todas las que se han obtenidos en los 42 niveles que totalizan los 11 puntos de muestreo.

Las cercanas localidades de Palmitera 3 y Palmitera 2 suman 7.831,6 mg/kg (máximo de 6.858,8 mg/kg en el nivel I) y 7.066,3 mg/kg (máximo de 5.997,3 mg/kg en el nivel I) respectivamente, mientras que las tasas de antracomasa en Los Reales 1 y 2 están en torno a 2.000 mg/kg (1.219,4 mg/kg en el nivel I de Los Reales 1 y 993,3 mg/kg en el nivel II de los Reales 2). Las menores tasas de antracomasa absoluta corresponden a los sondeos de Los Reales 4, Palmitera 4, Arroyo del Toro y Majada del Toro, que en ningún caso superan los 100 mg/kg, mientras que los valores encontrados en Los Reales 3 y Puerto del Hoyo son también modestos, de 197 mg/kg y 413,7 mg/kg respectivamente.

A partir de los elevados valores de antracomasa obtenidos en algunos de los sondeos realizados se puede establecer que el fuego es un elemento principal en la configuración del paisaje forestal de Sierra Bermeja; además, como se podrá comprobar más adelante, las cronologías obtenidas de las dataciones efectuadas permiten extender la importancia de los incendios forestales en el macizo a buena parte del Holoceno. En primer lugar, especialmente destacada es la tasa de antracomasa específica de 112.000 mg/kg encontrada en el nivel II de Palmitera 1 (137.000 mg/kg para el conjunto del sondeo) (tabla 2), valor que no encuentra parangón en otros ambientes de montaña o media montaña pirenaicos, alpinos o centroeuropeos, en donde las tasas de antracomasa específica por nivel de muestreo raramente superan los 2.000 mg/kg (Touflan y Talon, 2008; Bal, Rendu y Ruas, 2010; Cunill, Métailié y Galop, 2015; Novák et al., 2017), habiéndose encontrado tasas de hasta 9.000 mg/kg por nivel en el norte de Alemania (Robin, Talon y Nelle, 2013) y

de hasta 23.000 mg/kg en el centro de la península ibérica (Álvarez, Bal, Allée, García-Amorena y Rubiales, 2017).

Tabla 2.
Tasas de antracomasa por nivel de muestreo y antracomasa absoluta de cada sondeo realizado.

Sondeo	Nivel de muestreo								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	TOTAL
1_Palmitera 1	5.717,9	112.086,8	4.656,1	10.825	4.093,5	-	-	-	137.379,3
2_Palmitera 2	5.997,3	898,4	57,1	113,5	-	-	-	-	7.066,3
3_Palmitera 3	6.858,8	972,8	-	-	-	-	-	-	7.831,6
4_Palmitera 4	59,5	32,8	7,2	-	-	-	-	-	99,5
5_Los Reales 1	1.219,4	441	304,6	0	0	-	-	-	1.965
6_Los Reales 2	735,9	993,3	217,9	168,1	-	-	-	-	2.115,2
7_Los Reales 3	197,1	0	-	-	-	-	-	-	197,1
8_Los Reales 4	79,6	15,9	2,8	-	-	-	-	-	98,3
9_Puerto del Hoyo	406,7	1,6	4,9	0,5	0	0	0	0	413,7
10_Majada del Toro	1,35	-	-	-	-	-	-	-	1,35
11_Arroyo del Toro	12,8	2,4	0	0	-	-	-	-	15,2

Fuente: Elaboración propia (2017).

En este tipo de ambientes mediterráneos de montaña la importancia del fuego es común en la configuración de sus paisajes vegetales, tal y como se conoce para diferentes regiones (Ajbilou, Marañón y Arroyo, 2006; Gil-Romera, García y Calleja, 2008; Mouillot, Ratte,, Joffre, y Rambal, 2003; Tinner et al., 2016), aunque también lo es en la génesis de los mosaicos vegetales de montaña del norte y centro de la península ibérica (Ejarque, Miras, Riera, Palet y Orengo, 2010; Bal et al., 2012; Cunill et al., 2013; Pérez-Sanz et al., 2013; Pérez-Obiol, García-Codron, Pèlachs, Pérez-Haase y Soriano, 2016; Álvarez et al., 2017;) al amparo de climas mucho menos favorables al fuego. En el caso concreto de Sierra Bermeja, Vega-Hidalgo (1999) ha establecido una recurrencia media de los episodios de fuego en la actualidad de 14,5 años, lo que adquiere más relevancia aún si cabe en este macizo debido a la toxicidad de los suelos serpentíniticos y a su precario desarrollo, condicionando, en un medio de fuertes pendientes, la regeneración vegetal post-incendio tanto de la cubierta arbórea como de los estratos leñosos de matorral debido a la erosión a la que se ven expuestos los suelos. Un proceso degenerativo edáfico que resulta particularmente importante debido a las intensas lluvias que suelen acontecer en Sierra Bermeja, en particular en otoño –con acumulados de precipitación que frecuentemente superan los 50-100 mm/día–, es decir, poco tiempo después de la época estival que es cuando tienen lugar la mayor parte de los incendios forestales (Olmedo-Cobo y Gómez-Zotano, 2017).

3.3. Identificaciones obtenidas

Se ha analizado un total de 3.412 carbones, de los que 2.144 han resultado identificaciones válidas (62,8%) y 1.268 fragmentos (37,2%) han quedado indeterminados. Entre las muestras válidas (tabla 3), se han encontrado 2 taxones arbóreos a nivel de especie y género, que corresponden respectivamente a *P. pinaster* (775, 36,1%) y *Abies* sp. (141, 6,6%), que en conjunto representan el 42,7% del total de identificaciones positivas, y un total de 5 grupos taxonómicos a nivel de familia que se han separado en dos categorías distintas: la primera corresponde al grupo de muestras de *Quercus* sp. (Fagaceae), cuya significación alcanza el 29,5% de las identificaciones válidas (636, 29,6%), sin que haya sido posible discernir entre especies de matorral (*Q. coccifera*) y arbolado (*Q. rotundifolia, Q. suber, Q. pyrenaica, Q. faginea*); la segunda agrupa distintas especies de matorral pertenecientes a las familias Cistaceae, Fabaceae, Ericaceae y Berberidaceae, que solo representan el 7,5% (160 muestras).

Asimismo, se han identificado parcialmente otros fragmentos que quedan agrupados en las categorías de Gimnospermas y Angiospermas, sin que haya sido posible alcanzar un mayor nivel de diferenciación, cuya significación es del 9,2% (198) y del 10,9% (234) respectivamente respecto al total de muestras identificadas. El sondeo de Palmitera 1 es el que presenta una mayor diversidad taxonómica, habiéndose encontrado en sus niveles de muestreo los dos elementos arbóreos (*P. pinaster* y *Abies* sp.) y todos los grupos taxonómicos considerados (Gimnospermas indeterminadas, *Quercus* sp., Angiospermas indeterminadas y grupo de especies de matorral). Por el contrario, los sondeos que tienen menor fitodiversidad son los correspondientes a Los Reales 3 (*P. pinaster,* Gimnospermas indeterminadas, Angiospermas indeterminadas y grupo de especies de matorral), Puerto del Hoyo (*P. pinaster,* Gimnospermas indeterminadas, *Quercus* sp. y Angiospermas indeterminadas), Arroyo del Toro (*P. pinaster,* Gimnospermas indeterminadas, *Quercus* sp. y Angiospermas indeterminadas) y Majada del Toro (Angiospermas indeterminadas), de manera acorde a las exiguas tasas de antracomasa encontradas en estos muestreos.

Finalmente, en todos los puntos de sondeo se ha encontrado un número considerable de carbones cuyo análisis ha resultado indeterminado, en su mayor parte correspondientes a muestras vitrificadas en las que ha sido imposible reconocer característica anatómica alguna. Estos fragmentos son los más numerosos en Palmitera 2 (188, 34,8%), Palmitera 4 (47, 33,3%), Los Reales 2 (154, 39,5%), Los Reales 3 (86, 65,1%), Los Reales 4 (44, 40,4%), Puerto del Hoyo (85, 39,9%), Majada del Toro (5, 62,5%) y Arroyo del Toro (16, 34%).

Del análisis de las especies identificadas y su distribución en el macizo se extrae una consecuencia principal: los abetales ultramáficos tuvieron un área de distribución pasada más amplia que la actual en Sierra Bermeja. Estos abetales, presumiblemente de *A. pinsapo* por ser ésta la única especie de abeto presente actualmente en el sur de la península ibérica, se extendían al menos a la zona de cumbres de la Sierra Palmitera, localidad en donde la especie está ausente en la actualidad. Se confirma así la hipótesis de partida acerca de la existencia en el pasado de un área de distribución de los abetales béticos más amplia que la actual, presunción que ya había sido defendida por Gómez-Zotano (2006) a partir de parámetros bioclimáticos, y por Linares (2011) basándose en fósiles de ancestros comunes de distintas especies de abetos circunmediterráneos integrantes de bosques terciarios, cuya distribución biogeográfica fue mucho más amplia en el Mediterráneo Occidental. A partir de estos bosques ancestrales, los actuales abetales habrían conseguido sobrevivir tras el retroceso postglacial que experimentaron en las regiones mediterráneas más meridionales, quedando relegados a montañas húmedas de mediana altitud (García y de Palacios, 2007; Linares, 2011), caso de Sierra Bermeja. En este sentido, los estudios de Van der Veken, Bellemare, Verheyen y Hermy (2007) y Alba-Sánchez et al. (2010) apuntan asimismo que el área de distribución de los abetales se vio favorecida en el sur de la península ibérica y norte de África por las oscilaciones climáticas relacionadas con los continuos avances de los fríos glaciales, en un proceso de contracción y fragmentación de los rangos de distribución de las especies mejor adaptadas a climas templados.

Los resultados empíricos obtenidos se pueden relacionar positivamente tanto con la restante información paleoecológica disponible para esta especie en esta área como con los corolarios teóricos derivados de los MDS aplicados a *A. pinsapo*. En el primer caso, las señales polínicas de abeto encontradas en determinadas lagunas, turberas y cuevas del sur y sureste de la península ibérica (véase Carrión, 2013) respaldan la hipótesis de la existencia de un áreal biogeográfico más amplio en el pasado en la cordillera Bética, habiéndose llegado a detectar registros de polen de *Abies* sp. superiores al 3-5 %, valores que se han establecido como el parámetro que asegura la presencia de los bosques in situ. En segundo lugar, el registro de carbón edáfico permite validar para Sierra Bermeja las conclusiones teóricas derivadas de los principales MDS aplicados a *A. pinsapo* (Gonzalo,

García y Allué, 2004; Navarro et al., 2006; Alba-Sánchez et al., 2010; Alba-Sánchez y López, 2013; López-Tirado y Hidalgo, 2014; Guerrero, Cáceres, Giménez de Azcarate y Moreira, 2014). Éstos, basados en pautas de idoneidad y regresiones multivariables con el objeto de establecer diferentes grados de potencialidad de esta especie en montañas del sur y sureste de España, indican que existe una elevada habitabilidad para el pinsapo en prácticamente todo el territorio del macizo peridotítico por encima de 800-1.000 msnm.

Tabla 3.
Número de carbones/fragmentos analizados en cada punto de sondeo (taxones y grupos de especies identificados).

Sondeo	Carbones/fragmentos identificados							
	P. pinaster	***Abies* sp.**	**Gimnos p.**	***Quercus* sp.**	**Angios p.**	**Matorral**	**No ID**	**Total**
1_ Palmitera 1	118	23	26	525	14	17	411	1.134
2_ Palmitera 2	182	0	28	41	31	70	188	540
3_Palmitera 3	130	0	22	4	19	34	103	312
4_Palmitera 4	22	0	8	43	16	5	47	141
5_Los Reales 1	153	20	57	0	24	3	129	386
6_Los Reales 2	52	98	6	0	65	15	154	390
7_Los Reales 3	6	0	1	0	24	15	86	132
8_Los Reales 4	25	0	14	11	14	1	44	109
9_Puerto del Hoyo	79	0	26	7	16	0	85	213
10_Majada del Toro	0	0	0	0	3	0	5	8
11_Arroyo del Toro	8	0	10	5	8	0	16	47
Total	775	141	198	636	234	160	1.268	3.412

Fuente: Elaboración propia (2017).

Finalmente, la información que se deriva del registro de carbón se ve respaldada para época reciente por las fuentes documentales históricas (cartográficas y escritas), de cuyo análisis (ver Gómez-Zotano, Cunill-Artigas, Olmedo-Cobo y Arias-García, 2018 en prensa) se desprende la existencia de bosques o rodales de abetal –hoy extintos– en distintas localizaciones del conjunto montañoso de la Serranía de Ronda. En su conjunto, de ambas fuentes de conocimiento se desprende la existencia en el pasado de poblaciones históricas y paleopoblaciones de *A. pinsapo* en cuatro localidades de Sierra Bermeja (Gómez-Zotano et al., 2018 en prensa), en unos nichos ecológicos donde también se detecta matorral serial propio de los abetales serpentinófilos (Gómez-Zotano et al., 2015).

3.4. Dataciones e implicaciones paleoecológicas

De las 41 muestras datadas, representativas de 19 niveles de muestreo de 7 sondeos, 20 han presentado cronologías milenarias (correspondientes a 7 niveles de muestreo de 3 sondeos), abarcando un periodo de tiempo de entre 10173 y 1625 años cal BP –es decir, prácticamente todo el Holoceno– (tabla 4), mientras que las restantes muestras han presentado edades subactuales inferiores a 300 años. Todas las muestras milenarias corresponden exclusivamente a *P. pinaster* y *Abies* sp., habiéndose encontrado las cronologías más antiguas en Palmitera 1 y Los Reales 1, con una antigüedad superior a 7000 años cal BP, mientras que las dataciones de Los Reales 2, también de *P. pinaster* y *Abies* sp., se concentran en el intervalo 3572 a 1625 años cal BP. Las restantes 21 muestras tienen una cronología calibrada subactual inferior a 300 años, correspondiente tanto a *P. pinaster* (9) como a *Abies* sp. (6) pero también en este caso a *Quercus* sp. (6),

estando presentes en 6 de los 7 sondeos de los que se han datado muestras (solo faltan en Los Reales II).

Tabla 4.
Resultados de las dataciones efectuadas, por nivel de muestreo y punto de sondeo.

Sondeo	Nivel muestreo (profundidad en cm)	Especie	Cronologías		
			Edad convencional (14C años BP)	Edad calibrada (años BP) (95%)	Código de Laboratorio
Palmitera 1	IV (33-52)	*Abies* sp.	6480 ± 40	7470-7310	Poz-78851
		Abies sp.	5710 ± 40	6631-6408	Poz-78852
		P. pinaster	4965 ± 35	5854-5604	Poz-78854
		Abies sp.	5771 ± 40	6992-6499	Poz-83922
		Abies sp.	4605 ± 35	5494-5244	Poz-83924
	V (53-80)	*P. pinaster*	7300 ± 40	8180-8020	Poz-78857
		Abies sp.	5840 ± 40	6761-6439	Poz-83920
		Abies sp.	7300 ± 50	8190-8010	Poz-83921
Los Reales 1	II (10-36)	*P. pinaster*	6200 ± 40	7244-6994	Poz-78861
		Abies sp.	6160 ± 40	7166-6949	Poz-83918
	III (37-61)	*P. pinaster*	6170 ± 40	7170-6949	Poz-78862
		P. pinaster	6070 ± 40	7151-6793	Poz-78886
		P. pinaster	6140 ± 40	7164-6930	Poz-83916
		Abies sp.	8860 ± 50	10173-9744	Poz-83919
Los Reales 2	I (0-7)	*P. pinaster*	2895 ± 30	3156-2947	Poz-83915
	III (18-33)	*Abies* sp.	1800 ± 30	1820-1625	Poz-82527
		P. pinaster	2405 ± 30	2682-2349	Poz-82528
	IV (34-52)	*P. pinaster*	1955 ± 30	1987-1827	Poz-82524
		Abies sp.	3270 ± 30	3572-3409	Poz-82525
		P. pinaster	2005 ± 30	2038-1883	Poz-82526

Fuente: Elaboración propia (2017).

En primer lugar, los resultados de las dataciones de muestras de carbón edáfico corroboran de forma inequívoca que las coníferas han integrado a lo largo del Holoceno las formaciones forestales dominantes sobre los sustratos ultramáficos bermejenses al menos durante los últimos 10.000 años. Así se desprende de las cronologías obtenidas para ambas coníferas (tabla 4): las muestras más antiguas de *Abies* sp. se remontan a 10173-9744 años cal BP (Los Reales 1, nivel III), mientras que las más pretéritas de *P. pinaster* presentan una edad de 8190-8010 años cal BP (Palmitera 1, nivel IV). En ambos casos hay continuidad en cuanto a la presencia de las especies en el macizo a lo largo de Holoceno, y en su conjunto abarcan el periodo 10173 a 1625 años cal BP. Además, las muestras subactuales, representativas en este caso de la vegetación actual, aseguran por un lado la pervivencia de estos bosques hasta el presente, como también lo atestiguan las fuentes históricas, mientras que por otro lado apuntan al rol secundario de los *Quercus* frente a las coníferas, ya que todas las muestras datadas de éstos han presentado edades inferiores a 300 años.

En el caso de *A. pinsapo*, estas pruebas empíricas confirman su aceptado carácter de relicto climácico suribérico, resultando de mucha mayor trascendencia las cronologías obtenidas de *P. pinaster* dado el supuesto carácter introducido –por repoblación– de esta especie en Sierra Bermeja defendido por la tendencia fitosociológica más tradicional. Tanto por el número de muestras de carbón de *P. pinaster* identificadas en el conjunto de los sondeos efectuados (775, 22,7% del total, tabla 3) como por el lapso temporal que cubren las dataciones efectuadas (intervalo 8190 a 1827 años cal BP, tabla 4), se puede aseverar que los bosques de *P. pinaster* han integrado a lo largo del Holoceno, junto con los abetales relictos terciarios de *A. pinsapo*, las formaciones forestales principales de Sierra Bermeja. Este planteamiento está en consonancia con los presupuestos fitosociológicos recientes defensores del carácter autóctono de *P. pinaster* e integrante, al menos en parte, de la clímax del macizo y no solo de etapas regresivas, defendidos por autores como

Ceballos y Vicioso (1933), Cabezudo et al. (1989), Nieto et al. (1991), Pérez-Latorre et al. (2001), Valle (2003), Costa et al. (2005) o Rivas-Martínez (2011).

En el caso de Sierra Bermeja, hasta ahora tan solo se había podido evaluar el carácter autóctono de la especie a partir de los registros polínicos de las cuevas del Bajondillo (Málaga) (ver Cortés et al. 2008) y de Gorham (Gibraltar) (ver Carrión et al. 2008), localidades situadas respectivamente a 70 y 40 km en línea recta del macizo. Sin embargo, en ambos casos, las condiciones mesológicas de dichas localidades son notablemente diferentes a las existentes sobre sustrato peridotítico, lo que impedía corroborar el carácter autóctono de la especie en Sierra Bermeja dadas sus particularidades ambientales (esencialmente lito-edáficas y mesoclimáticas). Sierra Bermeja se incorpora así al conjunto de territorios ibéricos donde la antracología ha confirmado el área natural de distribución de *P. pinaster* a lo largo del Holoceno y su rol principal dentro de los bosques de coníferas característicos del paisaje vegetal de zonas como la cuenca del Duero (4360 ± 40 años BP, Franco-Múgica, García-Antón, Maldonado-Ruiz, Morla-Juaristi y Sainz-Ollero, 2005; Hernández et al., 2011; Morales-Molino, Postigo-Mijarra, Morla y García-Antón, 2011), la vertiente sur de la Sierra de Gredos (2387 ± 32 años BP, López et al., 2010), el SW ibérico (2235 ± 40 años BP, Rubiales, García-Amorena, García y Morla, 2009) y el SE ibérico (Edad del Cobre a 725 ± 40 BP, Alcalde et al., 2004; Rodríguez-Ariza, 2000), así como en Portugal (33000 años BP, Figueiral, 1995). Por otra parte, queda confirmado que esta conífera pertenece al selecto grupo de especies que habitan en los suelos serpentínicos naturalmente tóxicos desarrollados sobre los sustratos ultramáficos (Liétor, Carrera, García y Ochoa, 2002).

Además, las cronologías obtenidas apuntan al posible refugio glacial de *P. pinaster* en Sierra Bermeja. A pesar de la inexistencia de dataciones pre-holocénicas, es probable que esta montaña formase parte del área más meridional de Europa que actuó como núcleo original de difusión postglacial de la especie. Tal y como habría sucedido desde el resto de refugios glaciales würmienses de baja latitud –Algarve y norte de África– una vez que *P. pinaster* quedó aislado en el Würm III, y a partir de poblaciones integradas por un pequeño número de individuos (Teixeira, 1945; Baradat y Marpeaeu, 1988), la especie habría migrado hacia el norte y en altitud aprovechando la mejora de las condiciones ambientales tardiglaciales y holocenas hasta lograr su distribución moderna.

En segundo lugar, y como ya se ha adelantado con anterioridad, la ausencia de cronologías antiguas de *Quercus* sp. en las dataciones efectuadas si bien no permite aseverar la inexistencia de bosques de planifolios en el pasado en Sierra Bermeja, sí que apunta a un posible papel secundario de éstos frente a pinares y abetales durante el Holoceno. De esta manera, los distintos *Quercus* arbóreos que todavía hoy es posible reconocer en el macizo se podrían considerar vegetación azonal sustitutiva de las coníferas solo bajo condiciones muy particulares, más aún teniendo en cuenta el comprobado carácter autóctono y dominante que parecen haber tenido los pinares resineros según revela el registro de carbón edáfico. Además, hay que tener en cuenta que, dado que el análisis al microscopio de las muestras impide separar los distintos tipos de *Quercus*, es imposible saber si éstas pertenecen a *Q. coccifera*, elemento propio del matorral acompañante del bosque maduro de *P. pinaster* (Cabezudo et al., 1989) y relativamente abundante en la actualidad, o a elementos arbóreos.

En cualquier caso, el hecho de que todas las dataciones de *Quercus* sp. realizadas hayan mostrado cronologías subactuales resta trascendencia al gran número de muestras que de ellos se ha encontrado en determinados sondeos, siendo además más probable que correspondan a coscoja que a encina, alcornoque, roble o quejigo a partir de la vegetación actual. Unos resultados que, por tanto, obligan a replantear el papel de los latifolios arbóreos dentro del dominio climácico de las coníferas en Sierra Bermeja, tal y como ya había sido apuntado por Gómez-Zotano (2006) y, por tanto, ayudan a solventar la enquistada controversia existente desde hace décadas entre latifolios y coníferas como

clímax forestal en el macizo, tal y como recogenn Gómez-Zotano, Olmedo-Cobo, Cunill-Artigas y Martínez-Ibarra (2017). Por tanto, en los pocos casos en los que los árboles latifolios aparecen sobre peridotitas, se trata de suelos más profundos, desarrollados en microtopografías de vaguadas o laderas umbrías, que han favorecido la expansión de su aparato radicular por aportes extra de humedad por compensación hídrica topográfica y/o edáfica (suelos con hidromorfía temporal) (Gómez-Zotano et al., 2004; Costa et al., 2005).

Respecto a la importancia del fuego en la configuración del paisaje vegetal de Sierra Bermeja a lo largo del Holoceno y hasta el presente, ésta queda comprobada tanto por las elevadas tasas de antracomasa encontradas en determinados sondeos como por la antigüedad abarcada por las dataciones efectuadas, lo que ya ha sido señalado previamente por Vega-Hidalgo (1999), Gómez-Zotano (2004), Gómez-Zotano et al. (2015, 2018 en prensa), Olmedo-Cobo et al. (2017a) y Olmedo-Cobo, Cunill-Artigas, Gómez-Zotano y Arias-García (2017b) entre otros. En este sentido, del análisis detallado de las 20 cronologías de antigüedad milenaria obtenidas se puede inferir que los incendios forestales han sido un elemento principal en la configuración del paisaje bermejense al menos a partir de 8190 años cal BP; la existencia de tan solo una datación más antigua no significa necesariamente una marcada ausencia de episodios de fuego con anterioridad a esta fecha, si bien sí que se puede intuir una menor recurrencia e importancia de los incendios a finales del periodo Tardiglaciar acorde a condiciones ambientales menos favorables al fuego. En particular, a partir de hace 7.500 años, y aproximadamente durante un milenio, es cuando parece que los incendios forestales adquieren una mayor trascendencia ya que 9 de las muestras datadas corresponden al periodo 7470 a 6408 años cal BP, que además afectaron a la práctica totalidad del macizo ya que dichas cronologías pertenecen a muestras de carbón recogidas tanto en la zona occidental (sondeo de Los Reales 1) como en la oriental (Palmitera 1).

Esta fase teóricamente inicial de drástica transformación de la vegetación de Sierra Bermeja a causa del fuego podría emparentarse en primer lugar con la progresiva tendencia hacia condiciones climáticas más secas y templadas experimentada en el Mediterráneo Occidental desde 12000-10000 años BP, con un máximo térmico –y probablemente seco– en torno a 10000-9000 años BP en el entorno del Mar de Alborán, tal y como señala Cacho et al. (2001). Unas nuevas circunstancias ambientales que favorecieron el rápido desarrollo y expansión geográfica del clima Mediterráneo al comienzo del Holoceno, según apuntan los análisis polínicos y los niveles lacustres (Cheddadi, Lamb, Guiot y van der Kaars, 1998; Jalut, Esteban, Bonnet, Gauquelin y Fontugne, 2000), lo que traería consigo una mayor recurrencia e intensidad de los incendios forestales. En este contexto, se considera que se produjo una paulatina homogeneización florística durante el Holoceno inicial, en particular de especies forestales (Carrión et al., 2008), proceso de simplificación de la flora que se puede considerar aun vigente en la actualidad, y que no solo hay que relacionarlo con cambios climáticos a gran escala, sino también con el impacto antropogénico de incendios y ganadería en la península ibérica y norte de África durante el Neolítico (Reille, 1977, Arroyo, Carrión, Hampe y Jordano, 2004). En el caso de Sierra Bermeja, el aumento de población en el piedemonte litoral del macizo durante el Neolítico y Calcolítico es un hecho comprobado (Santamaría et al., 1995; Fernández, Suárez, Tomassetti y Navarro, 2007), con un poblamiento especialmente intenso por ejemplo entre 8000 y 6000 años BP en las cavidades de origen kárstico del paraje del Torcal de la Utrera (Romo, Gómez-Zotano, Torres y Torres, 2008), distante apenas 10 km en línea recta de las cumbres occidentales principales del macizo.

Por tanto, y en segundo lugar, la neolitización del litoral y prelitoral cercano al macizo puede explicar, conjuntamente con las condiciones ambientales más térmicas y secas, la intensificación de los incendios forestales y una más que plausible modificación drástica del paisaje vegetal en apenas un milenio (7500-6400 años cal BP). Con posterioridad, la recurrencia de los incendios se mantiene aunque parece que con menor intensidad, con

lapsos temporales para los que no se han obtenido muestras de carbón, como por ejemplo entre 5244 y 3572 años cal BP y entre 1625 años cal BP hasta hace 300 años (momento en el que datan nuevas muestras de carácter subactual). Finalmente, y tal y como se puede comprobar en diferentes fuentes documentales escritas (ver Gómez-Zotano, 2004 y Vega-Hidalgo, 1999), los últimos siglos, en particular desde el XVIII, presentan una notable incidencia de los incendios forestales, lo que es acorde con las dataciones subactuales *Abies* sp., de *P. pinaster* y *Quercus* sp. (con una antigüedad inferior a 300 años) que se han obtenido en todos los puntos de sondeo, que, por tanto, corresponden a episodios de incendios forestales históricos.

Bajo estas condiciones de incendios forestales frecuentes desde hace 8.000 años, los bosques de coníferas presentarían una dinámica vegetal particular como respuesta a los ciclos de fuego bajo condiciones climáticas más secas y templadas que en milenios anteriores, dinámica que se puede caracterizar en algunas de sus pautas a partir de las cronologías disponibles. Como se puede comprobar en la tabla 4, en torno a 8200 años cal BP parece que habría bosques mixtos de *P. pinaster* y *Abies* sp. en la Sierra de la Palmitera, tal vez con mayor predominio de los abetos, como también parece que sucedió en Los Reales 1 en torno a 7170-7150 años cal BP, aunque en este caso tal vez el pinar pudo ser el bosque dominante como respuesta a condiciones de mayor sequedad que, al amparo de los fuegos, pudieron repercutir en el acantonamiento en altitud de los abetales. El predominio de muestras de *Abies* sp. en Palmitera 1 entre 6922 y 5244 años cal BP parece confirmar la importancia de los abetales en esta sierra durante el Holoceno temprano y medio; por tanto, su extinción se habría producido en los últimos 5000 años, lo que se podría relacionar tanto con la progresiva desecación del clima como con el impacto antropogénico sobre el macizo del poblamiento del litoral mediterráneo inmediato.

Por su parte, las cronologías más recientes obtenidas en Los Reales 2 (1.247 msnm), todas ellas correspondientes a *P. pinaster* entre 3000 y 2000 años cal BP, apuntan a que el más que previsible y progresivo refugio en altitud del abetal se pudo producir en dicho periodo en cotas superiores a las actuales, predominando un pinar donde en la actualidad se desarrolla un abetal puro; también es posible que durante dicho lapso temporal existiese un bosque mixto de abetos y pinos como respuesta a los ciclos de fuego, cuya evolución posterior, hasta el presente, ha favorecido en mayor medida a *Abies* hasta permitir un bosque de abetos monoespecífico. En cualquier caso, la presencia previa y posterior a 3000-2000 años cal BP de pinsapos en esta localidad, y la aparición de pinos resineros en un momento dado hace sospechar que el límite altitudinal del pinar y, en consecuencia, de la franja forestal de ecotono entre éste y el abetal se ha mantenido en torno a 1.200-1.300 msnm en los últimos 3.000 años en las laderas de umbría de la parte occidental de Sierra Bermeja.

Por tanto, la existencia de dataciones milenarias coetáneas de *P. pinaster* y *Abies* sp. en los sondeos de Palmitera 1 y Los Reales 1 demuestra el previsible desarrollo de bosques mixtos de coníferas con una extensión y localización altitudinal difíciles de establecer, aunque sí es posible descartar la existencia de una presumible neta gradación altitudinal entre ambas especies, tal y como se señalaba en las hipótesis de partida. No es menos cierto que, en virtud de las condiciones mesoclimáticas locales y, especialmente, de la diferenciación solana-umbría, el bosque mixto seguramente quedaría delimitado por un abetal puro en altitud (hacia las cumbres), con mayor extensión ladera abajo en las vertientes umbrías –al menos en los periodos climáticos más húmedos y frescos–, mientras que hacia cotas inferiores e, incluso, cerca de las cumbres en orientación sur, se desarrollaría un bosque de pinos igualmente monoespecífico. Asimismo, es plausible que *P. pinaster* hubiese sustituido a *Abies* sp., y viceversa, en función de los diferentes ciclos de fuegos asociados a los vaivenes climáticos de los últimos 10.000 años y/o derivados de la ulterior ocupación antrópica del cercano litoral mediterráneo. De este modo, los límites forestales del ecotono habrían ido variando en altitud, así como la extensión de las manchas puras que, en cualquier caso, a tenor de los datos obtenidos, han experimentado

una evolución holocena reciente marcada por el predominio del pinar en detrimento del abetal en la zona oriental, mientras que en el extremo occidental parece que el abetal podría haber recuperado en los últimos 2.000 años parte del terreno perdido con anterioridad.

4. Conclusiones

Los datos colectados ofrecen una valiosa información paleoecológica de los bosque en Sierra Bermeja durante el Holoceno. El registro de carbón confirma que *A. pinsapo* tuvo en el pasado de un área de distribución más amplia que la actual, ocupando biotopos hoy potenciales para la especie en los que hoy día no está ausente de ellos, en concreto en las cumbres de la Sierra de la Palmitera; este hecho era teóricamente apuntado por los modelos teóricos de distribución de especies, mientras que determinadas fuentes documentales históricas a partir del siglo XVI recogen información sobre otros abetales extintos en el macizo o en su entorno. Además, la información recopilada permite considerar a *P. pinaster* como una especie integrante de las formaciones forestales climácicas desarrolladas sobre sustratos ultramáficos en Sierra Bermeja a lo largo del Holoceno, territorio en el que incluso pudo tener su refugio europeo más meridional durante las glaciaciones. Asimismo, se concluye que ambas especies han presentado una dinámica en la que el fuego ha jugado un rol principal, convirtiéndose en uno de los principales elementos configuradores del paisaje vegetal. Bien es cierto que abetales y pinares parece que no siempre han presentado la esperable gradación altitudinal en virtud de condiciones mesoclimáticas locales, ya que las cronologías obtenidas muestran la existencia de bosques mixtos de ambas coníferas en diferentes etapas del Holoceno tanto en la zona occidentales (Los Reales) como en la oriental (Sierra de la Palmitera).

Los resultados obtenidos resultan trascendentales para entender la relación coníferas-latifolios sobre sustratos ultramáficos mediterráneos, que en el caso de Sierra Bermeja determina el carácter climácico de las formaciones de pinos y abetos frente a los *Quercus* arbóreos, que parecen tener un rol secundario restringido a nichos ecológicos azonales de gran particularidad litológica y/o edáfica. Queda así resuelta en gran medida la enquistada controversia que existía al respecto del carácter climácico de uno y otro arbolado en el macizo.

Esta información debe ser implementada para el desarrollo de una nueva estrategia para la preservación y regeneración de los frágiles y singulares ecosistemas de Sierra Bermeja apoyada en el conocimiento de su paleo-evolución, en particular de los abetales de *A. pinsapo*, dado que hasta ahora las distintas acciones de restauración y regeneración de los pinsapares han estado basadas en fuentes históricas, estudios de los hábitats actuales y MDS no exentos de imprecisiones e incertidumbres, para las cuales el conocimiento de alta precisión espacial pedoantracológico ofrece respuestas certeras. Unos resultados que, por ejemplo, permiten el establecimiento de un corredor ecológico para contribuir a la regeneración y conexión de los abetales de Sierra Bermeja, incluyendo los emplazamientos correspondientes a las paleo-poblaciones descubiertas y a aquellas desaparecidas en época histórica. Para ello, resulta necesario implantar, en el marco de la Red Natura 2000 y del futuro parque nacional de las sierras Bermeja y de las Nieves, tanto una estrategia adecuada para la protección/regeneración de las condiciones ecológicas de estos hábitats –incluyendo aquellos donde actualmente se refugia la especie–, como un plan de reforestación de la especie dadas las características demográficas de sus poblaciones, que se caracterizan por presentar una escasa capacidad de regeneración y expansión de manera natural de sus bosques. Unas nuevas posibilidades de gestión conservacionista que han de permitir afrontar con mayores garantías de éxito el gran reto de la supervivencia de este abeto mediterráneo dado su estatus de especie en peligro de extinción y ante el escenario futuro de Cambio Global que lo amenaza.

Agradecimientos

Los resultados de este trabajo forman parte de los proyectos de investigación ULTRAFORESTS CSO2013-47713-P y PALEOPINSAPO CSO2017-83576-P, subvencionados por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, J., Calvo, R., Fernández, E. y Macías, F. (1998). Geoquímica de la alteración y edafogénesis de rocas serpentinizadas de la S. Bermeja (Málaga). *Edafología, 5,* 135-151.
- Ajbilou, R., Marañón, T. y Arroyo, J. (2006). Ecological and biogeographical analyses of Mediterranean forests of northern Morocco. *Acta Oecologica*, *29*(1), 104-113.
- Alba-Sánchez, F., López-Sáez, J. A., Benito-de Pando, E., Linares, J. C., Nieto-Lugilde, D. y López-Merino, L. (2010). Past and present potential distribution of the Iberian *Abies* species: a phytogeographic approach using fossil pollen data and species distribution models. *Diversity and Distributions, 16*(2), 214-228.
- Alcalde, C., García-Amorena, I., Gómez, F., Maldonado, J., Morla, C., Postigo, J. M.,…Sánchez, L. J. (2004). Nuevos datos de carbones y maderas fósiles de *Pinus pinaster* Aiton en el Holoceno de la Península Ibérica. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, 13*(1), 152-163.
- Álvarez, S. G., Bal, M. C., Allée, P., García-Amorena, I. y Rubiales, J. M. (2017). Holocene treeline history of a high-mountain landscape inferred from soil charcoal: The case of Sierra de Gredos (Iberian Central System, SW Europe). *Quaternary International, 457*, 85-98.
- Arista, M. (1995). The structure and dynamics of an *Abies pinsapo* forest in southern Spain. *Forest Ecology and Management, 74*, 81-89.
- Arroyo, J., Carrión, J., Hampe, A., Jordano, P. (2004). La distribución de las especies a diferentes escalas espacio–temporales. En F. Valladares (Ed.), *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (pp. 27-67). Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente.
- Asensi, A., Aguiar, C., Sánchez-Mata, D. y Monteiro-Henriques, T. (2011). *Flora and Vegetation of Iberian Ultramafics*. Braganza, Portugal: Universidade de Coimbra.
- Bal, M. C., Rendu, C. y Ruas, M. P. (2010). Paleosol charcoal: reconstructing vegetation history in relation to agro-pastoral activities since the Neolithic. A case study in the Eastern French Pyrenees. *J Archaeology Science, 37*(8), 785-1797.
- Baradat, P. y Marpeau, A. (1988). Le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.). Biologie et génétique des terpènes pour la connaissance et l'amélioration de l'espèce (Tesis Doctoral). Universidad de Burdeos, Burdeos, Francia.
- Bronk, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon, 51*(1), 337-360.
- Brooks, R.R, Dunn, C. E., Edmondson, J., Targulsti, K., Awnsi, A. y Reevch R. D. (1996). Phytosociological and biogeochemical observations on the serpentinite vegetation of the Betic Riffian ultramafic arc of Spain and Morocco. *Ofioliti, 20*(2), 67-79.
- Cabezudo, B., Nieto, J. M. y Pérez-Latorre, A. V. (1989). Contribución al conocimiento de la vegetación edafófilo-serpentinícola del sector Rondeño (Málaga, España). *Acta Botatina Malacitana, 14*, 291-294.
- Cacho, I., Grimalt, J. O. Canals, M., Sbaffi, L., Shackleton, N. J., Schönfeld, J. y Zahn, R. (2001). Variability of the western Mediterranean Sea surface temperature during the last 25,000 years and its connection with the Northern Hemisphere climatic changes. *Paleoceanography*, *16*(1), 40-52.
- Calama, R., Tomé, M., Sánchez-González, M., Miina, J., Spanos, K. y Palahí, M. (2010). Modelling non-wood forest products in Europe: a review. *Forest Systems, 19*(SI), 69-85.
- Carcaillet, C. y Thinon, M. (1996). Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): methodology and preliminary results. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *91*, 399-416.
- Carrión, J. S. (Coor.) (2013). *Paleoflora Ibérica: Plioceno-Cuaternario*. Murcia, España: Ministerio de Economía y Competitividad, Universidad de Murcia-Fundación Séneca.
- Casimiro-Soriguer, F. y Pérez-Latorre, A. V. (2008). Aproximación al conocimiento de la flora alóctona de la provincia de Málaga (España): Catálogo de Metáfitos. *Acta Botanica Malacitana, 33*, 373-382.
- Castroviejo, S. (2010). *Flora Ibérica. Plantas Vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Madrid, España: Real Jardín Botánico-Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Ceballos, L. y Vicioso, C. (1933). *Estudio sobre la vegetación y la flora forestal de la provincia de Málaga*. Madrid, España: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias.
- Cheddadi, R., Lamb, H., Guiot, J., van der Kaars, S. (1998). Holocene climatic change in Morocco: a quantitative reconstruction from pollen data. *Climate Dynamics, 14*, 883-890.
- Chiarucci, A. y de Dominicis, V. (1997). The ultramafic vegetation of Tuscany, Italy. Geobotanical knowledge and conservation. En T. Jaffré, R. D. Reeves y T. Becquer (Eds.), *The ecology of ultramafic and metalliferous areas* (pp. 175-176). Nueva Caledonia, Francia: ORSTOM – Noumea.
- Cortés, M., Morales-Muñiz, Simón-Vallejo, M. D., Bergadà-Zapata, M. M., Delgado-Huertas, A., López-García, P., Vera-Peláez, J. L. (2008). Palaeoenvironmental and cultural dynamics of the coast of Málaga (Andalusia, Spain) during the upper Pleistocene and early Holocene. *Quaternary Science Reviews, 27*, 2176-2193.

- Combourieu, N., Turon, J. L., Zahn, R., Capotondi, L., Londeix, L. y Pahnke, K. (2002). Enhanced aridity and atmospheric hihg-pressure stability over the western Mediterranean during the North Atlantic events of the past 50 ky. *Geology*, 30, 863-866.
- Costa, M., Morla, C. y Sainz, H. (Eds.) (2005). *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Barcelona, España: Planeta.
- Cunill, R., Soriano, J. M., Bal, M. C., Pèlachs, A., Rodríguez, J. M. y Pérez-Obiol, R. (2013). Holocene high-altitude vegetation dynamics in the Pyrenees: A pedoanthracology contribution to an interdisciplinary approach. *Quaternary International, 289*, 60-70.
- Cunill, R., Métailié, J. y Galop, D. (2015). Palaeoecological study of Pyrenean lowland fir forests: Exploring mid–late Holocene history of *Abies alba* in Montbrun (Ariège, France). *Quaternary International, 366*, 37-50.
- Dickey, J. S. (1970). Partial fusion products in Alpine-Type peridotites: Serranía de Ronda and other examples. *Mineralogical Society of America, 3,* 33-49.
- Ejarque, A., Miras, Y., Riera, S., Palet, J. M. y Orengo, H. A. (2010). Testing micro-regional variability in the Holocene shaping of high mountain cultural landscapes: a palaeoenvironmental case-study in the eastern Pyrenees. *Journal of Archaeology Sciences, 37*(7), 1468-1479.
- Farjon, A. y Filer, D. (2013). *An Atlas of the Worlds Conifers. An Analysis of Their Distribution, Biogeography, Diversity and Conservation Status*. Leiden-Boston, Estados Unidos: Brill.
- Feddi, N., Fauquette, S. y Suc, J. P. (2011). Histoire pliocène des écosystèmes végétaux de Méditerranée sud-occidentale: apport de l´analyse pollinique de deux sondages en mer d´Alboran. *Géobios, 44*(1), 57-69.
- Fernández, L. E., Suárez, J., Tomassetti, J. M. y Navarro, I. (2007). Corominas, una necrópolis megalítica en el ámbito litoral malagueño. *Mainake*, *XXIX*, 513-540.
- Ferrari, C., Lombini, A. y Carpené, B. (1993). The Serpentine Flora of the Northern Apennines (Italy). En A. J. M. Baker, J. Proctor y D. R. Reeves (Eds.), *The Vegetation of Ultramafic (Serpentine) Soils* (pp. 159-173). Andover-Hampshire, UK: Intercept.
- Figueiral, I. (1995). Charcoal analysis and the history of *Pinus pinaster* (cluster pine) in Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *89*, 441-454.
- Franco-Múgica, F., García-Antón, M., Maldonado-Ruiz, J., Morla-Juaristi, C. y Sainz-Ollero, H. (2005). Ancient pine forest on inland dunes in the Spanish northern meseta. *Quaternary Research*, *63*, 1-14.
- Gavira, O. y Pérez-Latorre, A. V. (2003). Aproximación al catálogo florístico del Valle del río Genal (Serranía de Ronda, Málaga, España). *Anales de Biología*, *25*, 113-162.
- García, L. y de Palacios, P. (2007). Pinsapo forests: past, present and future. *Bois et forets des tropiques*, *292*(2), 39-47.
- Gil, L. (1991). Consideraciones históricas sobre *Pinus pinaster* Aiton en el paisaje vegetal de la Península Ibérica. *Estudios Geográficos, 202*, 5-27.
- Gil-Romera, G., García, M. y Calleja, J. A. (2008). The late Holocene palaeoecological sequence of Serranía de las Villuercas (southern Meseta, western Spain). *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(6), 653-666.
- Gómez-Zotano, J. (2004a). El papel de los espacios montañosos como traspaís del litoral mediterráneo andaluz: el caso de S. Bermeja (provincia de Málaga) (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, Granada, España.
- Gómez-Zotano, J. (2004b). The broadleaved tree-conifer controversy at S. Bermeja, an ultramafic mountain in southern Spain. En R. S. Boyd, A. J. M. Baker y J. Proctor (Eds.), *Ultramafic rocks: their soils, vegetation and fauna* (pp. 151-156). Herts, UK: Science Reviews.
- Gómez-Zotano, J., Román, F., Hidalgo-Triana, N. y Pérez-Latorre, A. V. (2014). Biodiversidad y valores de conservación de los ecosistemas serpentínicos en España: S. Bermeja (provincia de Málaga). *Boletín de la AGE*, *65*, 187-206.
- Gómez-Zotano, J., Román Requena, F., Thorne, J.H. (2015). Attributes and roadblocks: a conservation assessment and policy review of the Sierra Bermeja, a Mediterranean serpentine landscape. *Natural Areas Journal, 35*(2), 328-343.
- Gómez-Zotano, J., Alcántara, J., Martínez-Ibarra, E. y Olmedo-Cobo, J. A. (2016). Applying the Technique of Image Classification to Climate Science: The Case of Andalusia (Spain). *Geographical Research*, *54,* 461-470.
- Gómez-Zotano, J., Olmedo-Cobo, J. A., Cunill-Artigas, R. y Martínez-Ibarra, E. (2017). Descubrimiento y caracterización geográfica de una depresión ultramáfica en Sierra Bermeja: nuevos datos geomorfoedáficos, fitogeográficos y paleoecológicos. *Pirineos*, *172*, e026.
- Gómez-Zotano, J., Cunill-Artigas, R., Olmedo-Cobo J. A. y Arias-García, J. (2018 en prensa). Análisis pedoantracológico y propuesta de conectividad ecológica de *Abies pinsapo* en la Red Natura 2000 de
- Olmedo-Cobo, J. A. y Gómez-Zotano, J. (2017). Los climas de la Serranía de Ronda: una propuesta de clasificación. *Takurunna: Anuario de Estudios sobre Ronda y La Serranía, 6-7,* 23-58.
- Gonzalo, J., García, J. M. y Allué, C. (2004). Potencialidades y adecuaciones fitoclimáticas de *Abies pinsapo* Boiss. en España. *Montes*, *77*, 24-32.
- Guerrero, J. J., Cáceres, F., Giménez de Azcarate, F. y Moreira, J. M. (2014). *Comportamiento previsible del Pinsapo (Abies pinsapo) ante los Escenarios de Cambio Climático del 4º Informe del IPCC*. Sevilla, España: Junta de Andalucía.
- Gutiérrez, A., Díez, M. J., Nebot, M. y Celis, M. (1997). Nuevas aportaciones al estudio polínico de sedimentos del Parque Nacional de los Alcornocales. *Acta Botanica Malacitana, 22*, 123-130.
- Guzmán, J. R., Catalina, M. A., Navarro, R. M., López, J. y Sánchez, J. (2012). Los paisajes del pinsapo a través del tiempo. En Universidad de Córdoba (Ed.), *Los Pinsapares en Andalucía: Conservación y sostenibilidad en el siglo XXI* (pp. 111-158). Sevilla, España: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

- Hernández, L., Rubiales, J. M., Morales-Molino, C., Romero, F. Sanz, C. y Gómez, F. (2011). Reconstructing forest history from archaeological data: A case study in the Duero basin assessing the origin of controversial forests and the loss of tree populations of great biogeographical interest. *Forest Ecology and Management, 261*(7), 1178-1187.
- Jalut, G., Esteban, A., Bonnet, L., Gauquelin, T., Fontugne, M. (2000). Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *160*, 255-290.
- Liétor, J., Carrera, J. A., García, R. y Ochoa, V. (2002). Variabilidad biogeoquímica en masas de pinsapar: Efecto de la litología y el estado sucesional. *Ecología, 16*, 45-57.
- Linares, J. C., Camarero, J. J. y Carreira, J. A. (2009). Interacting effects of changes in climate and forest cover on mortality and growth of the southernmost European fir forests. *Global Ecology and Biogeography*, *18*, 485-497.
- Linares, J. C. (2011). Biogeography and evolution of *Abies* (Pinaceae) in the Mediterranean Basin: the roles of long-term climatic change and glacial refugia. *Journal of Biogeography*, *38*, 619-630.
- López, P. y López, J. A. (1994). Comparison of peats and archaeological samples in the Andalusian región, Spain. En O. K. Davis (Ed.), *Aspects of archaeological palynology: methodology and applications* (pp. 127-139). Houston, USA: A.A.S.P. Contributions Series.
- López-Sáez, J. A., López-Merino, L., Alba-Sánchez, F., Pérez-Díaz, S., Abel-Schaad, D. y Carrión, J. S. (2010). Late Holocene ecological history of *Pinus pinaster* forests in the Sierra de Gredos of central Spain. *Plant Ecology, 206*, 195-209.
- Manthei, C. D. (2012). Geochemical properties of the Beni Bousera (N. Morocco) peridotites: a field and laboratory approach to understanding melt infiltration and extraction in an orogenic peridotite massif (Tesis Doctoral). Institute of Technology-Dept. of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Cambridge, Estados Unidos.
- Molero, J., Pérez, F. y Valle, F. (1992). *Parque Natural de Sierra Nevada*. Madrid, España: Rueda.
- Morales-Molino, C., Postigo-Mijarra, J. M., Morla, C. y García-Antón, M. (2011). Long-term persistence of Mediterranean pine forests in the Duero Basin (central Spain) during the Holocene: The case of *Pinus pinaster* Aiton. *The Holocene, 22*(5), 561-570.
- Morla, C., Alcalde, C., García-Amorena, I., García, S., García, D., García, R.,…Sánchez, L. J. (2006). Contribución de la Paleofitogeografía a la interpretación del paisaje vegetal ibérico: estado de conocimientos y nuevas perspectivas de investigación. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, 15,* 40-50.
- Mouillot, F., Ratte, J. P., Joffre, R. y Rambal, S. (2003). Some determinants of the spatio-temporal fire cycle in a Mediterranean landscape (Corsica, France). *Landscape Ecology, 18*(7), 665-674.
- Navarro, R. M., Lara, A., Blanco, P., Calzado, C., López, J., Cancio, A.,…Sánchez, R. (2006). Aproximación a la definición del hábitat fisiográfico de *Abies pinsapo* Boiss. en Andalucía. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, Fuera de Serie, 137-152.
- Nieto, J. M., Pérez-Latorre, A, V. y Cabezudo, B. (1991). Biogeografía y series de vegetación de la provincia de Málaga (España). *Acta Botanica Malacitana, 16,* 417-436.
- Novák, J., Abraham, V., Houfková, P., Kočára, P., Vaněček, Z. y Peška, J. (2017). History of the Litovelské Pomoraví woodland (NE Czech Republic): A comparison of archaeo-anthracological, pedoanthracological, and pollen data. *Quaternary International*. doi.org/10.1016/j.quaint.2016.11.020
- Olmedo-Cobo, J.A., Cunill-Artigas, R., Mártínez-Ibarra, E. y Gómez-Zotano, J. (2017a). Paleoecología de *Abies* sp. en Sierra Bermeja (sur de la Península Ibérica) durante el Holoceno medio a partir del análisis pedoantracológico. *Bosque*, *38*(2): 259-270.
- Olmedo-Cobo, J. A., Gómez-Zotano, J., Cunill-Artigas, R. y Airas-García, J. (2017b). Dinámica ecológica de los bosques de Sierra Bermeja (sur de ESPAÑA) durante el Holoceno a partir del análisis pedoantracológico. En XXV Congreso de la AGE (Ed.), *Naturaleza, Territorio y Ciudad en Mundo Global* (pp. 317-326). Madrid, España: Asociación de Geógrafos Españoles.
- Pérez-Latorre, A. V., Cabezudo, B., Galán de Mera, A. y Carrión, J. (2001). El papel de las gimnospermas en la vegetación forestal de Andalucía. *Medio Ambiente, 38*, 30-33.
- Pérez-Latorre, A. V., Hidalgo-Triana, N. y Cabezudo, B. (2013). Composition, ecology and conservation of the south-Iberian serpentine flora in the context of the Mediterranean basin. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, *70*(1), 62-71.
- Pérez-Obiol, R., García-Codron, J. C., Pèlachs, A., Pérez-Haase, A. y Soriano, J. M. (2016). Landscape dynamics and fire activity since 6740 cal yr B.P. in the Cantabrian region (La Molina peat bog, Puente Viesgo, Spain). *Quaternary Science Reviews*, *135*, 65-78.
- Pérez-Raya, F., López, J. M., Molero, J. y Valle, F. (1990). *Vegetación de Sierra Nevada. Guía Geobotánica de la Excursión de las X Jornadas de Fitosociología*. Granada, España: Ayuntamiento de Granada.
- Pérez-Sanz, A., González-Sampériz, Moreno, A., Valero-Garcés, B., Gil-Romera, G., Rieradevall, M.,…Navas, A. (2013). Holocene climate variability, vegetation dynamics and fire regime in the central Pyrenees: the Basa de la Mora sequence (NE Spain). *Quaternary Science Reviews*, *73*, 149-169.
- Reimer, P. J., Bard, E. y Bayliss, A. (2013). IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal B.P. *Radiocarbon, 55*(4), 1869-1887.
- Rivas-Goday, S. (1969). Flora serpentinícola española, nota primera (Edafismos endémicos del Reino de Granada). *Anales de la Real Academia de Farmacia*, *35*, 297-304.
- Rivas-Martínez, S. (2011). Memoria del Mapa de Vegetación Potencial de España. *Itinera Geobotanica, 18*, 5-800.

- Robin, V., Talon, B. y Nelle, O. (2013). Pedoanthracological contribution to forest naturalness assessment. *Quaternary International, 289*, 5-15.
- Rodríguez-Ariza, M. O. (2000). El paisaje vegetal en la Depresión de Vera durante la Prehistoria Reciente. Una aproximación desde la Antracología. *Trabajos de Prehistoria 57*(1), 145-156.
- Rodríguez-Ariza, M. O. (2004). Estudio antracológico en la Cueva del Toro. En D. Martín, M. D. Cámalich y P. González (Eds.), *Cueva de El Toro (Sierra de el Torcal, Antequera-Málaga). Un modelo de ocupación ganadera en el territorio andaluz entre el VI y el III milenios ANE*. (pp. 61-78). Sevilla, España: Junta de Andalucía.
- Rodríguez, R., Serrada, R., Lucas, J. A., Alejano, M. R., del Río, M., Torres, E., Cantero, A. (2008). Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis* Fieschi & Gaussen. En R. Serrada, G. Montero y J. A. Reque (Eds.), *Compendio de Selvicultura Aplicada en España* (pp. 399-430). Madrid, España: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
- Romo, J. L., Gómez-Zotano, J., Torres, J. I. y Torres, G. (2008). Explotaciones subterráneas en el karst de la Utrera. En *II Congreso Andaluz de Espeleología* (pp. 89-113). Priego-Sevilla: España. Federación Andaluza de Espeología.
- Rosúa, J. L. (Coord.) (2001). Procedencias de las Especies Vegetales Autóctonas de Andalucía utilizadas en la restauración de la cubierta vegetal. Granada, España: Junta de Andalucía.
- Rubiales, J. M., García-Amorena, I., García, S., Morla, C. (2009). Anthracological evidence suggests naturalness of *Pinus pinaster* in inland southwestern Iberia. *Plant Ecology*, *200*, 155-160.
- Rufo, L., Rodríguez, N. y Fuente, V. (2005). Análisis comparado de metales en suelos y plantas de la S. Bermeja. En R. Jiménez y A M. Álvarez (Eds.), *Proceedings del II Simposio Nacional de Control de la Degradación de Suelos* (pp. 197-201). Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.
- Sánchez-Gómez, P., Carrión, J. S., Jordán, J. y Munuera, M. (1995). Aproximación a la historia reciente de la flora y vegetación en las Sierras de Segura Orientales. *Albasit, 36*, 87-111.
- Santamaría, J.A., Rodríguez, F.J., Sánchez, J.M., Navarro, I., Férnández, L.E., Soto, A. y Suárez, J. (1995). Avance al estudio del yacimiento de los Castillejos (Estepona, Málaga). Los materiales prehistóricos de superficie. En *Actas del XXII Congreso Nacional de Arqueología* (pp. 147-152). Vigo, España: Consellería de Cultura, Comunicación Social e Turismo.
- Sequeira, E. M. D. y Pinto da Silva, A. R. (1991). The ecology of serpentinised areas of Northeast Portugal. En B. A. Roberts y J. Proctor (Eds.), *The ecology of areas with serpentinised rocks. A world review* (pp. 169-197). Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers.
- Schweingruber, F. H. (1990). *Anatomie of European woods*. Berna, Suiza: Paul Haupt.
- Stevanovic, V. K., Tan, K. y Iatrou, G. (2003). Distribution of the endemic Balkan Flora on serpentine I. – obligate serpentine endemics. *Plant Systematics and Evolution*, *242*, 149-170.
- Talon, B., Carcaillet, C. y Thinon, M. (1998). Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l´Holocene dans les Alps françaises. *Géographie physique et Quaternaire, 52*, 195-208.
- Teixeira, C. (1945). Subsidios para a historia evolutiva do pinheiro dentro da flora portuguesa. *Boletim da Sociedade Broteriana, 19*, 209-221.
- Thinon, M. (1992). L'analyse pédoanthracologique: aspects méthodologiques et applications (Tesis Doctoral). Université Aix-Marseille III, Marsella, Francia.
- Tinner, W., Vescovi, E., van Leeuwen, J. F., N., Colombaroli, D., Henne, P. D., Kaltenrieder, P.,…Pasta, S. (2016). Holocene vegetation and fire history of the mountains of Northern Sicily (Italy). *Vegetation History and Archaeobotany, 25*(5), 499-519.
- Touflan, P. y Talon, B. (2008). Étude pédoanthracologique à haute résolution spatiale de l'histoire holòcene d'une forêt subalpine (Alpes du Sud, France). *Ecologia Mediterranea, 34*,13-23.
- Valbuena-Carabaña, M., de Heredia, U. L., Fuentes-Utrilla, P., González-Doncel, I. y Gil., L. (2010), Historical and recent changes in the Spanish forests: a socio-economic process. *Review of Palaeobotany and Palynology, 162*, 492-506.
- Valle, F. (Ed.) (2003). *Mapa de Series de Vegetación de Andalucía*. Madrid, España: Rueda.
- Van der Veken, S., Bellemare, J., Verheyen, K. Y Hermy, M. (2007). Life-history traits are correlated with geographical distribution patterns of western European forest herb species. *Journal of Biogeography*, *34*, 1.723-1.735.
- Vega-Hidalgo, J. A. (1999). Historia del fuego de *P. pinaster* en la cara Norte de S. Bermeja (Málaga). En E. Araque (Ed.), *Incendios históricos. Una aproximación multidisciplinar* (pp. 279-312). Baeza, España: Universidad Internacional de Andalucía.
- Vendramin, G. G., Anzidei, M., Madaghiele, A. y Bucci, G. (1998). Distribution of genetic diversity in *Pinus pinaster* Ait. as revealed by chloroplast microsatellites. *Theoretical and Applied Genetics*, *97*(3), 456-463.
- Vernet, J. L. (Coord.) (2001). *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents, Sud-Ouest de l'Europe: France, Péninsule ibérique et Îles Canaries*. París, Francia: CNRS.
- Wahid. N., Naydenov, K. D., Kamari, S., Boulli, A. y Tremblay, F. (2010). Genetic structure of *Pinus pinaster* Ait. populations in Morocco revealed by nuclear microsatellites. *Biochemical Systematics and Ecology,* 38, 73-82.
- Yusta, A. y Berahona, E. (1985). Geochemistry of soils from peridotite in Los Reales, Málaga *Acta Mineralogica Petrographica, 29,* 439-498.

DISEÑO DE UNA ACTUACIÓN DE RESTAURACIÓN DEL ENEBRAL EN LA ALTA MONTAÑA DE SIERRA NEVADA

(Trabajo en curso)

REGINO ZAMORA RODRÍGUEZ[1]; ANTONIO J. PÉREZ-LUQUE[2]
rzamora@ugr.es, ajperez@ugr.es
[1]Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada
[2]Laboratorio de Ecología, Instituto Interuniversitario del Sistema Tierra de Andalucía. Universidad de Granada

RESUMEN

Los enebrales de Juniperus communis L. presentan serios problemas de regeneración natural en la alta montaña mediterránea. La viabilidad de las semillas es muy baja en estas poblaciones situadas en el límite sur de su distribución geográfica en Europa. El patrón de mortalidad de las plántulas de enebro en Sierra Nevada está dominado por la sequía estival, y es muy variable entre microhábitats. Teniendo en cuenta estas limitaciones en la regeneración, en el marco del proyecto LIFE-ADAPTAMED estamos abordando la restauración del enebral, partiendo de toda la información científica existente sobre la ecología de la reproducción y la regeneración del enebro en condiciones de montaña mediterránea. Para las siembras hemos colectado semillas dispersadas naturalmente por sus dispersores (principalmente Turdus torquatus), con las que hemos realizado siembras en condiciones naturales, y también en vivero para crear un banco de plántulas para posterior plantación. El esquema de siembra y plantación recoge la heterogeneidad natural existente en la alta montaña de Sierra Nevada. Las siembras y plantaciones son revisadas periódicamente, para cuantificar el éxito de germinación y establecimiento diferencial entre microhábitats, y poder así identificar los lugares más propicios para la regeneración del enebral en Sierra Nevada en un escenario de cambio global.

Palabras clave: Enebrales de alta montaña, ecología de la regeneración, conservación y restauración ecológica, cambio global

ABSTRACT

Juniperus communis L. presents serious problems of natural regeneration in the high Mediterranean mountain. The seeds viability is very low in populations located in the southern edge of their geographical distribution in Europe. The mortality pattern of juniper seedlings in the Sierra Nevada is dominated by summer drought, and is highly variable among microhabitats. Taking into account these limitations in regeneration, within the framework of the LIFE-ADAPTAMED project we are dealing with the restoration of the juniper, starting from all existing scientific information on the ecology of reproduction and regeneration of juniper in Mediterranean mountain. We have collected seeds dispersed naturally by their dispersers (mainly Turdus torquatus) and have sowed them under natural conditions, and also in nursery to create a bank of seedlings for later planting. The sowing and planting design reflects the natural heterogeneity existing in the high Sierra Nevada mountain. The sowings and plantations are periodically reviewed, to quantify the success of germination and establishment between microhabitats, and thus be able to identify the most propitious places for the regeneration of the juniper in the Sierra Nevada in a scenario of global change.

Keywords: *High-mountain shrublands regeneration, conservation, ecological restoration, global change*

1. Introducción

La alta montaña mediterránea impone dos restricciones fundamentales al reclutamiento de los enebrales: una limitación en el número de semillas viables producidas por las plantas, debida al efecto del aborto y la predación de semillas, y una limitación en el número de micrositios adecuados para el establecimiento de las plántulas, debido a la sequía estival (García 2001, García et *al.* 2000). Ambos factores determinan una muy escasa incorporación de individuos a la población, dando como resultado una dinámica remanente de la población de enebros en la alta montaña de Sierra Nevada (García y Zamora 2003). Las poblaciones se mantienen por la extremada longevidad de los adultos establecidos (poblaciones remanentes), lo que asegura la persistencia de las poblaciones en el tiempo. Esta dinámica poblacional, unida a la baja resiliencia del enebro frente a las perturbaciones antrópicas, hacen que el mantenimiento de los enebrales ya establecidos sea un requisito indispensable para la conservación de los enebrales en la situación climática actual. Por el contrario, los reclutas necesitan para su establecimiento otros hábitats diferentes al que ocupan ahora los adultos. Particularmente, necesitan microhábitats que permanezcan húmedos durante el verano, como la proximidad de fuentes de agua permanentes.

Por tanto, la conservación y restauración del enebral en la alta montaña de Sierra Nevada pasa por la conservación de las poblaciones ya establecidas, eliminando los daños (quemas y roturaciones) que pueden provocar mortalidad de los adultos. Pero también requiere de la restauración activa de los enebrales, mediante siembra de semillas y plantaciones en los microhabitats adecuados.

2. Diseño del proyecto de Restauración del enebral en Sierra Nevada

Vamos a realizar siembras de semillas y plantaciones en sectores de la alta montaña de Sierra Nevada susceptibles de recuperar el enebral, tanto en cara norte como en cara sur de Sierra Nevada. Los lugares elegidos para la restauración son zonas de matorral de alta montaña, donde todavía hay enebros, y que tienen unas condiciones adecuadas para realizar una restauración de enebrales. Se trata de zonas de pasto para ganado y de parcelas de cultivos de montaña en terrenos que antaño eran ocupados por enebrales, por lo que son susceptibles de restauración, ya que las condiciones ecológicas son muy similares (*e.g.* exposición, altitud, tipo de suelo) a la de las manchas de enebral que se encuentran en la inmediata proximidad.

En la cara norte, donde actualmente existen enebrales en relativo buen estado de conservación, la restauración se está llevando a cabo con siembras de semillas y plantaciones de plántulas de 1 y dos savias. En la cara sur, donde ya no existen formaciones de enebral, aunque sí quedan enebros dispersos, se han realizado sólo siembras de semillas, para determinar si el actual colapso en la regeneración del enebral en la vertiente sur se debe fundamentalmente a un problema de limitación en la llegada de semillas, como consecuencia del muy escaso número de enebros adultos presentes.

Se han establecido 3 réplicas en cada parcela de siembra/plantación en cara norte y otras tres réplicas en la parcela de la cara sur, las 3 réplicas están localizadas en la misma cota altitudinal de la Sierra, y próximas espacialmente. La razón de usar 3 replicas por parcela es para disminuir riesgos asociados a roturas puntuales en las acequias de careo, excesivo pisoteo de ganado, etc, que pueden afectar al éxito de la plantación en un sitio concreto.

Las siembras y plantaciones se han realizado en los siguientes microhábitats: 1) bajo enebro, 2) bajo piorno, 3) bajo roca, 4) junto a cursos de agua (fuentes, borreguiles, acequias), y 5) en pastizales de montaña. Los puntos de siembra (10 puntos por cada microhábitat y réplica, = 10 x 3 réplicas = 30 puntos de siembra microhábitat y parcela de restauración en cara norte y otros tantos en cara sur), consisten en cuadrados de 20 x 30 x 5 cm, protegidos contra depredadores de semillas con malla galvanizada de 1 cm de luz. En cada cuadrado se han sembrado 15 semillas de enebro y 15 semillas de *Berberis hispanica*, que es una especie que

acompaña al enebro en Sierra Nevada. Además, dado que las semillas de enebro tardan dos años en germinar, la siembra de *Berberis* (que sólo necesita un año para germinar) nos permitirá obtener una serie temporal mayor de datos de germinación, emergencia y supervivencia de plántulas del matorral de la alta montaña.

3. Diseño espacial de la siembra

Junto a los puntos de siembra se realizan también las plantaciones de plántulas del año (3 plántulas de 1 año por punto de siembra, 30 puntos por microhábitat y parcela) y de plantones lignificados (3 plántulas de dos años por punto de siembra, 30 puntos por microhábitat y parcela). Esta estructura de restauración en cada punto de muestreo (15 semillas de enebro + 15 semillas de *Berberis* + 3 plántulas de un año de enebro + 3 plántulas de un año de *Berberis* + 3 plantones de dos años de enebro) hay que replicarla en todos los microhábitats en cara norte, mientras que en la cara sur sólo se realizan las siembras de semillas, resultando en: (1) bajo enebro (30 puntos en cara norte, 30 en cara sur), 2) bajo piorno (30 puntos en cara norte, 30 en cara sur), 3) bajo roca (30 puntos en cara norte, 30 en cara sur), 4) junto a cursos de agua, (30 puntos en cara norte, 30 en cara sur), y 5) en zona abierta sin vegetación leñosa (30 puntos en cara norte, 30 en cara sur), lo que hace un total de 2250 semillas para la cara norte + 2250 semillas cara sur = 4500 semillas de enebro son necesarias sólo para la siembra y otras tantas de *Berberis* (2250 semillas en la cara norte + 2250 semillas en la cara sur = 4500 semillas de *Berberis*).

4. Diseño espacial de la plantación

Teniendo en cuenta que sólo un 25% de las semillas llenas (potencialmente viables) llegan a germinar (García 2001), hemos recolectado 4000 semillas de enebro adicionales para poder montar el banco de plántulas (de 1 y 2 años) en el vivero, y así obtener 450 plántulas del año de enebro y otras 450 de enebro de dos años, además de otras tantas 1000 semillas de *Berberis*, para obtener 450 plántulas de *Berberis.* En total hemos tenido que recolectar 85,000 semillas de enebro en el campo, y también unas 5500 semillas de *Berberis*, para las siembras en el campo y obtención de planta en vivero.

5. Diseño del seguimiento

Se están realizando revisiones periódicas a partir de principios de verano de 2017 de las siembras para comprobar el éxito de germinación y establecimiento de las plántulas de enebro. Las revisiones se realizan al final de invierno, principio del verano, final del verano, y principio del invierno. Con la información obtenida en las revisiones se realizarán análisis demográficos de supervivencia, así como se analizará el crecimiento de las plántulas y juveniles en los diferentes microhábitats contrastados.

En la primavera del 2018 se realizará una segunda siembra de semillas siguiendo el esquema anteriormente descrito, a la vez que se hace una revisión de todas las semillas plantadas en el año 2017, para comprobar el éxito de germinación y establecimiento temprano. Después del verano de 2018 se realizará otra revisión, para cuantificar la mortalidad de plántulas debía a la sequía estival. Las plántulas que consigan sobrevivir al verano del 2018 tienen ya muchas probabilidades de supervivencia futura, que será supervisada mediante revisiones periódicas. El objetivo final es determinar el éxito de establecimiento de las plántulas de enebro en diferentes microhábitats varios años después de la siembra o plantación, información crítica para guiar a las futuras actuaciones de restauración de los enebrales que se quieran ejecutar en la alta montaña mediterránea.

6. Referencias bibliográficas

- García, D. (2001). Effects of seed dispersal on Juniperus communis recruitment on a Mediterranean mountain. Journal of Vegetation Science. 12: 839-848.
- García, D., Zamora, R., Hódar, J.A. & Gómez, J.M. (1999). Age structure of *Juniperus communis* L. in the Iberian peninsula: conservation of remnant populations in Mediterranean mountains. Biological Conservation 87: 215-220.
- García, D., Zamora, R., Gómez, J.M., Jordano, P. & Hódar, J.A. (2000). Geographical variation in seed production, predation and abortion in *Juniperus communis* throughout its range in Europe. Journal of Ecology 88: 436-446
- García, D. & R. Zamora (2003). Persistence and múltiple demographic strategies in long-lived mediterranean plants. Journal of Vegetation Science 14: 921-926.

DECAIMIENTO DE LAS REPOBLACIONES DE PINAR EN ANDALUCÍA. EL CASO DE LA SIERRA DE BAZA.

JOSÉ RAMÓN GUZMÁN ÁLVAREZ[1] , BORJA NEBOT SANZ[2], JAIME GONZÁLEZ SECO[1], JAVIER VENEGAS TRONCOSO[3], ANGEL CARRASCO GOTARREDONA[4], JUAN SÁNCHEZ RUIZ[2] , MANUEL MEDINA[5], REGINO ZAMORA RODRÍGUEZ[6] , RAFAEL NAVARRO CERRILLO[7], ANTONIO SÁNCHEZ ANGUITA[2] , SIXTO RODRÍGUEZ REVIRIEGO[3], JOSÉ MANUEL RUIZ NAVARRO[3] , MIGUEL ÁNGEL GÓMEZ DE DIOS[3] , ANTONIO MUÑOZ RISUEÑO[3] , RAFAEL CÉSAR DE CÓRDOBA[2] , JAVIER COBOS AGUIRRE[4] , SONIA SÁNCHEZ PALOMARES[8] , IGNACIO HENARES[9]; JAVIER NAVARRO[9]; JAVIER CANO-MANUEL[9]; FRANCISCO JOSÉ RUIZ GOMEZ[7] , FRANCISCO BRUNO NAVARRO[10]
[1]Servicio Restauración del Medio Natural, Dirección General de Gestión Medio Natural y Espacios Protegidos
[2]Servicio de Gestión Medio Natural, Delegación Territorial de Granada
[3]Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía
[4]Servicio de Gestión Forestal Sostenible, D.G. Gestión Medio Natural y Espacios Protegidos
[5]Servicio de Gestión del Medio Natural, Delegación Territorial de Almería
[6]Departamento de Ecología, Universidad de Granada
[7]Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba
[8]Red de Información Ambiental de Andalucía
[9]Espacio Natural de Sierra Nevada
[10]Instituto de Formación Agraria y Pesquera, IFAPA

I.- Antecedentes y platneamiento para la intervención

Durante el verano de 2016 se produjo una importante mortandad de pinos negrales o resineros (*Pinus pinaster*) en el Parque Natural de la Sierra de Baza. En la primera evaluación de la superficie afectada se estimó que la superficie afectada por un decaimiento grave o muy grave se situaba en el rango de, al menos, 2.000 hectáreas.

La superficie afectada está constituida por repoblaciones realizadas en las décadas de los años sesenta con el objetivo principal de generar una cubierta vegetal protectora frente a la erosión en un entorno frágil que había sido objeto de un uso intensivo en las décadas anteriores. Conforme se fueron desarrollando, estas repoblaciones fueron sumando beneficios sociales y ambientales como su relevancia paisajística, su función de nicho de biodiversidad o su capacidad de absorción de carbono atmosférico. En algunas zonas, el desarrollo del dosel arbóreo ha permitido el establecimiento de encinas y otras especies que permitirán en el futuro tener un paisaje vegetal más diverso y rico, plenamente adaptado a las condiciones bioclimáticas de la Sierra de Baza.

El criterio seguido para la elección de especies incluyó variables edáficas y topográficas, por lo que en las sierras que componen el Parque Natural es posible encontrar distintas especies de pinos en función de la localización. El pino negral, en concreto, fue implantado en altitudes intermedias (800; 1.750 m), situado por encima del pino carrasco (*Pinus halepensis*) y por debajo del pino silvestre (*Pinus sylvestris*). También se tuvieron en cuenta los datos climáticos (precipitaciones y temperaturas) de la serie histórica que se disponía en el momento, correspondiente a los años 1940-1970. Estas repoblaciones fueron realizadas con una densidad elevada (por encima de 2.000 pies/ha). Su desarrollo inicial fue exitoso, si bien con el paso del tiempo se han puesto de manifiesto situaciones de desequilibrio puntual achacables a factores como la competencia por alta densidad, la incidencia de agentes biológicos nocivos, la falta de adaptación de las especies de pinos en algunas de las localidades o los efectos de episodios de sequía prolongada en el tiempo. Estos desequilibrios no son exclusivos de esta área, de hecho en distintas partes del mundo se han identificado fenómenos de decaimiento forestal que está siendo objeto de la atención científica, con frecuencia enmarcados en los efectos del cambio climático (Allen et al, 2010).

Desde los años del establecimiento de la repoblación se ha constatado la muerte paulatina de ejemplares de pino resinero, lo que ha puesto de manifiesto posibles problemas de adaptación a las condiciones climáticas y edafológicas locales. Este tipo de mortandad, sin embargo, no

ha sido generalizada hasta el episodio del verano de 2016. Por otra parte, en otras localidades de Andalucía y el conjunto de España, se está cosntantado que el pino resinero esté presentando estancamiento en el crecimiento y dificultades de vegetación, asociados o no a la presencia de plagas y enfermedades (Sánchez Salguero et al., 2010; Madrigal-González y Zavala, 2014; Camarero, 2015; Prieto-Recio et al., 2015).

En el entorno geográfico de la zona de estudio (áreas semiáridas de Granada, Almería y Jaén) se habían constatado episodios previos de muerte masiva de arbolado. Es de destacar el episodio de decaimiento que afectó a los pinares de repoblación de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) y pino salgareño *(Pinus nigra*) de la Sierra de los Filabres y, en menor medida, de la Sierra de Baza, a principios de siglo, comenzando en 2001 (Navarro et al, 2007). En este episodio no se identificó ningún agente biológico como principal desencadenante (plaga o enfermedad), relacionándose el decaimiento con la incidencia de fenómenos climáticos como la mayor severidad de los episodios de sequía, la reducción de las precipitaciones primaverales y el incremento de las temperaturas, que actúan sobre unas formaciones vegetales procedentes de repoblación cuyas especies están próximas a su límite de distribución (Fernández Cancio et al., 2011) y que presentan una estructura poco adecuada (elevada densidad y, por tanto, excesiva competencia por los recursos hídricos). Fruto de este episodio y de otros similares, se han realizado estudios sobre los factores que intervienen en los procesos de decaimiento de las especies de pinos mediterráneos y las recomendaciones de manejo para reducir los daños, estudios que muestran que estos fenómenos suelen ser provocados por múltiples factores (Gómez Aparicio et al., 2011; Navarro et al., 2014, 2016; Salguero et al., 2010; 2012 a, b, c; 2013; 2015).

No obstante, se aprecia que la situación actual es distinta en grado e intensidad: se trata de una muerte generalizada de pies de pino resinero. Durante los años anteriores (2014 y 2015) se observó un debilitamiento de pies dispersos y la muerte de ejemplares aislados, siendo a finales de mayo de 2016 cuando se produjo una mortandad masiva y súbita sobre una gran superficie de pinar en el término municipal de Caniles (concretamente en el Collado de los Frailes). En contraste, se aprecia que otras especies presentes en la zona como el pino carrasco (*Pinus halepensis*) o la encina (*Quercus ilex*) se encuentran debilitadas pero sin un aparente riesgo de un colapso masivo e inminente. Tampoco han sido afectados hasta este extremo el pino silvestre (*P. sylvestris*), que sucede en altitud al pino resinero (a partir de los 1.600m), aunque también se observan daños de relevancia. La distribución observada de los daños es completamente homogénea en toda la superficie, distinguiéndose muy pocas zonas con grupos significativos de pinos resineros sanos. Es una zona amplia, de relieve ondulado, sin orientación predominante y situada a una altitud comprendida entre los 800 y los 1.600 m, que ha contado con precipitaciones escasas e irregularmente distribuidas en los últimos años.

Desde el punto de vista de la sanidad forestal, se llevaron a cabo muestreos de campo, detectándose la presencia de cochinilla corticícola (*Matsucoccus feytaudi*), un insecto de muy pequeño tamaño (en torno a 1 mm) que sólo afecta al pino resinero succionando su savia. Su saliva produce cambios en los tejidos conductores de la savia, favoreciendo la formación y excreción de resina. Esta daño origina el debilitamiento del árbol pudiendo llegar a matarlo, tal y como se ha documentado en otros lugares (Italia, Francia, Comunidad Valenciana; Turcato et al., 2015). La principal evidencia de su presencia es un descortezado muy característico. Dado su tamaño, es de muy difícil localización por lo que ha pasado históricamente desapercibido por el escaso daño producido hasta el momento en el sur de España.

Por lo que se conoce, esta cochinilla se considera nativa en el área de distribución del pino resinero en España. Sin embargo, en las últimas décadas se ha identificado (aunque con ciertas dudas) como el agente desencadenante de grandes mortandades de *Pinus pinaster* en Europa, como el episodio que afectó a 120.000 ha en Francia entre 1960 y 1.970 (Soria et al, 2000; Dopazo y Pérez-Laorga. 2000). Aunque en los últimos años se ha aumentado el conocimiento sobre su ciclo biológico, por estudios llevados a cabo en la Comunidad Valenciana (Rodrigo et al., 2013), la causa o causas que provocan su manifestación como

plaga y su influencia en el proceso de debilitamiento resultan todavía desconocidas, aunque se supone que el estado de decaimiento del arbolado (derivado a la influencia de factores como el origen genético, la elevada competencia, la situación de sequía, etc) actúa como desencadenante de sus explosiones poblacionales (Schvester y Ughetto, 1986; Tavares et al., 2015). No se conocen parasitoides, aunque sí se han detectado algunos predadores naturales. Desde 1990 se cuenta con la feromona sintética que es utilizada para estudios de seguimiento de sus poblaciones.

En la zona afectada también se ha constatado la presencia de otros insectos perforadores como los coleópteros *Tomicus minor*, *tomicos destruens* y *Orthotomicus erosus*, pero a pesar de que su presencia es apreciable en algunos árboles en pie, tienen mucha menos incidencia que *Matsucoccus* y probablemente sólo han aprovechado la debilidad de la masa forestal para su difusión.
Durante los meses posteriores fueron apareciendo nuevos focos de arbolado muerto y moribundo por el conjunto que forman las sierras de Baza y Filabres. También se han detectado ejemplares de pino resinero afectados por la cochinilla *Matsucoccus feytaudi* en la comarca de El Marquesado (Granada) y en otras zonas de Granada, Jaén y Almería.

La muerte de arbolado que afecta a la Sierra de Baza no es un hecho aislado. Conviene circunscribirlo dentro del marco de episodios de decaimiento forestal que están afectando desde hace décadas a diferentes localidades del planeta (Allen et al., 2010). En nuestro país se han producido episodios de decaimiento en distintos lugares. En otras localidades de Andalucía se han producido fenómenos similares y contamos con una gran superficie de pinares de repoblación que puede ser propensa a ello (Sánchez Salguero et al, 2012 a). En consecuencia, aunque sean las formaciones forestales del Parque Natural de la Sierra de Baza las que demanden la atención particular de este episodio, es aconsejable incorporar una perspectiva regional en el enfoque de las soluciones propuestas y una actitud de colaboración y coordinación con otras zonas afectadas por decaimiento de arbolado forestal.

Resulta evidente que dada la tendencia general hacia una situación climática cada vez más seca y cálida, es preciso establecer estrategias de gestión forestal adaptativa. Cobra especial importancia la evaluación del potencial de naturalización de estos pinares estudiando la regeneración natural existente, la distancia a fuente semilleros cercabas o la existencia de vegetación instalada que permita la recuperación de la vegetación (Gómez-Aparicio, 2009; Navarro-González, 2013; Zamora et al., 2010). También es necesario estudiar el papel de las poblaciones de herbívoros (especialmente los ciervos) en los procesos de restauración de la vegetación (natural o apoyada).

Entre todas las consecuencias del decaimiento, la vertiente social es fundamental. La muerte súbita de una superficie tan elevada de hectáreas genera preocupación e, incluso, alarma social. Con los pinos se ha muerto el paisaje, lo que nos sitúa ante un presente más triste y nos enfrenta a una situación de incertidumbre sobre el futuro. Hay que incorporar esta vertiente de dolor social sobre el paisaje y promover una respuesta basada en compartir la información y las propuestas de intervención.

II.- Situación de partida: grado de conocimiento sobre el decaimiento de pinares

Si bien el pino resinero es un árbol de temperamento robusto y con capacidad para vegetar en condiciones de clima mediterráneo y suelos poco desarrollados (Ruiz de la Torre 2006), requiere de unas condiciones mínimas de humedad y temperatura para su desarrollo que no se han visto satisfechas en los últimos años en los que continúa la tendencia al acrecentamiento de las temperaturas y al descenso de la pluviometría (especialmente las lluvias primaverales, Sánchez Salguero et al., 2010). Para su óptimo desarrollo necesita, además, unos suelos con cierta profundidad, ausentes en las áreas afectadas (Gandullo y Sánchez Palomares, 1994). Conforme el árbol se desarrolla y sus necesidades crecen, se va debilitando progresivamente al no poder profundizar en el suelo y no verse cubiertas sus necesidades hasta que acaba

colapsando. Si a este hecho se une la disminución de la precipitación y el incremento del periodo seco, todo desemboca en un arbolado debilitado y con pocas capacidades de defenderse ante situaciones de estrés o el ataque de plagas o enfermedades que actúan como factores desencadenantes de una elevada mortalidad (Sangüesa-Barreda et al., 2014). En el caso de formaciones vegetales procedentes de repoblaciones, esta situación se ha visto agravada por la gran densidad de las masas y el exceso de competencia entre los árboles.

Los procesos de mortandad de coníferas mediterráneas se han justificado por un progresivo debilitamiento del arbolado como consecuencia de la incidencia de distintos factores cuyo grado de participación es preciso evaluar: la variación de las condiciones climáticas (episodios sucesivos de inviernos cálidos y veranos muy secos y con temperaturas superiores a las medidas históricas), la mayor necesidad hídrica de una masa más madura, de elevada densidad y las condiciones edáficas restrictivas. Es una situación que parece ajustarse a la hipótesis de un decaimiento secuencial basado en múltiples factores (Manion, 1981). Por un lado, los factores de predisposición exponen a los árboles a una situación de estrés prolongada (suelos superficiales, elevadas densidades de arbolado, procedencia genética, orientaciones de solana), que aumentan la susceptibilidad frente a factores incitantes (sequías prolongadas, mayores temperaturas estivales) y, que finalmente, dan pie a la entrada de factores ejecutores (sequías extremas, insectos o enfermedades). La cochinilla *Matsucoccus* ha podido encontrar un medio óptimo para su expansión exponencial, actuando como un agente biótico implicado en el proceso de decaimiento. Otras especies de escarabajos perforadores que habitan en la zona como *Tomicus destruens*, *T. minor* y *Orthotomicus erosus* están pudiendo actuar igualmente como los últimos responsables de la muerte del arbolado.

Las poblaciones de estos insectos pueden derivar en plagas generalizándose a zonas limítrofes y ampliando rápidamente la extensión y gravedad de los daños. La existencia de una masa con altos porcentajes de mortalidad, o de otras en diferentes grados de decaimiento, suponen un riesgo para el resto de las masas de pinos resinero y de otras especies de coníferas, entre ellas algunas de alto valor ambiental como las masas naturales de pino silvestre de la Sierra de Baza (Hábitat de Interés Comunitario 9530, Pinares sudmediterráneos de *Pinus nigra* endémicos). Esta situación de debilitamiento supone, por otro lado, un grave riesgo para la aparición de *Monochamus galloprovincialis*, insecto vector que transmite el nematodo de la madera del pino (*Bursaphelenchus xylophilus*), organismo de cuarentena que supone la mayor amenaza de los pinares europeos y que, actualmente, solo se encuentra en Portugal (Naves et al., 2016). Es obligado, por ello, llevar a cabo un conjunto de medidas orientadas a conocer todos los agentes implicados para poder prever la posible evolución de sus poblaciones y establecer medidas adicionales de control en caso necesario.

El episodio hay que situarlo igualmente en el contexto del cambio global (Camarero et al., 2015; Pérez Luque et al, 2016). La respuesta debe basarse en el paradigma del la gestión adaptativa sobre las masas forestales para hacer frente a su decaimiento por la conjunción de varios factores bióticos y abióticos, dotándolas de mayor resiliencia (capacidad de respuesta) para los previsibles eventos futuros (Serrada et al., 2011; Aspizua et al., 2015).

En la evaluación previa del episodio se constató que hay que la superficie afectada por el decaimiento aumenta el riesgo de incidencia de incendios forestales en la zona como consecuencia del aumento del combustible vegetal propenso a arder, tanto el combustible fino (hojas) como el medio y grueso (ramas y troncos). En base a ello, se estima necesario llevar a cabo una gestión que tenga en cuenta este riesgo.

III.- La respuesta al episodio de decaimiento: un enfoque basado en la colaboración interdisciplinar.

Para facilitar la mejor respuesta al episodio de decaimiento, la Dirección General de Gestión del Medio Natural y Espacios Protegidos de la consejería de Medio Ambiente y Ordenación del

Territorio de la Junta de Andalucía[2] impulsó la creación de un grupo de trabajo constituido por técnicos y especialistas de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (Delegaciones Territoriales de Granada y Almería y Servicios Centrales y de las Universidades de Granada y Córdoba).

La Resolución establecía como objetivo de este grupo de trabajo científico – técnico recabar toda la información disponible, impulsar y coordinar todos los trabajos necesarios para generar nueva información y elaborar un Plan de Acción contra la problemática del decaimiento de los pinares de Andalucía. Como resultado de su actuación, el grupo de trabajo debería elaborar un documento de bases para orientar las actuaciones de manejo de las áreas de pinar en situación de riesgo de decaimiento.

En la composición del grupo se integraron profesionales de distintas vertientes del conocimiento que podían aportar su experiencia en este episodio concreto: sanidad forestal, selvicultura, prevención y extinción de incendios, restauración ecológica e inventariación y teledetección.

El grupo de trabajo mantuvo tres reuniones (14 de noviembre de 2016, 10 de febrero de 2017 y 16 de marzo de 2017) con el objetivo de definir el plan de actuación y elaborar una guía de recomendaciones que se pudieran concretar en intervenciones concretas sobre el terreno.

IV.- Plan de trabajo y resultados

En la primera reunión del grupo de trabajo se establecieron las líneas de trabajo que deberían de ser abordadas para dar cumplimiento al contenido de la Resolución sobre el decaimiento de los pinares en Andalucía, particularizando estas propuestas en el caso del decaimiento del Parque Natural de la Sierra de Baza.

Las actuaciones acordadas fueron las siguientes:

A.- Cuantificar y situar geográficamente la superficie afectada por el decaimiento, mediante visitas de campo y la explotación de imágenes satélite y aerotransportadas que permitan el seguimiento de parámetros biofísicos a partir de la puesta a punto del modelo de daños.

> Esta tarea se concretó en una evaluación del daño por decaimiento en el pinar de la zona afectada realizada por la Universidad de Córdoba tomando como base las imágenes satelitales RAPIDEYE.

B.- Identificar la contribución de los distintos factores ambientales y selvícolas que han podido desencadenar este episodio de mortandad, determinando en concreto las causas que han podido causar la explosión poblacional de *Matsucoccus feytadui* de este verano, a través del estudio de parámetros climáticos, edafólogicos y otras variables ecológicas se llevará a cabo mediante el estudio de información de partida, la toma de muestras en árboles y la explotación de imágenes satélite que permitan un seguimiento temporal de las variables.

> Esta tarea fue encomendada a la Red de Información Ambiental de Andalucía que estudió la evolución de las variables climáticas en la zona en el periodo 1971-2015 estableciendo las tendencias de la temperatura media mensual, temperatura media anual, precipitaciones totales, pluviometría estacional, evapotranspiración potencial,

[2] Resolución del Director General de Gestión del Medio Natural y Espacios Protegidos, Francisco Javier Madrid Rojo, de 20 de octubre de 2016, por la que se constituye el grupo de trabajo vinculado a la problemática del decaimiento de las repoblaciones de pinar en Andalucía.

índice de sequía, duración del periodo de sequía y balance hídrico (véase información al respecto en https://medioambienteand.wordpress.com/2017/02/02/clima-y-suelo-factores-determinantes-del-paisaje-el-caso-de-las-sierra-de-baza/).

C.- Estudio de detalle de la zona afectada por el episodio de decaimiento, para obtener como resultado la subdivisión del área en rodales según criterios como las características del medio físico (pendiente, tipo de suelo, orientación), el grado de afección de la masa de pinar y la potencialidad de regeneración natural; la zonificación servirá para establecer propuestas para la planificación de actuaciones en la zona afectada, tanto de corta como de restauración.

Este estudio fue realizado por ele quipo técnico de coordinación de los trabajos (Servicio de Restauración del Medio Natural, Delegación Territorial de Granada, Agencia de Medio Ambiente y Agua), dando resultado información y documentación para el conocimiento del grupo de trabajo, para la elaboración del proyecto de actuaciones y como material para la divulgación.

D.- Conocer mejor las características de la cochinilla *Matsucoccus feytadui* en especial su capacidad de dispersión real (temporal y espacialmente) y su comportamiento demográfico, a través de la instalación de trampas de feromonas u otros medios de seguimiento de plagas; paralelamente, controlar los agentes nocivos secundarios que muchas veces son los que producen la muerte del arbolado (como los perforadores).

El Departamento de Equilibrios Biológicos de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio y el equipo de Equilibrios Biológicos de la Agencia de Medio Ambiente y Agua llevó a cabo el seguimiento de las poblaciones de la cochinilla corticícola para mejorar su conocimiento y determinar su papel en el proceso de decaimiento (Gómez de Dios et al, 2017).

Para ello, se obtuvo la feromona a través del INRA (Francia), estableciendo contacto con un laboratorio de la Universidad de Jaén para producir la feromona para posibles episodios futuros. Se instalaron 42 trampas con feromonas en la zona afectada, ampliándose el área de muestreo a otras zonas de pinar de pino resinero de Andalucía.

E.- Monitoreo de perforadores (escolítidos) y de otras posibles plagas y enfermedades (cóccidos, pulgones, cerambícidos, etc) mediante trampeo en la zona afectada y en áreas colindantes, para determinar las especies presentes y su abundancia relativa con objeto de evaluar la necesidad de actuaciones específicas.

En paralelo a la actuación anterior, se realizó el seguimiento de la fauna de insectos que potencialmente puede intervenir en el agravamiento del proceso de decaimiento.

F.- Toma de muestras de acuerdo con el protocolo de detección del nematodo de la madera del pino para hacer el seguimiento de la incidencia de esta posible plaga.

Uno de los agentes de cuarentena más peligrosos para las coníferas es el nemátodo del pino (*Bursaphelenchus xylophilus*), cuya presencia en Portugal y la detección (de manera temporal) en varios territorios de España hace temer su posible difusión por territorio andaluz en un corto o medio periodo de tiempo, por lo que se tomaron muestras de madera para determinar su presncia. También se realizaron muestreos para la localización y cuantificación de la población del cerambícido *Monochamus galloprovincialis*, agente dispersante del nematodo. Los análisis que se realizaron en diciembre 2016 en el Laboratorio de Producción y Sanidad Vegetal de Mengíbar (Jaén) fueron negativos para el nemátodo del pino.

G.- Plan de control de plagas, en base a los resultados de las actuaciones anteriores**.**

Esta tarea toma la información de las anteriormente descritas.

H.- Diseño de estudio experimental de actuaciones de gestión selvícola adaptativa y de restauración del área afectada en el que se contrasten diferentes alternativas de manera que se permitan comparar diversas intensidades de corta, corta *vs*. no corta; retirada de madera *vs.* no retirada; astillado *vs* árboles caídos; repoblación *vs.* restauración natural; siembra *vs.* Plantación). Se propondrá una red de parcelas selvícolas y estudio de crecimiento de masas de *P. pinaster* en la Sª de Baza.

El grupo de trabajo definió e incluyó dentro del Proyecto de actuaciones selvícolas un diseño de parcelas para ensayar la respuesta de distintos tratamientos a los pinares afectados de manera que pueda evaluarse en el tiempo el comportamiento de cada una de las modalidades, permitiendo reforzar el aprendizaje derivado de este episodio.

I.- Plan de actuaciones selvícolas que contemple el diseño y ejecución de un plan de actuaciones selvícolas que reduzcan la competencia de los árboles. Los programas de claras (y en menor medida clareos, por la edad de la masa) deben adecuarse al estado actual (en particular la densidad inicial y las condiciones de estación), con el fin de reducir la posible incidencia de las plagas (reducir su capacidad de propagación), pero evitando problemas selvícolas indirectos (pérdida de estabilidad de la masa forestal por reducción brusca de la densidad). La programación se realizará tomando como base las ordenaciones existentes. Se valorarán los métodos e intensidades de corta, tanto en la zona en la que los árboles están secos como en las áreas con árboles decrépitos o debilitados que pueden constituir riesgos de extensión de plagas a zonas colindantes. También se valorarán las opciones de manejo de la madera a nivel de rodal (extracción *vs* no extracción, astillado, quemas, etc), prestando especial atención al control del transporte de madera, en su caso, tanto sin procesar (tronco) como procesada (biomasa parcial o totalmente procesada) para evitar la extensión de la plaga a zonas donde todavía no esté presente.

Inicialmente se estudió la posibilidad de realizar la extracción parcial de los pinos afectados a través de un aprovechamiento de madera o biomasa. Debido a las dificultades técnicas (pendientes, distancia a caminos, etc), a la necesidad de realizar el descortezado de los fustes y a otras circunstancias coyunturales como la saturación del mercado de la biomasa, se llegó a la conclusión de que no era posible que una actuación de este tipo diera respuesta al área afectada. En consecuencia, se concluyó que se debía actuar en la zona afectada a través de un proyecto de inversión que permitiera mejorar la capacidad de respuesta ante el decaimiento forestal y e implementar actuaciones demostrativas de restauración.

Dada la importancia del foco de decaimiento, se propuso que se declarasen de urgencia las actuaciones y que se redactase un proyecto de actuación en el menor plazo de tiempo posible.

Para el diseño de las actuaciones, se establecieron los siguientes principios:

- La prioridad debe ser mejorar el estado selvícola de la masa viva reduciendo competencia pero sin descuidar el efecto desfavorable que puede tener una reducción excesiva de cobertura en relación con el sombreamiento del suelo y la estabilidad de la propia masa residual.
- Considerar como prioritario la conservación del suelo teniendo en cuenta el origen la finalidad hidrológico-forestal de estas formaciones arboladas.
- Actuar de modo prioritario en los bordes del área más intensamente afectada, reduciendo la densidad del arbolado.

- En el área en donde los árboles están muertos, utilizar principalmente el procedimiento de apeo de los árboles y su distribución o colocación de manera que actúen como freno para los procesos erosivos.

- Llevar a cabo tratamientos alternativos (mantenimiento de los árboles en pie, clareos con diferentes intensidades de corta, etc) de modo experimental-demostrativo en parcelas estandarizadas de modo que se puedan extraer conclusiones y aprender en base a la propia experiencia.

El plan de actuaciones selvícolas fue diseñado por el conjunto del grupo de trabajo bajo la coordinación del equipo técnico, incluyendo una zonificación del área afectada, los criterios técnicos para la intervención y las recomendaciones para la ejecución de los tratamientos selvícolas y de restauración.

Con estos criterios y recomendaciones se redactó el "Proyecto de actuaciones de restauración en los terrenos afectados por la problemática del decaimiento de las repoblaciones de pinar en el Parque Natural de la Sierra de Baza" (abril 2017, autor: Javier Venegas Troncoso), que comenzó a ejecutarse en septiembre de 2017; financiación a través del fondo FEADER de la Unión Europea).

J.- Plan de restauración del área afectada, en base al mejor conocimiento disponible a y al conocimiento y experiencias adquiridos.

El plan de restauración se planteó como una actuación que debería ser respondida en una segunda fase de los trabajos, una vez que se hubiera evaluado la respuesta de la vegetación en los años siguientes al episodio de mortandad y a la ejecución de los trabajos selvícolas puestos en práctica. No obstante, dentro del proyecto de actuaciones se incluyeron intervenciones piloto de restauración bajo diferentes modalidades y diseños de plantaciones de modo que se obtenga información a corto plazo sobre las mejores alternativas para actuaciones futuras.

K.- Actuaciones de comunicación y divulgación que contemple la exposición sin alarmismo sobre la situación, el conocimiento consolidado y los factores de incertidumbre y acompañe la toma de decisiones: demostración de trabajos selvícolas y otras prácticas de manejo. El objetivo es realizar un planteamiento colectivo de las actuaciones de manejo y de restauración

Se ha prestado especial atención a las actuaciones de comunicación y divulgación, dando difusión de los resultados de los trabajos del grupo a través del blog de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio: (https://medioambienteand.wordpress.com/category/decaimiento-repoblaciones-forestales/) y diversas publicaciones y apariciones en distintos medios de comunicación (prensa, radio, televisión,…). Además, se ha dedicado un esfuerzo particular a la presentación de la información disponible y su puesta en común en el territorio más directamente afectado (municipios de Caniles y Baza, Junta Rectora del Parque Natural de la Sierra de Baza) aportando información de modo objetivo y conforme el grupo de trabajo iba obteniendo resultados y generando informes.

Referenbcias Bibliográficas

- Allen, C. D.; Macalady, A. K.; Chenchouni, H.; Bachelet, D.; McDowell, N.; Vennetier, M.; Kitzberger, T.; Rigling, A.; Breshears, D. D.; Hogg, E. H.; Gonzalez, P.; Fensham, R.; Zhang, Z.; Castro, J.; Demodiva, N.; Lim, J.; Allard, G.; Running, S.W.; Semerci, A.; Cobb, N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 660-684.
- Aspizua, R.; Bonet, F. J.; Zamora, R.; López-Onieva, M. R. 2015. Naturalización de pinares de repoblación: preparando el bosque para el cambio. En: Zamora, R.; Pérez-Luque, A.J.; Bonet, F. J.; Barea-Azcón, J. M.;

Aspizua, R. (eds). *La huella del cambio global en Sierra Nevada: retos para la* conservación. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Sevilla, pp. 162-166.

- Burgos. G.; Rodrigo, M. E.; Pére-Laorga, E.; Sabater, M. 2005. Prospección y estudio de *Matuscoccus feytadui* Duc. Y sus enemigos naturales en la Comunidad Valenciana. *IV Congreso Forestal Español*, Zaragoza.
- Camarero, J. J.; Gazol, A.; Tardif, J. C.; Conciatori, F. 2015. Atributing forest responses to global-change drivers: limited evidence of a CO2-fertilization effect in Iberian pine growth. *Journal of Biogeography*, 42: 2220-2233.
- De la Cruz, A. C.; Gil, P. M.; Fernández-Cancio, A.; Minaya, M.; Navarro-Cerrillo, R. M.; Sánchez-Salguero, R.; Grau. J. M. 2014. Defoliation triggered by climate induced effects in Spanish ICP forests monitoring plots. *Forest Ecology and Management*, 331: 245-255.
- Dopazo González, C.; Pérez-Laorga Arias, E. M. 2000. Localización, en la provincia de Valencia, de *Matsucoccus feytaudi Duc* en masas en las que se ha detectado debilitamiento progresivo de *Pinus pinaster*. *Informes técnicos. Plagas y Patología Forestal 1/2000.* Conselleria de Medio Ambiente. Generalitat Valenciana.
- Dopazo, C.; Pérez-Laorga, E.; Giménez, A. 2001. Presencia de la cochinilla del pino rodeno *Matsucoccus feytaudi* Duc. en la Comunidad Valenciana. *Informes técnicos. Plagas y Patología Forestal 1/2000.* Conselleria de Medio Ambiente. Generalitat Valenciana.
- Fernández Cancio, A.; Navarro Cerrillo, R. M.; Sánchez Salguero, R.; Fernández Fernández, R.; Manrique Menéndez, E. 2011. viabilidad fitoclimática de las repoblaciones de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) en la Sierra de los Filabres (Almería). *Ecosistemas*, 20: 124-144.
- Gandullo, J. M.; Sánchez Palomares, O. 1994. *Estaciones ecológicas de los pinares españoles*. ICONA. Madrid.
- Gómez-Aparicio, L.; Zavala, M. A.; Bonet, F.J.; Zamora, R. 2009. Are pine plantations valid tools for restoring Mediterranean forests? An assessment along abiotic and biotic gradients. *Ecologica Applications*, 19: 2124-2141.
- Gómez-Aparicio, L.; García-Valdés, R.; Ruiz-Benito, P.; Zavala, M.A. 2011. Disentangling the relative importance of climate, size and competition on tree growth in Iberian forests: implications for management under global change. *Global Change Biology*, 17: 2400-2414.
- Madrigal-González, J.; Zavala, M. A. 2014. Competition and tree age modulated last century pine growth responses to high frequency of dry years in a water limited forest ecosystem. *Agricultural and Forest Meteorology*, 192: 18-26.
- Gómez de Dios, M.A., Muñoz Risueño, A., Alguacil Picón, F., Guzmán Álvarez, J.R., Nebot Sanz, B., Cobos Aguirre, J.F.J., Carrasco Gotarredona, A., Rodríguez Reviriego, S. 2017. Entomofauna asociada al decaimiento de *Pinus pinaster* Aiton en Andalucía. El caso particular de Matsucoccus feytaudi Ducasse, 1941. En *Libro de resúmenes*, *XXXIII Jornadas de la Asociación española de Entomología*, Almería, p. 131.
- Navarro-Cerrillo, R. M.; Varo, M. A.; Lanjeri, S.; Hernández-Clmente, R. 2007. Cartografía de defoliación en los pinares de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y pino salgareño (*Pinus nigra* Arnold.) en la Sierra de los Filabres. *Ecosistemas*, 16: 163-171.
- Navarro-Cerrillo, R. M.; Sánchez-Salguero, R.; Manzanedo, R. D.; Camarero, J. J.; Fernández-Cancio, A. 2014. Site and age condition the growth responses to climate and drought of relict *Pinus nigra* Subsp. *salzmannii* populations in Southern Spain. *Tree-ring Research*, 70: 145-155.
- Navarro-Cerrillo, R. M.; Sánchez-Salguero, R.; Herrera, R.; Ceacero Ruiz, C. J.; Moreno-Rojas, J. M.; Manzanedo, R. D.; López-Quintanilla, J. 2016. Contrasting growth and water use efficiency after thinning in mixed *Abies pinsapo; Pinus pinater; Pinus sylvestris* forests. *Journal of Forest Sciencie*, 62: 53-64.
- Navarro-Cerrillo, R. M., Clavero, I.; Lorenzo Vidaña, A., Quero J.L.; Duque-Lazo J. 2016. Integración de datos de inventario y modelos de hábitat para predecir la regeneración de especies leñosas mediterráneas en repoblaciones forestales. *Ecosistemas* (en prensa).
- Navarro-González, I.; Pérez-Luque, A. J.; Bonet, F. J.; Zamora, R. The weight of the past: land-use legacies and recolonization of pine plantations by oak trees. *Ecological Applications*, 23: 1267-1276.
- Naves, P.; Bonifacio, L.; de Sousa, E. 2016. The pine Word nematodo and its local vectors in the Mediterranean Basin. *Insects and Diseases of Mediterranean Forest Systems*, 27: 329-378.
- Pérez-Luque, A.J.; Bonet, F. J.; Zamora, R.; Barea-Azcón, J. M:; Aspizua, R.; Sánchez-Gutiérrez, F. J. 2016. Señales del cambio global en el sitio LTER; Sierra Nevada. *Ecosistemas*, 25: 6-71.
- Prieto. Recio, C.; Martín-García, J.; Bravo, F.; Díez, J. J. 2015. "Unravelling the associations between climate, soil properties and forest management in *Pinus pinaster* decline in the Iberian Peninsula", *Forest Ecology and Management*, 356: 74-83.
- Rodrigo, E.; Catalá-Oltra, M.; Pérez-Laorga, E.; Baena, M. 2013. Monitoring of *Matsucoccus feytaudi* (Hemiptera: Matsucoccidae) and its natural enemies in Spain using sticky and tapes and pheromone traps. *Euror. J. Entomol.*, 110: 301-310.
- Ruiz de la Torre, R. 2006. *Flora Mayor*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- Sánchez-Salguero, R.; Navarro-Cerrillo, R. M.; Camarero, J. J.; Ferna´ndez-Cancio, A. 2010. Drought-induced growth decline of Aleppo and maritime pine forests in south-eastern Spain. *Forest System*, 19: 458-469.
- Sánchez-Salguero, R.; Navarro-Cerrillo, R. M.; Swetnma, T. W.; Zavala, M. A. 2012 a. Is drought the main decline factor at the rear edge of Europe? The case of southern Iberian pine plantations. *Forest Ecology and Management*, 271: 158-169.
- Sánchez-Salguero, R.; Navarro-Cerrillo, R. M.; Camaero, J. J.; Fernández-Cancio, A. 2012. Selective drought-induced decline of pine species in southeastern Spain. *Climatic Change*, 113: 767-785.
- Sánchez Salguero, R.; Navarro-Cerrillo, R.M.; Camarero, J. L.; Fernández-Cancio, A.; Swetnam, T. W.; Zavala, M. A. 2012. Vulnerabilidad frente a la sequía de repoblaciones de dos especies de pinos en su límite meridional en Europa. *Ecosistemas*, 21: 31-40.

- Sánchez-Salguero, R.; Camarero, J. J.; Dobbertin, M.; Fernández-Cancio, A.; Vilà-Cabrera, A.; Manzanedo, R. D.; Zavala, M. A.; Navarro-Cerrillo, R. M. 2013. Contrasting vulnerability and resilience to drought-induced decline of densely planted vs. natural rear-edge *Pinus nigra* forests. *Forest Ecology and Management,*
- Sangüesa-Barreda, G.; Camarero, J. J.; Oliva, J.; Gazol, A. 2015. Past logging, drought and pathogenic interact at forest dieback. *Agriculture and Forest Management*, 208: 85-94.
- Schvester, D.; Ughetto, F. 1986. Différences de sensibilité à *Matsucoccus feytaudi* DUC (Homoptera: Margarodidae) selon les provenances de pin maritime (*Pinus pinaster* AT). *Ann. Sci. For.*, 43: 459-474.
- Serrada, R.; Aroca, M. J.; Roig, S.; Bravo, A.; Gómez, V. 2011. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal. Notas sobre gestión adaptativa de las masas forestales ante el cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Soria, S.; Moreno, M.; Viñuela, E.; del Estal, P. 2000. Principales cochinillas en los pinos españoles. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 26: 335-348.
- Tavares, C.; Jactel, H.; Branco, M. 2015. Reproductive requirements and life cycle of *Iberorhyzobius rondensis* (Coleoptera: Coccinellidae), potential biological control agent of *Matsucoccus feytaudi*. *Environmental Entomology*.
- Turcazo, C.; Paoli, C.; Scopesi, C.; Montagnani, C.; Mariotti, M.G.; Vassallo, P. 2015. *Matsucocculs* bast scale in *Pinus pinaster* forests: a comparison of two systems by means of emergy analysis. *Journal of Cleaner Production*, 96: 539-548.
- Zamora, R.; Pérez-Luque, A.J.; Bonet, F. J.; Barea-Azcón, J. M.; Aspizua, R. (eds). 2015. *La huella del cambio global en Sierra Nevada: retos para la* conservación. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Sevilla, pp. 162-166.
- Zamora, R.; Hódar, J.A.; Matías, L.; Mendoza, I. 2010. Positive adjacency effects mediated by seed disperser birds in pine plantations. *Ecological Applications*, 20: 1053-1060.

C O M U N I C A C I O N E S

3. Suelos, glaciares y recursos hídricos

- Análisis e identificación de los servicios ecosistémicos de la Criosfera del Parque nacional de Sagarmatha; Everest, Himalaya
- Las acequias de careo de Sierra Nevada (Sur de España): Una herramienta ancestral para la adaptación al cambio climático
- Ambientes periglaciares durante la pequeña edad de hielo en Sierra Nevada (España). Origen y evolución del foco glaciar del Corral del Veleta
- Fuentes para el estudio de los cambios de Usos y Coberturas del Suelo. Estado de la cuestión.
- El agua y la energía como ejes vertebradores del territorio: percepción social en el Valle del Río Monachil (Granada, España).
- Taxus baccata en Sierra Arana (Granada, España). Análisis de una población en peligro crítico de extinción.
- Las centrales hidroeléctricas de Jéres del Marquesado (Granada)

ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CRIOSFERA DEL PARQUE NACIONAL DE SAGARMATHA; EVEREST, HIMALAYA

DANIEL BOYANO SOTILLO
danielboyanosotillo@gmail.com
Observatorio del Derecho Humano al Agua y al Saneamiento (ODHAS) – Universidad Complutense de Madrid (U.C.M.), ONG guías de espeleología y montaña, Asociación para el estudio de la montaña CRYOSANABRIA, Club de Montañismo Sanabria, Investigación realizada en el marco del proyecto CIENCIACTIVA 144-2015 (http://cryoperu.pe)

RESUMEN

Este artículo pretende ser una primera aproximación a los Servicios Ecosistémicos ofrecidos por la criosfera del Parque Nacional de Sagarmatha. Dicho ecosistema ofrece una contribución esencial a escala local, regional, nacional y continental. Además contiene hábitats únicos para la biodiversidad que proveen al ser humano una serie de Servicios Ecosistémicos de aprovisionamiento o abastecimiento, regulación, culturales y esenciales o de apoyo, según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM), presentada en 2005.

Palabras clave: Servicios, ecosistémicos, Sagarmatha, Everest, glaciar, parque, nacional.

ABSTRACT

This article pretends to be a starting point to get in touch with the ecosystemic services offered in the criosfera in the Sagarmatha National Park. This ecosystem has a essential contribution in a local, regional, national and continental scale. It also offer unique ecosystem for biodiversity which provide a range of ecosystemic provisioning services, regulation, cultural and essential in helping; as said in the Millenium Ecosystem Evaluation(MEE), handed 2005.

Keywords: *Services, Ecosystemics, Sagarmatha, Everest, Glacier, Park, National.*

1- Introducción

1.1- Servicios Ecosistémicos y la criosfera

El análisis de los Servicios Ecosistémicos consiste en evaluar los beneficios que los ecosistemas proporcionan a la población, entendiendo los ecosistemas como la relación dinámica y compleja de diversos organismos con el entorno, operando en un sistema interdependiente, de forma que si una parte es afectada puede producir un impacto en todo el sistema.

Se denomina criosfera al conjunto de las diferentes formas en que el agua puede conservarse en estado sólido (glaciares, hielo, nieve y permafrost). Todas esas formas tienen en común un origen relacionado con la presencia de agua a una temperatura por debajo del nivel de congelación, es decir, inferior a 0ºC. Esa característica las hace extremadamente sensibles a las variaciones en la temperatura y la precipitación, y la convierte en extraordinarios geoindicadores del cambio climático. Además, la criosfera del Parque Nacional de Sagarmatha constituye una de las principales reservas hídricas para las regiones áridas del Tíbet por el norte, y por el sur en Nepal en las temporadas de sequía. Los datos demuestran que esas masas de hielo están reduciendo considerablemente su tamaño como consecuencia del cambio climático.

No hay que olvidar que mientras que el cambio climático empeorará la prestación de algunos Servicios Ecosistémicos de la criosfera, otros como la producción de alimentos, la captura de carbono, los servicios de cuencas hidrológicas y el turismo de montaña, pueden ser mejorados.

Las personas que se benefician de forma directa de los Servicios Ecosistémicos que ofrece este ecosistema montañoso son, tanto las situadas en el entorno del Parque Nacional de Sagarmatha, como las que se encuentran a escala regional, nacional e incluso continental. Entre todos los Servicios Ecosistémicos destaca el aprovisionamiento de agua dulce de calidad para abastecer a la población y a sus actividades económicas, agricultura o ganadería principalmente.

1.2- El Parque Nacional de Sagarmatha y su criosfera

El Parque Nacional de Sagarmatha se encuentra al noreste de Nepal, en el distrito de Solu-Khumbu y la zona de Sagarmatha, haciendo frontera con el Tíbet (actual China). Contiene parte del Himalaya y la cara sur del monte Everest.

El parque abarca una superficie de 1.148 km² y su altitud varía desde el punto más bajo a 2.835 metros de altitud hasta los 8.848 metros de la cima del Everest. El 65% del parque se sitúa por encima de 5.000 metros de altitud y comprende un espacio sin prácticamente aprovechamiento directo para las actividades humanas. Un 32% de la superficie del parque es ocupada por tierras de pastoreo, y casi el 3% son bosques de árboles y arbustos.

El parque lo fundaron las instituciones nepalís el 19 de julio de 1976. El nombre de "Sagarmatha" procede de los vocablos sánscritos "Sagar", que significa cielo, y "Matha", que se traduce como cabeza o cima, descripción que se ajusta a la cumbre del mundo conformando una muralla natural. Por su parte, el macizo del Everest es conocido en el Tíbet por Chomolungma o Qomolangma, o lo que es lo mismo, Madre del universo.

El centro para visitantes se encuentra en Namche Bazaar donde se emplaza una compañía del Ejército Nepalí que se encarga de su protección. La entrada está en Monzo a 2.835 metros de altitud, a 8 horas de camino desde Lukla (aeropuerto), localidad donde empieza los principales trekking, entre ellos el del campo base del Everest.

Diferentes tipos de plantas o vegetación crecen en la región dividiéndose en 3 pisos altitudinales. El primer piso se emplaza entre los 2.835 metros y los 3.500 metros de altitud, apareciendo en este entorno distintas especies de pino, cupresus, abedul, enebro, abetos, bambú y rododendros. A medida que ascendemos las variedades de flora se restringen a los líquenes y musgos que dejan de crecer por encima de 5.000 metros de altitud debido a la línea de hielo y nieve permanente.

Los últimos estudios demuestran que en el espacio natural protegido viven al menos 118 especies de aves; junto a especies de mamíferos como el ciervo almizclero *(Moschus chrysogaster)*, la cabra himaláyica *(Hemitragus jemlaicus)* el leopardo de nieve *(Panthera uncia)*, el oso negro del Himalaya *(Ursus thibetanus)*, el lobo del Himalaya *(Canis himalayensis)*, los chacales del Himalaya *(Canis aureus)* o el panda rojo *(Ailurus fulgens)*. Las grandes montañas y los glaciares del Himalaya del cuaternario, incluidos los del parque, han actuado de barrera biológica entre la región paleártica y la región indomalaya, imposibilitando la comunicación de especies animales y vegetales de ambas vertientes, norte y sur, lo cual ha dado lugar a endemismos y división de especies, incrementándose la biodiversidad. Uno de los casos más significativos son las distintas especies de lobos del entorno himaláyico, el lobo indio (*Canis lupus pallipes*), el lobo himaláyico *(Canis himalayensis)* y el lobo tibetano *(Canis lupus chanco),* todas con un origen común.

En cuanto a las especies domesticadas destacan los Yaks *(Bos grunniens)*, que se encuentran predominantemente en la región de Khumbu, y que se usan como animales de trabajo en el campo y transporte, y para el aprovechamiento de su leche, carne, excrementos y pieles.

El Parque Nacional de Sagarmatha es el hábitat de una fauna adaptada a vivir a bajas temperaturas y con menos oxígeno, debido a haber menor aire en el ambiente por la altitud.

Todo ello, combinado con las diferentes etnias residentes (rais, sherpas y bothia) dependientes del medio natural mediante modos de vida de subsistencia agropastoril, ofrece una serie de retos de gestión de este espacio natural protegido.

Asimismo, el aislamiento de dichas comunidades, debido a la abrupta orografía, ha generado una gran riqueza y diversidad etnolingüística en la zona.

Los intensos vínculos de estas etnias con la naturaleza al profesar sus prácticas espirituales un profundo respeto por toda forma de vida, así como las restricciones en la caza de animales, han colaborado al éxito de la conservación del parque, que integra naturaleza, cultura y misticismo. Por todo ello el parque nacional fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en el año 1979.

De tal forma, el caso de estudio es un reflejo de la constante disputa por actividades y visiones de los distintos actores que intervienen sobre los territorios. Los Servicios Ecosistémicos permiten poner los niveles de valoración entre la conservación y la subsistencia, entre la conservación y la proporción de poder para los usos y control de los servicios ecosistémicos (Lorca, Soley & Boyano , 2015). Cuando hablamos de la criosfera del Parque Nacional de Sagarmatha nos referimos a áreas emplazadas en alta montaña. La criosfera es el componente del sistema terrestre que contiene agua en un estado sólido, estas se encuentran en regiones cubiertas por nieve o hielo, sean tierra o mar, jugando un rol muy trascendental en la regulación del clima global.

El Parque Nacional de Sagarmatha abarca la cuenca alta del río Dudh Kosi (río de leche), un importante afluente del río Ganges. El parque cuenta con una elevación media de seis mil metros de altitud y comprende las áreas montañosas de la cordillera del Himalaya, albergando espectaculares paisajes de glaciares, abisales valles, cumbres nevadas, espectaculares lagos e imponentes macizos montañosos. Desde varios puntos del parque se pueden observar cuatro de las cinco montañas más elevadas de la Tierra y sus glaciares. Estas son el Cho Oyu (8.201 m.), Makalu (8.463 m.), Lhotse (8.516 m.) y Everest – Sagarmatha – Chomolungma (8.848 m.)

Esta zona representa un espacio destacado para ver la evolución de la historia geológica de la Tierra y es una de las regiones más interesantes para estudiar mantos de hielo, glaciares e inmensas montañas que integran el hábitat de algunas especies en peligro de extinción.

2. Servicios Ecosistémicos de la criosfera del Parque Nacional de Sagarmatha

2.1-Servicios de abastecimiento o aprovisionamiento

La composición vegetal (pastizales y en menor medida arbustivo), los fuertes desniveles y las características edafológicas de las zonas más elevadas del Parque Nacional de Sagarmatha permiten que existan especiales condiciones para la **captación y el almacenamiento de agua** en zonas donde las nieves no son permanentes (Provisión de agua). En términos de captación o absorción, buena parte de este recurso proviene de los hielos glaciares y otro tanto llega a través de la nieve, lluvias y la niebla que es atrapada por las hojas de las plantas menores. Junto a las lluvias monzónicas aparecen lluvias

orográficas forzadas al chocar las masas de aire cargadas de humedad contra las paredes de las montañas, que además de tener una gran altitud, tienen importantes pendientes, forzando a descargar el agua (en forma sólida o líquida) que transportan dichas masas de aire húmedas. Este fenómeno, de forma generalizada, hace que la cara sur de la cordillera, es decir, la que atañe a este informe, sea mucho más húmeda que la norte. Entre ambas vertientes se dan las mayores diferencias de precipitación anual del mundo en un espacio tan reducido.

En cuanto al almacenamiento, los musgos y otra clase de vegetales inferiores cumplen un papel importante como reservorios naturales de agua que, junto con los glaciares, las lagunas y otros humedales de altura, se convierten en fuentes tangibles de provisión hídrica para la irrigación, tanto para la población local, como a escala regional de cuenca hidrográfica. De esta manera su funcionamiento natural permite el suministro básico de agua para los procesos económicos y sociales de esta región himaláyica, a pesar de la marcada estación seca.

En las comunidades de mayor altitud, tanto en la vertiente norte tibetana como en la vertiente sur nepalí, el agua de la criosfera abastece a las tomas de agua de las aldeas directamente, por lo general sin tratamiento. Este servicio responde principalmente a la filtración de los suelos turbosos de gran espesor que almacenan el agua lluvia y nieve, que posteriormente es liberada lentamente (Figura 1), recargando acuíferos y asistiendo al abastecimiento humano.

FIGUA 1.
Cabecera de río naciendo de los glaciares del Khumbu y laguna helada superficialmente con aprovechamiento para consumo humano del poblado de Gorakshep, Parque Nacional de Sagarmatha.

Queda claro que en el caso de la criosfera, el principal Servicio Ecosistémico que provee es el agua. Para Nepal, un país con un contingente hídrico desigual, garantizar la conservación de estas masas de agua helada es básico. Así el Parque Nacional de Sagarmatha es el primer eslabón de una cadena biológica y económica que va desde cotas de aproximadamente 2.800 metros, donde existe agricultura y ganadería, hasta la frontera con el Tíbet con más de 8.000 metros de altitud.

El cuidado y conservación de la provisión de agua es vital a nivel local, ya que las poblaciones más vulnerables dependen directamente del agua para sus principales

actividades económicas, o lo que es lo mismo, la agricultura (patatas en las partes altas y cultivos tropicales en el fondo del valle) y la ganadería (cría de búfalo, ovejas, cabra y yaks, ganadería menor y ganado vacuno). Pero el agua también es imprescindible para actividades del sector secundario como la producción hidroeléctrica en pequeñas centrales ubicadas a los largo de los ríos de la cordillera y en otras de mayor tamaño como la recién inaugurada en 2017 Thame Khola Hydropower. Con la producción de esta energía se reduce el consumo de madera y la vegetación arbustiva puede recuperarse.

Otro Servicio Ecosistémico a destacar dentro de este apartado es la **provisión de sal rosa del Himalaya** ya que es una de las sales más ricas, puras y especiales del mercado. Esta sal se viene formando desde hace varios millones de años en la base de esta cordillera, donde existía un extenso océano. La sal marina cristalizó a una elevada presión dando lugar a una estructura cristalina, de color anaranjado y rosado, y a una exclusiva composición que la provee de propiedades curativas. Actualmente esta sal se usa como conservante y también se vende en comunidades de menor altitud donde no existe de forma natural. La sal es trasladada en grandes caravanas de yaks que impresionan al viajero (Figura 2).

FIGURA 2.
Caravanas de Yaks atravesando el Parque Nacional Sagarmatha.

Otro servicio tradicional de los ríos que nacen en la Parque Nacional de Sagarmatha es la **minería artesanal,** ofreciendo material de construcción como arcilla, grava y arena. Durante los continuos avances y retrocesos de los glaciares en las cabeceras de las cuencas depositaron sedimentos heterométricos, siendo estas acumulaciones de material morrénico, llamado till, ricas en minerales para la agricultura y para la construcción. Concretamente la arcilla se usa tanto para los muros como para ladrillos o las tejas del techo.

De manera paralela, los glaciares del Parque Nacional de Sagarmatha constituyen un refugio de diversidad genética y conforman una reserva para el desarrollo potencial agrícola al ser “islas biológicas y culturales” debido a su incomunicación por la escasez de pasos entre las montañas. En la criosfera del parque destacan los elevados niveles de endemismo, producto de su aislamiento, condición que, sumada a su gran biodiversidad, los convierte en objetos de estudio y los configura como inigualables laboratorios naturales para realizar estudios científicos de cualquier índole (sistemática, taxonomía, genética para aplicación farmacéutica, entre otros). Hay que recordar que en la actualidad todavía es necesaria la exploración de muchos de los valles y montaña del parque, más aun con sus cambios geomorfológicos continuos fruto de los procesos periglaciares y glaciares activos como avalanchas, crecidas de ríos, movimientos en masa de ladera o continuos terremotos de diferente intensidad.

Se práctica la **pesca** de forma ocasional en ríos y lagunas como complemento de la dieta por parte de la población local. En cuanto al **aprovechamiento micológico** y de la **flora comestible** tuvieron un bajo reconocimiento por parte de las personas autóctonas debido a la baja diversidad de plantas comestibles por la altitud o simplemente niegan el consumo de especies de alta montaña, por temor a admitir la extracción de recursos protegidos por el Parque Nacional (Lorca, Soley & Boyano, 2015). Actualmente existen proyectos para impulsar el consumo de los productos silvestres en el área como ocurre con el seabuckthorn *(Hippophae rhamnoides)* que se ha utilizado desde hace más de mil años en la medicina tradicional. Sus principales aplicaciones han sido el tratamiento del asma, úlceras gástricas, mejora de la circulación sanguínea, problemas respiratorios y dermatológicos. También se han empleado sus bayas o frutos para el tratamiento de la tos y para la mejora de la circulación sanguínea y el aparato digestivo, además de ser un importante anti oxidante. Dichas bayas se pueden encontrar preparados de diferentes formas: en jarabe, zumos, caramelos, cápsulas de aceite rico en ácidos omega-7, infusión, extracto fluido o tintura.

Respecto al **servicio de provisión de productos bioquímicos**, medicinas naturales y productos farmacéuticos, se reconoce que los pobladores del Parque Nacional de Sagarmatha utilizan algunas de las plantas nativas con fines medicinales. Algunas de estas plantas fueron resaltadas por todas las personas consultadas apareciendo un importante número de citas entre las que destacamos por su interés económico el yarsagumba *(Cordyceps sinensis)*. Este es un hongo único que se desarrolla a partir de una larva de una polilla que sólo crece en altitudes de 3.500 a 5.000 metros de altitud. Según la medicina tradicional el yarsagumba remedia dolores de cabeza y dentales, además de atrasar la infertilidad y la impotencia. La recolección comienza antes de la temporada de monzón (mayo-junio) y dura sólo unas semanas. El Gobierno de Nepal está tratando de controlar su recogida estableciendo cantidades máximas límite.

La medicina tradicional constituye en la actualidad parte de la cultura viva. El consumo de plantas y productos naturales y medicinales viene acrecentándose por su eficacia curativa y la comercialización masiva en las ciudades, en algunas de ellas están siendo procesadas e industrializadas con fines terapéuticos como en Katmandhú. Es necesario por ello profundizar el estudio en este sentido al ser la Parque Nacional de Sagarmatha un espacio natural privilegiado donde se pueden hacer estudios que beneficien a la población mundial.

En relación con lo anterior los pobladores utilizan una gran variedad de recursos animales en sus prácticas curativas, tanto domésticos como los que pueden obtener de los diferentes ambientes de sus poblaciones.

El servicio de **provisión de fibras** fue identificado en bibliografía con la obtención de madera y la leña a nivel local. Actualmente la madera se usa como combustible y para la construcción de cercas, techos y herramientas, aunque es importante resaltar la reducida vegetación arbustiva existente en estos ecosistemas y que en cierta forma sirve para estabilizar taludes y frenar la pérdida de suelos. Además, estos arbustos, son recolectores de agua creando micro ecosistemas óptimos para que procreen otras especies como líquenes y hongos. Del mismo modo los excrementos de yak se usan como combustible, como antisépticos en la limpieza interior del hogar y como material de construcción tapando huecos en las paredes. Asimismo al ser el yak el animal doméstico mejor adaptado a la altitud, de él se aprovecha todo, en especial su leche para hacer queso y mantequilla. Con harina de cebada y mantequilla de Yak se elabora el famoso alimento multi nutritivo tsampa.

También el hielo de los glaciares era y es un recurso de uso local, puesto que la población lo extrae con la finalidad de **mantener productos perecederos**, como carne o pescado, y así conservarlos, e incluso para hacer helados dulces (Boyano, 2015).

2.2- Servicios de regulación

Dentro de los servicios de regulación el principal es el servicio de **regulación del clima**. Esta regulación se consigue mediante la captura de dióxido de carbono por la vegetación, el cual se acumula como parte de la materia orgánica del suelo. Dicho almacenamiento ayuda a controlar el calentamiento a escala global. Además, los glaciares como ecosistemas de gran altitud, juegan un papel determinante en los patrones de circulación de masas de aire a escala local y continental, que se relacionan directamente con el clima local y regional.

Asimismo los glaciares modifican las condiciones atmosféricas locales de su entorno, ya que las montañas nevadas enfrían las masas de aire y aumentan su humedad relativa, favoreciendo la precipitación. A su vez, esas masas de aire circulan por los valles glaciares en sentido valle montaña durante el día y en sentido inverso durante la noche con vientos adiabáticos y catabáticos.

Estas montañas son una de las regiones más sensibles al cambio climático, ya sea en relación a su fragilidad biofísica, su biodiversidad y a los riesgos naturales, como a la vulnerabilidad social y los medios de subsistencia humanos. Ya que los glaciares se están retirando y sus capas de hielo pierden volumen, pueden ser considerados como un sistema mundial de alerta temprana funcionando los glaciares como **indicadores evidentes del calentamiento global**.

La variación en el clima de las últimas décadas afecta al recurso agua, y a su disponibilidad de uso. De esta forma varias personas locales identificaron a la criosfera del Parque Nacional de Sagarmatha como un regulador climático e hídrico de vital relevancia.
Dentro de los estudios científicos que más se desarrollan en la criosfera, especialmente en los glaciares, están los relacionados con los paleo climas, ya que estas masas de hielo son buenos indicadores de cambios climáticos, puesto que reaccionan a dichas anomalías atmosféricas entregando o acumulando mayor cantidad de agua a las cuencas donde drenan sus aguas. Esto se refleja en las oscilaciones de la superficie y en el volumen de los glaciares. Además, en algunos glaciares se pueden estudiar condiciones pasadas del clima o de la flora entre otros, mediante testigos de hielo, calicatas y observaciones de frentes abruptos.

Asimismo los glaciares conservan atrapadas pequeñas burbujas de aire entre los cristales de hielo, las cuales son remanentes del pasado de la atmósfera en el momento de la precipitación de la nieve que luego se transformó en hielo, el análisis de estas burbujas de aire junto con las partículas de polen, permiten reconstruir las características de la atmósfera de tiempos pasados. La información obtenida del hielo ha tenido un papel relevante en la identificación de los cambios pasados en escalas de tiempo que van desde décadas a milenios, es decir, se puede estudiar la reciente pequeña edad de hielo o las primeras formaciones de glaciares cuaternarios durante la última pulsación de la glaciación Würm.

Respecto a las precipitaciones, existe una diferenciación marcada entre las vertiente sur nepalí húmeda, y la vertiente norte Tibetana árida. A los valores directos de volumen de agua, se deben sumar las cantidades de agua que proviene de glaciares, la precipitación horizontal y el agua atrapada por la vegetación. Estas condiciones permiten deducir que en el ambiente glaciar la vocación natural de estos ecosistemas debe ser la **conservación del recurso hídrico**.

FIGURA 3.
Glaciares de ladera y de montera, almacenes y reguladores hídricos. Ama Dablam.

Comúnmente se menciona la importancia de preservar los ecosistemas del Parque Nacional de Sagarmatha, en razón de su función de **reguladores hídricos** (Figura 3), por esta razón, son considerados ecosistemas estratégicos. Este servicio se relaciona con los glaciares y el agua de las masas de agua (lagos y lagunas), que al controlar el agua (reteniéndola y liberándola lentamente) regulan las inundaciones y la erosión, además de recargar acuíferos. Esta regulación se puede observar tanto en escala temporal anual (invierno se retiene agua en el hielo y en verano se libera) como diarias (en la noche se retiene agua en el hielo y en el día se libera).

Del mismo modo las turberas de los ecosistemas del Parque Nacional de Sagarmatha actúan como purificadores del agua al ser un filtro natural que le aporta minerales aumentando su calidad. En este caso se constituyen en fuente de agua potable ya que en la gran mayoría de las turberas y glaciares del Parque Nacional de Sagarmatha, la cantidad de nieve y lluvia es mayor que el agua evapotranspirada. Las personas locales tienen en cuenta la calidad del agua de los glaciares y turberas, reconociéndose como privilegiados al tener el acceso a este recurso garantizado, ya que al estar ubicados en las tierras altas pueden abastecerse directamente, y prácticamente sin ninguna alteración. Dicho privilegio les brinda una sensación de bienestar que según ellas y ellos no tienen las personas que habitan aguas abajo de las cuencas. Esta población local se siente ajena al proceso de degradación ambiental. En contraposición, se observó que al no existir un manejo adecuado de aguas servidas en las comunidades, los actores locales contaminan de forma indirecta y no son ajenos al problema.

Por otro lado la nieve y el hielo tienen un alto albedo, o lo que es lo mismo, reflectividad de radiación devuelta evitando la acumulación de calor. Esta reflectividad puede afectar en algunas partes del Parque Nacional de Sagarmatha hasta un 90% de la radiación solar incidente. Sin la criosfera, el albedo sería considerablemente más bajo, se absorbería más

energía calorífica a nivel de la superficie terrestre y, por lo tanto, la temperatura atmosférica sería más alta.

Por otro lado en la estación seca las horas de sol son elevadas y están comenzando a ser aprovechadas para producir energía mediante placas o cocinas solares en muchas comunidades.

Los glaciares cumplen el rol de mantener el **caudal hídrico de manera estable** durante todo el año, acumulando agua en la época húmeda y desaguando en la época seca, favoreciendo una dinámica de regulación de caudal constante.

El permafrost (suelos congelados de manera permanente) es escaso y poco estudiado en la Parque Nacional de Sagarmatha pero influye sobre el contenido de agua y la vegetación de amplias zonas y es uno de los componentes de la criosfera que es más sensible a las tendencias de calentamiento atmosférico. Igualmente tiene la característica de que al calentarse, la materia orgánica que contienen estos suelos congelados pueden emitir gases invernadero, como el metano, y aumentar la tasa de calentamiento global. Al igual que en los glaciares descubiertos, en invierno el cuerpo del “permafrost” crece y retiene agua adicional en forma de hielo subterráneo, la que, en gran medida, corresponde a agua infiltrada de la fusión diurna de nieve, avalanchas y precipitaciones.

En los ecosistemas del Parque Nacional de Sagarmatha se crean condiciones climáticas especiales que contribuyen a **mantener la humedad durante períodos secos y a la formación de reservorios de agua**. Un ejemplo de lo anterior son los complejos lagunares en los cuales nacen ríos. Así se asegura el abastecimiento de Servicios Ecosistémicos de aprovisionamiento para captaciones de agua para aldeas, además de ser un potencial para la generación de energía hidroeléctrica y mecánica (Lorca, Soley & Boyano, 2015). Entre las centrales más importantes destaca la ya menciona central de Thame Khola Hydropower.

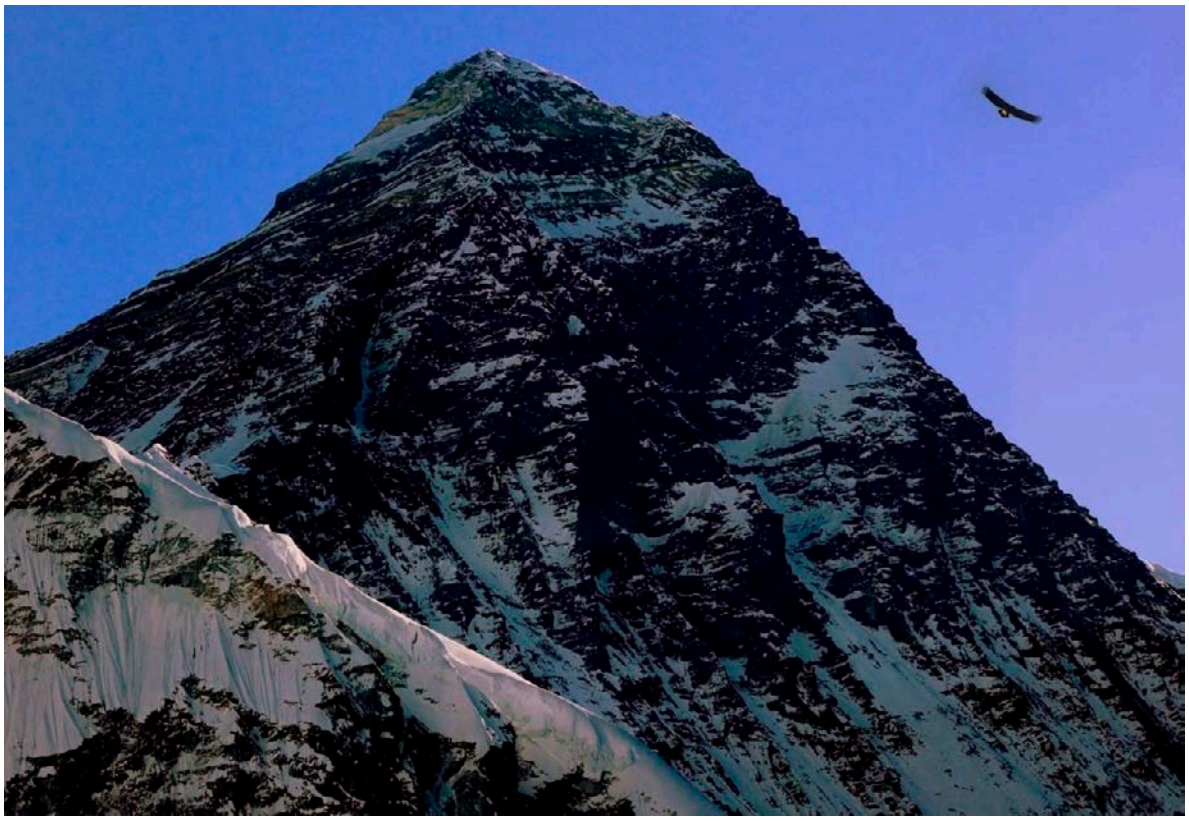
Los sistemas fluviales, de riego, agua potable e hidroelectricidad de Nepal, dependen fundamentalmente de este servicio.

La criosfera ejerce una barrera hídrica que frena la escorrentía en cabecera evitando fuertes crecidas e inundaciones, y regulando por tanto la erosión, produciéndose una **regulación de las amenazas naturales**, dando lugar de esta manera una reducción de desastres y catástrofes a escala local y en la parte baja de las cuencas. Este aspecto es muy importante en toda la cordillera ya que todavía están presentes las catástrofes ocurridas durante las últimas décadas.

Este servicio mencionado en la literatura, se encuentra estrechamente relacionado con los suelos característicos de estos ecosistemas, y en especial en las turberas, los cuales al poseer alta concentración de materia orgánica y ser muy profundos, tienen la capacidad de retener agua y carbono, controlando posibles inundaciones y **regulando la erosión,** y por lo tanto el ciclo de nutrientes y energía. Este servicio, se relaciona con el servicio de regulación hídrica, ya que al retener y liberar el agua lentamente, se controlan las inundaciones y la erosión.

Respecto a la **regulación de enfermedades** varias personas de las aldeas locales afirman que uno de los mayores beneficios que reciben de vivir en la alta montaña, es la buena salud por la excelente calidad del aire y la buena calidad de los alimentos que consumen. Podemos añadir que en ambos ecosistemas existen especies de fauna, como el buitre *(Gyps himalayensis)*, el águila real dorada *(Aquila chrysaetos)* o el leopardo de las nieves *(Panthera uncia)* que se alimentan de animales muertos que pudieran generar enfermedades (Figura 4).

FIGURA 4.
Águila real dorada (Aquila chrysaetos) en las inmediaciones del Monte Everest – Sagarmatha – Chomolungma (8.848 m.)



El bajo reconocimiento del servicio de **regulación de plagas** tanto en la literatura como en la comunidad, puede deberse a que dadas las condiciones climáticas a esta altitud, las plagas no son tan frecuentes, lo cual genera poco interés científico y comunitario.

Los pocos insectos que habitan en el ecosistema de la criosfera, cumplen una **función polinizadora** para las escasas plantas de esta zona, lo mismo que ocurre con la dispersión de semillas. En comparación, la población entrevistada no identificó este servicio probablemente porque la comunidad desconozca este proceso, lo tenga interiorizado como algo normal o piensen que no les beneficia directamente.

Finalmente, aunque los glaciares de montaña en menor medida, afectan marcadamente el volumen de los océanos y de los niveles globales del mar, cambios en ella, pueden afectar el balance energético del clima mundial. A escala global según el National Snow and Ice Data Center (NSIDC), el aumento del nivel del mar responde a un efecto combinado entre la expansión térmica de los océanos y el deshielo de los glaciares.

2.3;Servicios culturales

El **turismo de montaña y el alpinismo o himalayismo** es un servicio ecosistémico gracias a la belleza paisajística que alberga el Parque Nacional de Sagarmatha tal y como manifiestan la población local, el personal técnico del parque y los propios turistas y montañeros. Desde un punto de vista técnico considero que existe un alto potencial para realizar un Geo Parque donde el glaciarismo y cambio climático fueran sus ejes principales, además de potenciar la educación ambiental. Las visitas al parque se han incrementado en los últimos años, a excepción de 2015 por el terremoto, y están cerca de sobrepasar los 40.000 visitantes anuales (Figura 5), por lo que sí se sabe regular y enfocar correctamente, podría beneficiar más a la población local sin dañar al medio. La regulación debe ser realista y poderse llevar a cabo para reducir los efectos negativos del turismo y acercarse a

la montaña de forma respetuosa. Entre las medidas más destacadas incluiría respetar la capacidad de carga ambiental del parque, respetar las condiciones laborales de la población local (especialmente porteadores), elevar el porcentaje de beneficio que se queda la población local (actualmente las agencias son las que obtienen mayores ingresos) y crear un plan de gestión de residuos eficiente para la llegada de un número elevado de turistas.

FIGURA 5.
Turistas y expediciones de montañeros en el Base Camp del Everest y el inicio de la cascada de hielo de Kunbhu al fondo, Parque Nacional de Sagarmatha

La llegada de turismo comenzó a principios de 1960, antes de la exitosa ascensión del Everest por Hillary y Tenzing Sherpa. Hoy en día el parque alberga más de 20 aldeas con más de 6000 personas que viven en su interior, donde los ingresos obtenidos del turismo son muy importantes.

La mayor parte de la población que vive en el parque es de tradición budista y practican rituales para representar respeto a una o más deidades. 'Puja' es un nombre de origen sánscrito que significa 'veneración devocional', además de ofrenda, ritual, triunfo o adoración en la cual se suele quemar plantas locales como cupresus que se asemejan al incienso. En determinadas épocas del año y asociado a las pujas, se celebran mascaradas con un alto componente festivo, simbólico y espiritual.

En el Parque Nacional de Sagarmatha se practican ceremonias o pujas religiosas relacionadas con lagunas, glaciares y montañas. Asimismo continuamente aparecen banderas budistas, colgadas en árboles o puentes.

La ceremonia o puja sirve para eliminar las energías negativas de un lugar y establecer firmemente cualidades positivas, con lo cual se atrae la armonía a los lugares y los participantes. De ahí que los sherpas lo vean como un acto necesario, ya que supone el final de la etapa de aproximación y aclimatación y el inicio de la fase de ascensión de grandes montañas como el Everest o Sagarmatha (Figura 6).

Además de realizar la clásica aproximación al campo base del Everest hay otros caminos muy transitados como los de los lagos de Gorkyo, el campo base del Ama Dablan o llegar al Island Peak.

Estos paisajes constituyen verdaderos escenarios que **inspiran tranquilidad**, animan el espíritu y conducen a la contemplación, el disfrute y bienestar de la población local y de los turistas. Por lo tanto, hacen falta lineamientos e infraestructura para que esta actividad se desarrolle dentro de un marco eco turístico, y que garantice el mantenimiento de los ecosistemas a largo plazo. Las personas de las comunidades y las instituciones del Parque Nacional de Sagarmatha mostraron su apuesta por el Ecoturismo y turismo de montaña sostenible como única vía para mejorar la calidad de vida de las personas por su riqueza de fauna, flora y paisajística.

FIGURA 6.
Glaciar del Khumbu Valley.

Es prioritaria la conservación de vestigios arqueológicos, sitios de interés histórico y cultural, y los lugares sagrados, relacionados con la cosmovisión de etnias y tradiciones de las comunidades. Entre ellos destaca las estupas o chorten budistas, muy abundantes en toda la cordillera (Figura 7).

Otro atractivo turístico que en la actualidad no se aprovecha correctamente son las innumerables fuentes de agua termal. Estas aguas no están correctamente señalizadas y podrían tener mayor afluencia de público.

Por otro lado estaría el **servicio asociado a valores estéticos**, el cual varios autores lo reconocen al afirmar que los ecosistemas de alta montaña tienen valores escénicos y atractivos, además la máximas alturas del parque tienen dinamismos vivos y desmesurados, fáciles de interpretar y que cambian el paisaje continuamente. Esto se debe a los continuos sismos, avalanchas, desplazamiento de glaciares, movimientos en masa de laderas… Igualmente, estas montañas poseen los paisajes más espectaculares y naturales del planeta, donde no ha llegado la mano del ser humano a alterar. La belleza paisajística de estos ecosistemas nos hace pensar y reflexionar ya que es necesario perderse en la montaña para encontrarse con uno mismo y cuando una persona sube a estas montañas después baja otra diferente. Ya extranjeros que en el Siglo XIX soñaban con estas tierras las describieron con gran entusiasmo y admiración. Un ejemplo de ello es el geógrafo Reclus que hablaba así del Sagarmatha:

> *"Aquellos hielos son el lecho de cristal y de diamante; aquellas nubes de oro y púrpura con velo sagrado los rodea. Allá en lo alto está el dios Shiva, que destruye y crea: allí también la diosa Chama, la Gauri, que concibe y pare. De ella descienden los ríos, las plantas, los animales y los seres humanos".*

FIGURA 7.
Estupa o Chorten Budista con el Everest y el Lhotse en el fondo.

Existe una sensación de bienestar general entre las personas del Parque Nacional de Sagarmatha, al sentirse cómodas donde habitan, potenciándose de este modo el servicio ecosistémico de **sentido de pertenencia e identidad territorial**. Esto indica satisfacción por el paisaje que ven diariamente.

Se observa que si los Servicios Ecosistémicos culturales son elevados, generando una identidad entre las personas que residen en el territorio, el grado de conservación es alto debido al vínculo afectivo territorio y las personas que en el viven, es más, si las personas viven en las proximidades de la criosfera del parque también trabajan en su conservación para poder continuar con su medio de vida (Lorca, Soley & Boyano, 2015).

En la ruta de aproximación al campo base del Everest, Kala Pattar o Gorkyo por el valle de Dudh Kosi, durante los primeros días se atraviesan estrechas gargantas cruzadas por largos puentes metálicos que atraen a los turistas. Además de estas rutas más conocidas aparecen otras que están comenzando a ganar popularidad como el campamento base del Ama Dablan o el Island Peak.

Estos valores paisajísticos de gran altura hacen que el turismo sea la principal fuente de ingresos del parque nacional, y una de las principales de todo Nepal. Hay que recordar que tanto turistas que hacen rutas de aproximación, como montañeros que ascienden cimas tienen que pagar múltiples permisos y entradas, además de costosos desplazamientos ya que los itinerarios transcurren por lugares de difícil acceso.

Desde el punto de vista sociocultural, estas áreas montañosas han jugado un papel relevante con respecto a la relación ser humano-montaña, como **lugar sagrado** y de gran valor en mitos y leyendas. Las grandes montañas del Himalaya son consideradas por las etnias locales lugares sagrados, al suponerlas más cielo que tierra. En estas cimas se concentran los elementos fundamentales para la vida y el equilibrio del cosmos. Esto puede estar asociado a que las zonas montañosas en su conjunto suelen ser objeto de

admiración, culto y misticismo para casi todas las culturas, dado lo complejo de ascenderlas, a su intrínseca hostilidad y a los grandes procesos naturales que en ellas acontecen.

Quizás la leyenda más famosa de este parque nacional sea la del Yeti. Esta fama ha hecho que gran cantidad de establecimientos turísticos reciban el nombre de Yeti.

Recientemente, una de las amenazas para el ecosistema son los restos de residuos inorgánicos existentes en las rutas más transitadas por los turistas.

2.4- Servicios de soporte o apoyo

Dentro de este grupo de servicios, aparecen los menos considerados por la población local, probablemente por su carácter intangible. Por esta razón, aunque son vitales para el funcionamiento del ecosistema y el suministro de los demás Servicios Ecosistémicos de los cuales de benefician directamente, no les resulta fácil de reconocer.

Entre estos se encuentra el Servicio Ecosistémico de **formación de suelo**, el cual se relaciona con otros servicios como la provisión de agua, alimento, regulación hídrica y climática. La vegetación, aunque escasa, es uno de los principales factores en la formación de los suelos, a través del proceso de acumulación de la materia orgánica. La evolución de este material orgánico es muy restringida debido a que las temperaturas bajas aletargan la actividad microbial. Por esta razón, los procesos de formación de humus y la mineralización de los restos orgánicos ocurren de forma muy lenta y esto hace que la materia orgánica tienda a almacenarse, parcialmente descompuesta, y que esté constituida por sustancias húmicas de baja polimerización y escaso vínculo con los coloides inorgánicos. De esta forma se generan horizontes superficiales espesos de color negro o de tonos muy oscuros.

A pesar de no haber encontrado reporte en las fuentes a comparar, se infiere que el servicio de **ciclaje de nutrientes** debe desarrollarse en periodos prolongados, debido a las particularidades climáticas (bajas temperaturas, fuertes vientos, menor presión atmosférica) propias de estos ecosistemas (Carolina Laverde, 2008).
Los microorganismos del suelo, que cumplen el papel de **descomponedores**, no representan la mayor proporción del conjunto de nutrientes en el ecosistema, pero pueden ser considerados como su principal agente transformador y como una fuente importante de alimento para las plantas durante sus ciclos de renovación.

La riqueza de especies durante las últimas etapas de la sucesión vegetal significa una mayor coexistencia, debido a la mejora en las condiciones edáficas y micro climáticas; esto se refleja en el éxito de un mayor número de formas de crecimiento, formas con alta especialización en la captura, distribución, acumulación y liberación de recursos, así como en el desarrollo de mecanismos de protección de los meristemas o yemas de renovación.
El **servicio de producción primaria** en los suelos de la criosfera es lento, debido a las condiciones de estrés a las cuales está adaptada la vegetación propia de estos ecosistemas situados a gran altitud. Dichas condiciones son la baja presión atmosférica, alta radiación solar, bajas temperaturas y disturbios naturales relacionados con los fuertes vientos y las heladas.

En general, el servicio de **mantenimiento de hábitat** es reconocido tanto en la literatura como por las personas locales. Inicialmente, la bibliografía reconoce que estas áreas son importantes por la gran diversidad de fauna y flora que albergan. En este momento, existe preocupación entre los científicos porque la intervención antrópica está ocasionando pérdida de la biodiversidad en este ecosistema.

La **producción de oxígeno** es un servicio secundario en la criosfera ya que la fotosíntesis es intermitente debido a los procesos de nivación y glaciarismo. Este servicio la población

local lo destacó como un Servicio Ecosistémico del cual se benefician a nivel local, regional, nacional y global.

2. Discusión

La criosfera del Parque Nacional de Sagarmatha proporciona servicios ecosistémicos de aprovisionamiento o abastecimiento, regulación, culturales y esenciales o de apoyo, según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM) presentada en 2005. La metodología diseñada en este análisis somero retomó conceptos y lineamientos establecidos en dicha Evaluación de los Ecosistemas del Milenio y se basó en revisión bibliográfica y trabajo de campo, principalmente entrevistas.

El enfoque metodológico que se utilizó para esta identificación y clasificación de los Servicios Ecosistémicos se alinea con la economía ecológica y la ecología política, que plantean las relaciones de poder que están en las interacciones entre la sociedad y la naturaleza en torno al uso y manejo de los Servicios Ecosistémicos. Es así, que la unidad de análisis por ecosistemas se convierte en un sistema socio-ecológico (Lorca, Soley & Boyano, 2015).

Este análisis debe ser interpretado como una síntesis introductoria a los Servicios Ecosistémicos de la criosfera del Parque Nacional de Sagarmatha. Por lo tanto se debería completar con un trabajo minucioso que pudiera profundizar en cada uno de los servicios ofrecidos por este espacio natural para tener una herramienta más que justifique su conservación.

Cabe resaltar que los servicios ecosistémicos se deben entender como un instrumento más de conservación, en este caso desde una óptica antropocéntrica. A pesar de ello hay que tener en cuenta que en la naturaleza aparecen ecosistemas que son insustituibles, y por lo tanto, no pueden ser valorados con un enfoque monetario cuantitativo, al ser insustituibles.

3. Conclusiones

Las conclusiones de este análisis se encuentran esquematizadas en la siguiente tabla.

Referencias bibliográficas

- Boyano Sotillo, D. (2015). Servicios Ecosistémicos de la criosfera y los páramos de la Cordillera Huaytapallana, Perú. Cryoperú. http://cryosanabria.blogspot.com.es/2017/04/servicios-ecosistemicos-de-la-criosfera.html
- Cáceres, D. et al (2007). Servicios Ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. En Gaceta Ecológica Julio- Diciembre, número especial 84-85. Instituto Nacional de Ecología.
- Calle Z. Méndez, L. E. 2008. Estructura y composición de la vegetación arbórea en el agropaisaje del río la vieja. Informe final proyecto GEF – Banco Mundial “enfoques silvo pastoriles integrados para el manejo de ecosistemas”.
- Conte, M., et el (2011). Retention of nutrients and sediments by vegetation En: Kareiva, P., Tallis, H., Ricketts, T.H., Daily, G.C., Polasky, S. (eds.). Natural Capital. Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services.
- Laverde Martínez, Carolina. Servicios ecosistémicos que provee el páramo de la cuenca alta del río Teusacá: Percepción de los actores campesinos y su relación con los planes ambientales en la vereda Verjón Alto, Bogotá D.C. 2008
- Lieberman, D. et al (1996). Tropical Forest Structure and Composition on a Large-Scale Altitudinal Gradient in Costa Rica. Journal of Ecology 84.
- Lorca, P., Soley. R., Boyano Sotillo, D. (2015). Diagnóstico e identificación de los servicios ecosistémicos en el municipio de Santa Rosa Cauca y San Juan Nepomuceno, Colombia¨. Identificar, espacializar y caracterizar los servicios ecosistémicos de abastecimiento, regulación y culturales que proveen las áreas protegidas en la escala local, regional y nacional. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2003). Ecosystems and Human Well-being: A Framework For Assessment.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis Report. Island Press.

- Navarro Ortega, M. (2012). Evaluación participativa del aporte de fincas integrales a los servicios ecosistémicos y a la calidad de vida de las familias en el Área de Conservación Tortuguero, Costa Rica. Tesis. Mag. Sc., Turrialba, CR. CATIE.
- Philpott, S. et al (2008). A multi-scale assessment of hurricane impacts on agricultural landscapes based on land use and topographic features. Agriculture, Ecosystems and Environment 128.
- Rangel O.J. (2002). Biodiversidad en la región del páramo: Con especial referencia a Colombia. Congreso Mundial de Páramos. Memorias Tomo I.

Tabla 1.
Esquema de los Servicios Ecosistémicos de la criosfera del Parque Nacional de Sagarmatha.

ECOSISTEMAS	*Servicios de abastecimiento o aprovisionamiento:*	*Servicios de regulación:*	*Servicios culturales:*	*Servicios de soporte o apoyo:*
Ecosistema Criosfera	- Captación y el almacenamiento de agua para agricultura y ganadería. - Provisión de agua. - Potencial para la generación de energía hidroeléctrica. -Recursos genéticos o biodiversidad. -Aprovechamiento de plantas medicinales curativas. - El hielo del glaciar se utiliza para mantener productos perecederos. -Minería artesanal. -Aprovechamiento micológico y flora silvestre. -Provisión de sal rosa del Himalaya - Pesca. -Provisión de proteína animal de los yaks. -Provisión de fibras,madera y leña.	-Regulación del clima. -Regulación hídrica (caudal hídrico de manera estable) y calidad de agua. - Indicadores más evidentes del calentamiento global. -Regulación de amenazas naturales. -Mantenimiento de humedad durante periodos secos y formación de reservorios de agua -Regulación de la erosión. -Regulación de enfermedades. -Regulación de plagas. -Polinización.	-Turismo -Valores estéticos paisajísticos - Sentido de pertenencia e identidad territorial. -Significado religioso y espiritual.	- Formación de suelo. - Servicio de producción primaria. - Servicio de mantenimiento de hábitat. -Producción de oxígeno. - Ciclaje de nutrientes. -Producción primaria.

Fuente: Boyano, 2017. Elaboración propia.

LAS ACEQUIAS DE CAREO DE SIERRA NEVADA (SUR DE ESPAÑA): UNA HERRAMIENTA ANCESTRAL PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

SERGIO MARTOS ROSILLO; ANTONIO GONZÁLEZ RAMÓN; CARLOS MARÍN LECHADO; CAROLINA GUARDIOLA ALBERT; ANA RUIZ CONSTÁN; FRANCISO MORAL MARTOS; EDUARDO NAVARRETE MAZARIEGOS; JORGE JÓDAR BERMÚDEZ; ANTONIO PEDRERA PARIAS; JUAN JOSÉ DURÁN VALSERO
s.martos@igme.es, antonio.gonzalez@igme.es, c.marin@igme.es, a.ruiz@igme.es, fmormar@upo.es, eduardonavarrete@juntadeandalucia.es, jjb.aquageo@gmail.com, a.pedrera@igme.es, jj.duran@igme.es
Instituto Geológico y Minero de España, Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, Agencia de Medio Ambiente y Agua, Universidad Politécnica de Cataluña.

RESUMEN

En la mayoría de las cuencas hidrológicas de alta montaña de Sierra Nevada, en el Sur de España, se realiza un sistema de recarga de acuíferos que lleva en funcionamiento, al menos, desde la Edad Media. El agua de deshielo es derivada de la cabecera de los ríos para su recarga en la parte alta de los valles, mediante unos canales excavados en el terreno y sin revestir que se denominan acequias de careo. Se trata de un sistema de manejo de agua que es ejemplo de resiliencia, al haber superado los importantes cambios climáticos y sociales ocurridos desde su implantación. En este trabajo se presentan los resultados de una investigación realizada en la cuenca piloto del río Bérchules, con el objeto de comprobar la eficiencia hidrológica e hidrogeológica de esta forma de manejo del agua.

Palabras clave: Recarga, deshielo, cambio climático, adaptación, agua

ABSTRACT

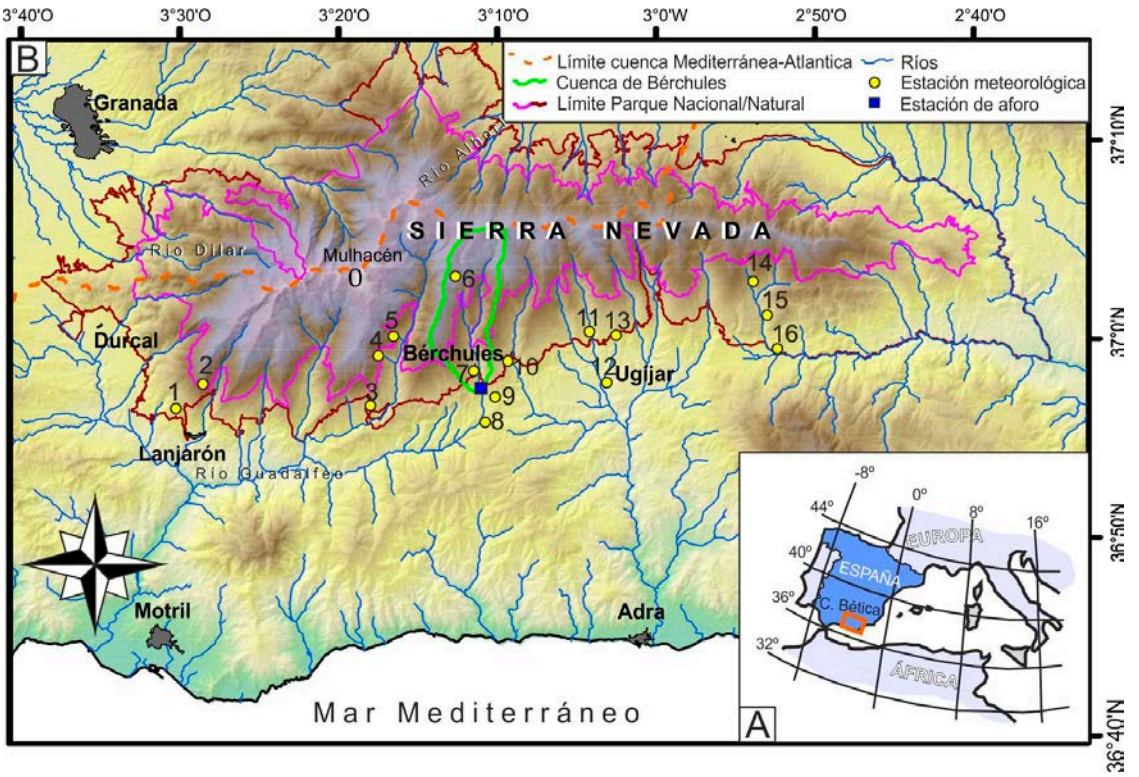
In most high-mountain watersheds of Sierra Nevada, in southern Spain, there is a system of artificial recharge of aquifers that has been in operation, at least, since the Middle Age. In the upper part of the basins, meltwater is derived towards uncoated channels dug in the ground which are known as"acequias de careo". Meltwater flowing through these channels infiltrates thus recharging the aquifer. Such an aquifer recharge method is a good example of ancient and resilient"Integrated Water Management"(IWM) process, given that, since its implementation, the acequias de careo recharge system has already experienced and successfully overcome drastic social changes and severe past climate conditions. This work presents the research results carried out in the Bérchules watershed to test the hydrological and hydrogeological efficiency of this IWM scheme.

Keywords: *Recharge, melting, climate change, adaptation, water.*

1. Introducción

Sierra Nevada constituye la principal cadena montañosa del sur de Europa, con más de 22 picos que superan los 3000 m de altitud (con su cúspide en el Mulhacén, con 3479 m s.n.m), y que se encuentran a menos de 30 km de distancia del mar Mediterráneo. La ladera sur de Sierra Nevada está surcada por una densa red de ríos alineados de norte a sur (Figura 1). Sus aguas son la fuente de suministro para abastecimiento a la población y al regadío y sostienen numerosos ecosistemas asociados. El especial valor ecológico de estos ecosistemas motivó que este espacio fuese declarado Reserva de la Biosfera en 1986, Parque Natural en 1989 y Parque Nacional en 1999.

FIGURA 1
Localización geográfica. (a) Situación en el contexto europeo; (b) Límites del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada, de la cuenca del río Bérchules, y posición de la estación de aforos del río Bérchules y de las estaciones meteorológicas utilizadas.

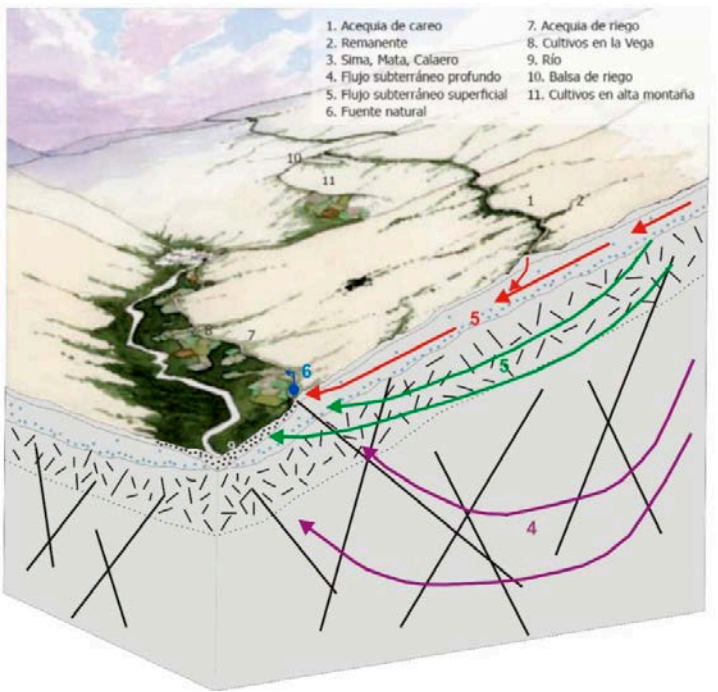


El régimen de funcionamiento de los ríos de Sierra Nevada suele ser de tipo nival, con sus caudales máximos en la época de deshielo. Se trata de ríos que discurren sobre materiales metamórficos de baja permeabilidad, en general, y con elevadas pendientes. A pesar de ello, estos ríos presentan una alta componente subterránea en sus hidrogramas, siendo frecuente que más del 40% de las aportaciones totales tenga este origen (Al-Awani, 1997). Estas elevadas aportaciones subterráneas son difíciles de asociar con las condiciones naturales de la cuenca, y están vinculadas con el manejo del agua que se realiza en Sierra Nevada desde la época medieval, gracias a la distribución del agua de deshielo mediante las denominadas acequias de careo. Estas acequias son canales excavados en el terreno con las que se deriva el agua de la cabecera de los ríos y se recarga en las laderas de los valles para usarlas en las partes bajas (Figura 2).El careo consiste, por tanto, en un intrincado sistema de acequias que permite verter el agua de deshielo en puntos concretos (carearla) de tal forma que se consiga recargar los acuíferos (Pulido-Bosch y Sbih, 1995). Estos, en su mayor parte, están formados por la alteración mecánica o físico-química de la capa superficial de las rocas que conforman las laderas o las cabeceras de los ríos (Figura 2).

Una parte del agua derivada (Figura 3 y 4a) entre abril y junio se infiltra durante su transporte por la propia canalización (Figura 4a), y otra, se vierte intencionadamente para su recarga en puntos concretos de mayor permeabilidad, y puntos estratégicamente situados en relación con las zonas de cultivo o los núcleos de población (Figura 4b). Este proceso se realiza antes de la temporada de riego (julio-septiembre). Se consiguen de esta forma diferentes objetivos: i) retardar el tránsito del agua a su paso por el medio subterráneo para mantener durante el estiaje el caudal de los ríos y de los manantiales situados en cotas más bajas, los cuales son utilizados para uso agrícola y abastecimiento a la población, ii) favorecer el crecimiento de pastos para el ganado vacuno en la zona de careo e incrementar la biodiversidad en las laderas, y iii) incrementar la baja concentración en sales del agua subterránea y aprovechar el poder autodepurador del terreno para mejorar su calidad como agua de abastecimiento a la población (Pulido-Bosch y Sbih,, 1995; Martos-Rosillo et al., 2015a). Se trata, por tanto, de un

ejemplo claro de simbiosis entre el hombre y la naturaleza, dado que su mantenimiento es esencial para la conservación del suelo y de distintas especies de flora y fauna asociadas (Plaza-García y García-Rubia, 2010).

FIGURA 2
Esquema de funcionamiento de las acequias de careo (modificado de Espín et al., 2010)



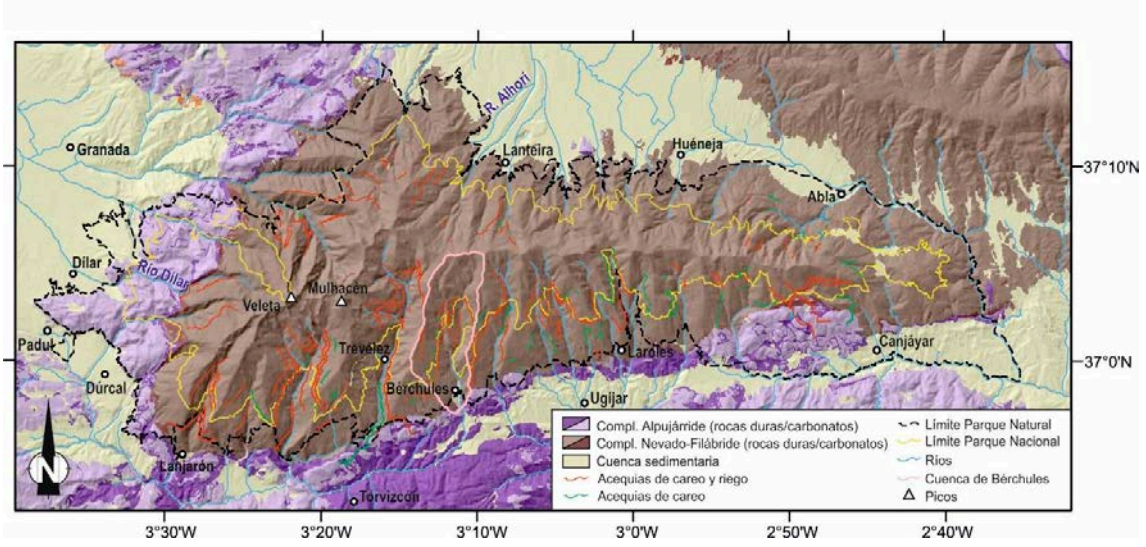
Este sistema de manejo del agua, implantado al menos desde la presencia árabo-beréber en el sur de la Península Ibérica en el siglo VIII (Delaigue, 1995), ha provocado una intensa transformación del paisaje de Sierra Nevada. Las terrazas de cultivo y los pastos coexisten con ecosistemas de alto valor ecológico (Figura 4c), entre los que destaca una vegetación propia de zonas más húmedas en un contexto general de vegetación mediterránea adaptada a condiciones de mayor aridez. La recarga del agua de deshielo en las laderas sirve para regular (1) el caudal nival de los ríos, (2) los cultivos en terrazas (Figura 4d; que favorecen la infiltración y disminuyen la escorrentía superficial y las pérdidas de suelo), (3) el riego a manta (riego por inundación), (4) las trasferencias de agua entre cuencas hidrológicas, que permiten recargar los excedentes de la época de deshielo en las cuencas contiguas (5) los moldeables sistemas de reparto del agua adaptados a la variabilidad meteorológica de la región, y otra serie de innumerables aspectos. Este sistema supone una lección de gestión hídrica, desapercibida e infravalorada hasta la fecha, pero que, como indican Vivas et al. (2009), poco se separa del paradigma de lo que recientemente se ha denominado “Integrated Groundwater Management” en el sentido descrito por Jakeman et al. (2016).

Entre los antecedentes hidrogeológicos merece ser destacado el trabajo de Pulido-Bosch y Sbih (1995), donde se estudió la distribución de las principales acequias de careo del sur de Sierra Nevada y se propuso un modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico de las zonas de careo, fundamentado, entre otros aspectos, con datos hidrogeoquímicos y ensayos de trazadores. También hay que destacar otros trabajos de tipo descriptivo, donde se establecen diferentes tipologías de acequias de careo en función del material por el que discurren (Fernández-Escalante et al., 2005 y 2006). Por otra parte, el “Manual del Acequiero” (Espín et al., 2010), así como la publicación de Delaigue (1995), identifican las acequias que ya funcionaban en la Edad Media y plantean hipótesis sobre la evolución temporal de las redes de acequias de La Alpujarra Alta (Sur de Sierra Nevada).

Por otro lado, debe ser destacado el asombroso grado de similitud que existe entre el sistema de recarga empleado en Sierra Nevada mediante las acequias de careo y el sistema prehispánico de "amunas" (Apaza et al., 2006) y "mamanteos" (Bardales et al., 2015), que se utiliza en Perú. Los resultados de estos trabajos de investigación muestran una sorprendente analogía entre ambos sistemas, desarrollados con un océano de por medio y varios siglos antes de la conexión entre ambas culturas. En este sentido hay que señalar que los escenarios guardan muchas similitudes desde el punto de vista fisiográfico, geológico y climático, aspecto que puede haber contribuido a alcanzar una misma solución. En segundo lugar, impresiona el alto grado de conocimiento hidrogeológico y el notable desarrollo tecnológico alcanzado por nuestros ancestros. Las amunas y las acequias de careo están construidas con una gran precisión, con pendientes mínimas, para evitar altas velocidades del agua, algunas atraviesan laderas abruptas, otras discurren sobre materiales muy inestables y todas están provistas de numerosos artilugios para controlar el caudal, la capacidad de infiltración, la velocidad de agua y la erosión (Espín et al., 2010).

El principal objetivo de este trabajo ha consistido en evaluar la eficiencia hidrológica e hidrogeológica del careo como técnica de recarga de acuíferos en la cuenca del río Bérchules, que constituye una cuenca piloto, utilizada para iniciar la caracterización del resto de cuencas de la ladera sur de Sierra Nevada. Se ha pretendido comprobar cuál es la capacidad de infiltración de estos canales construidos sobre rocas duras, si esta recarga puede laminar el caudal del río principal y qué modificaciones conlleva este sistema de recarga en el funcionamiento hidrogeológico del acuífero superficial, asociado a la zona de alteración de las rocas duras que afloran en las zonas altas de Sierra Nevada. Los resultados conseguidos confirman la eficiencia de este método de manejo del agua, que puede y que debería ser utilizado como herramienta de adaptación al cambio climático dado que, entre otros aspectos, aumenta el caudal de los ríos en los prolongados y cada vez más frecuentes periodos secos que pronostican los modelos de simulación de escenarios futuros.

FIGURA 3
Mapa hidrogeológico sintético de Sierra Nevada con los límites del Parque Nacional, el Parque Natural, la cuenca del río Bérchules y la red de acequias de careo y de careo/riego cartografiadas hasta la fecha en Sierra Nevada.



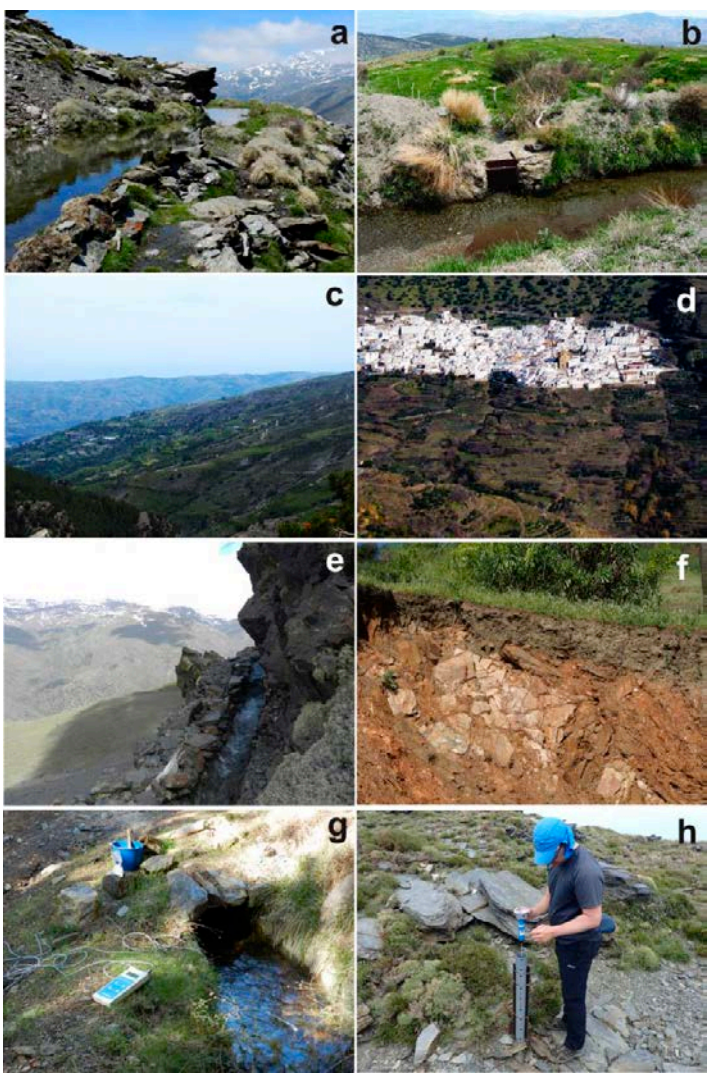
2. Descripción del área de estudio

La cuenca del río Bérchules ocupa 67,63 km^2 de superficie, con una pendiente y altitud media del 37% y de 2072 m s.n.m, respectivamente. Las máximas elevaciones se encuentran, al norte, a 2910 m s.n.m. y el punto de menor cota coincide con el de la estación de aforo de la cuenca, a 979 m s.n.m., al sur. El cauce principal tiene una longitud de 17,3 km (Figura 1).
La precipitación media en la estación meteorológica de Bérchules (nº 7 Figura 1) es de 698

mm/año, con una desviación estándar de 299 mm. El río Bérchules presenta un hidrograma con una alta componente subterránea y con caudales máximos, en enero y mayo, y mínimos, en julio y septiembre. Las aportaciones medias del periodo 1970-2013 alcanzan 13,1 hm^3/año (Jódar et al., 2017).

La cuenca está modelada, fundamentalmente, sobre esquistos grafitoso feldespáticos de grano fino con intercalaciones de cuarcitas, correspondientes al Complejo Nevado-Filábride de las zonas internas de la Cordillera Bética. La zona de alteración superficial de los esquistos (Figura 4f) y los depósitos de formaciones recientes que se acumulan sobre la zona de alteración y dan lugar a un acuífero superficial IGME (2015). La estructura de deformación principal que se reconoce en el área de estudio es una foliación muy penetrativa con un buzamiento general hacia el N-NE localmente deformado por la presencia de pliegues tardíos abiertos de dirección E-O. En la zona predomina la vegetación de pastizal, matorral, coníferas y quercíneas, así como frutales de secano y cultivos herbáceos de regadío. La superficie total de cultivos de regadío es de 260 ha (4% de la superficie de la cuenca).

FIGURA 4
(a) La acequia de Trevélez, antes de su entrada en la cuenca del río Bérchules, (b) Boquera de la acequia de El Espino que alimenta la "Sima de Bérchules", (c) vegetación natural y terrazas de cultivo junto a la localidad de Bérchules, (d) cultivos en terrazas en la localidad de Ohanes, (e) detalle de la acequia de Trevélez a su paso por un escarpe sobre rocas duras, (f) detalle de suelos y capa de alteración de los esquistos en la margen derecha del Bérchules (g) aforo salino en una acequia de careo (h) detalle del limnígrafo instalado en la acequia de Trevélez.



3. Metodología

Para caracterizar el funcionamiento hidrogeológico de la cuenca piloto del río Bérchules se ha procedido a realizar la cartografía hidrogeológica, con el correspondiente inventario de puntos de agua, que requirió de una cartografía geomorfológica previa. Asimismo se han cartografiado la red de acequias de careo y las principales acequias de riego de la cuenca (IGME, 2015).

Posteriormente se diseñó una red de seguimiento de caudales (Figura 5) tanto del río Bérchules (13 secciones de control) como de las principales acequias de la cuenca (8 secciones). En todas las secciones se estableció la correspondiente curva de gasto, contrastando los datos de la altura de la lámina de agua en una sección fija y con los datos de caudal medido con micromolinete o con un aforador salino, con una cadencia aproximadamente mensual (figuras 4g y 4h). Se utilizó el aforador salino modelo SalinoMADD (MADDThegnologies Sàrl), cuando la turbulencia del flujo era elevada o cuando la sección a aforar era muy irregular. En los demás casos se utilizó un micromolinete modelo C2 10.150, de la marca OTT. El procedimiento de realización de los aforos con micromolinete se ha hecho mediante el método de área-velocidad. Las medidas de la altura de la lámina de agua se han realizado con limnígrafos automáticos de capacitancia marca ODYSSEY (Figura 4h). Estos limnígrafos se han programado para registrar con una cadencia horaria. Durante el año hidrológico controlado (2014-2015) los caudales han sido, en general, bajos y con escasa variabilidad, por lo que las curvas aún no están bien ajustadas para valores elevados.

Se ha realizado un modelo de precipitación-aportación con el código Visual Balan (IGME, 2016) de la cuenca del río Bérchules. Para ello, se han procesado los datos meteorológicos de 16 estaciones disponibles en la margen sur de Sierra Nevada y los datos de caudal diario de la estación de aforo de Narila (ver su situación en la Figura 1). El procesado de los datos meteorológicos se ha realizado con el código TRASERO (Padilla y Delgado, 2014). La evapotranspiración potencial se calculó con la ecuación de Hargreaves (1994).

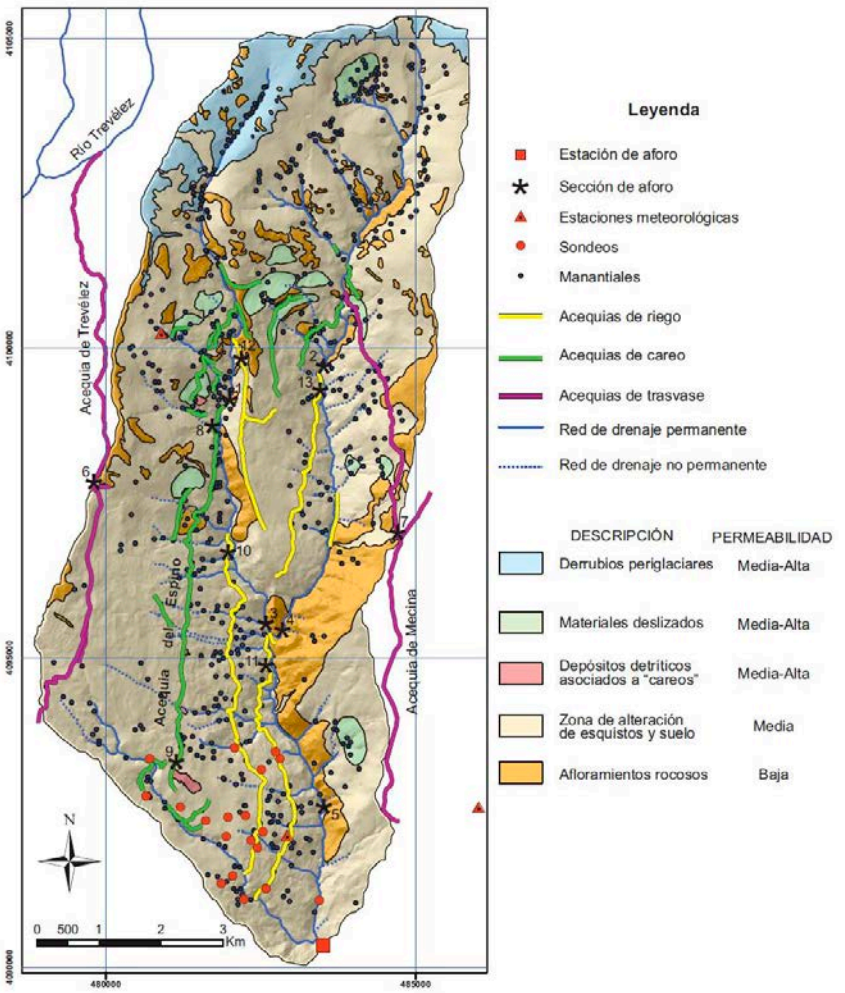
4. Resultados

La labor de cartografía realizada ha permitido, entre otros aspectos, inventariar 609 manantiales, de los que el 95 % presentan caudales inferiores a 0,2 l/s y muchos de ellos un funcionamiento estacional. Además, se han localizado 20 sondeos de explotación de aguas subterráneas con caudales inferiores a 1-2 l/s que son utilizados como complemento para uso agrícola y ganadero (Figura 5). Un importante número de manantiales se ubican en las partes más altas de la cuenca, asociados a cambios en la pendiente del terreno o a la diminución del espesor o la desaparición lateral del regolito (González-Ramón *et al.,* 2015). En el resto de la cuenca, existe una clara relación entre la posición de las acequias y la de los manantiales. En la Figura 5 se puede comprobar como la mayoría de las surgencias se ubican aguas abajo de las acequias, de lo que se deduce que las acequias aumentan el número de manantiales y condicionan su distribución espacial, afectando por tanto al funcionamiento hidrogeológico del acuífero y a su descarga.

En esta cuenca existen 19 acequias, con una longitud total de 57,45 km (Figura 5). Del total de acequias, las dedicadas al careo suman 21 km de longitud y se utilizan entre marzo y junio para recargar el acuífero asociado al río, con agua de deshielo derivada de la cabecera del propio río. Una parte del agua se infiltra durante su transporte por la propia canalización y otra, se vierte en determinadas zonas puntuales de mayor permeabilidad, para su infiltración. Estas zonas, que se denominan en la terminología local “simas”, no deben ser confundidas por su nombre con las simas kársticas. Finalmente, la acequia de Trevélez trasvasa aguas de la margen izquierda del río Trevélez hacia la cuenca del río Bérchules, donde son careadas, y la acequia de Mecina capta aguas de la cabecera del río Bérchules y las deriva para su careo hacia la cuenca hidrológica situada al este (cuenca del río Mecina). Los receptores de las aguas trasvasadas de otras cuencas, durante la época de deshielo, se encargan del

mantenimiento de las acequias de trasvase. El reparto del agua en la cuenca de estas acequias se hace por turnos. En el caso de la acequia de Trevélez los turnos son de 15 días, correspondiendo 10 consecutivos a Bérchules y 5 a Trevélez. Por último, entre julio y septiembre, solo funcionan las acequias de riego.

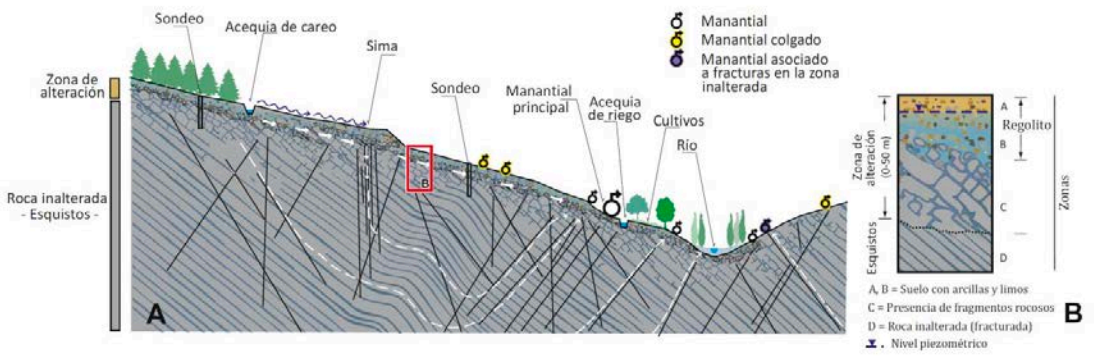
FIGURA 5
Mapa hidrogeológico del acuífero de Bérchules (Martos-Rosillo *et al.*, 2015b)



La cartografía geomorfológica realizada (IGME, 2016) permite definir el acuífero formado por los materiales de la zona de alteración superficial de los esquistos más las formaciones superficiales permeables cuaternarias (en su mayoría de origen gravitacional), que se superponen a los anteriores (Figura 5). Este acuífero superficial presenta un espesor medio comprendido entre 30 y 50 m, si bien las principales zonas productivas de los sondeos se sitúan entre 20 y 30 m de profundidad. La superficie total de afloramientos permeables es de 59,2 km^2 (Figura 5) y sus límites coinciden con los de la divisoria de aguas superficial del río Bérchules (Martos-Rosillo et al., 2015b). En el esquema conceptual de funcionamiento hidrogeológico (Figura 6), la recarga del acuífero se produce mediante: i) la infiltración de la precipitación, tanto en forma de nieve como de lluvia y ii) de forma artificial, mediante las acequias de careo y, en menor medida, iii) por los retornos de regadío. El agua infiltrada que traspasa el suelo edáfico puede fluir verticalmente hasta recargar el acuífero o bien hacerlo casi horizontalmente, para ser descargada como flujo hipodérmico, a través de numerosos manantiales. El flujo recargado se dirige, siguiendo la pendiente del sustrato, hacia el cauce del río Bérchules y hacia sus tributarios. La explotación por sondeos se considera poco importante. Por otro lado, además de las descargas asociadas al drenaje del acuífero superficial, existe otra descarga de aguas subterráneas de circulación más profunda, asociada

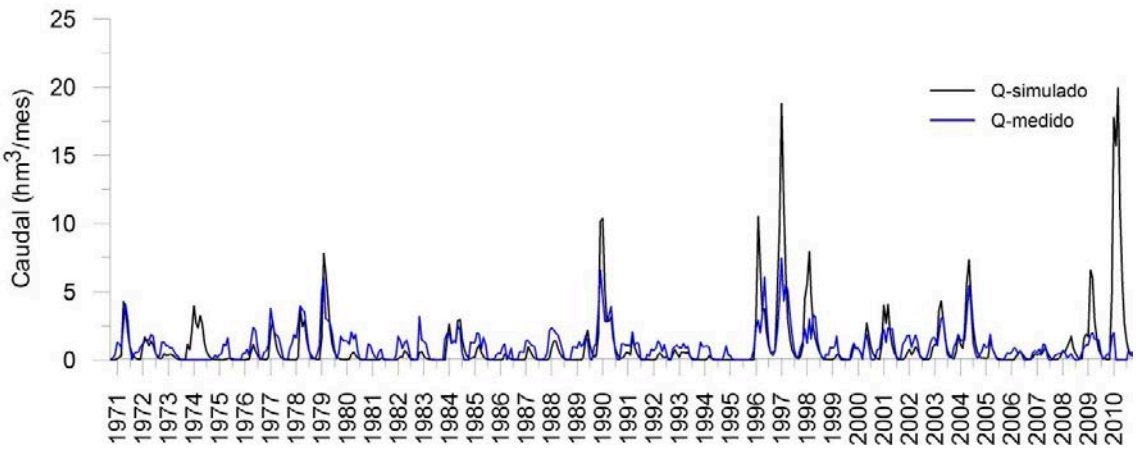
a la fracturación de las rocas metamórficas inalteradas, que da lugar a la existencia de algunos manantiales permanentes de muy bajo caudal, inferiores a 0,2 l/s, pero con interesantes anomalías térmicas e hidroquímicas con respecto a los manantiales asociados al acuífero superficial (Martos-Rosillo *et al.,* 2015a y b).

FIGURA 6
Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeológico en la ladera de la margen derecha del río Bérchules.



El ajuste alcanzado entre los caudales mensuales medidos y los calculados mediante la modelización de la cuenca del río es bastante aceptable (ver Figura 7), si bien no se ha conseguido una buena reproducción de todos los picos de los hidrogramas. Según el modelo la recarga media anual del acuífero es de 6,3 hm^3/año (13% de la precipitación y 49% del caudal total), que se recargan en 59,2 km^2 de afloramientos permeables, resultando una tasa anual de recarga media de 106 mm/año. La escorrentía media resulta de 188 mm/año.

FIGURA 7
Hidrograma real y simulado con Visual Balan 2.0 en la cuenca del río Bérchules (periodo 1971-2010)



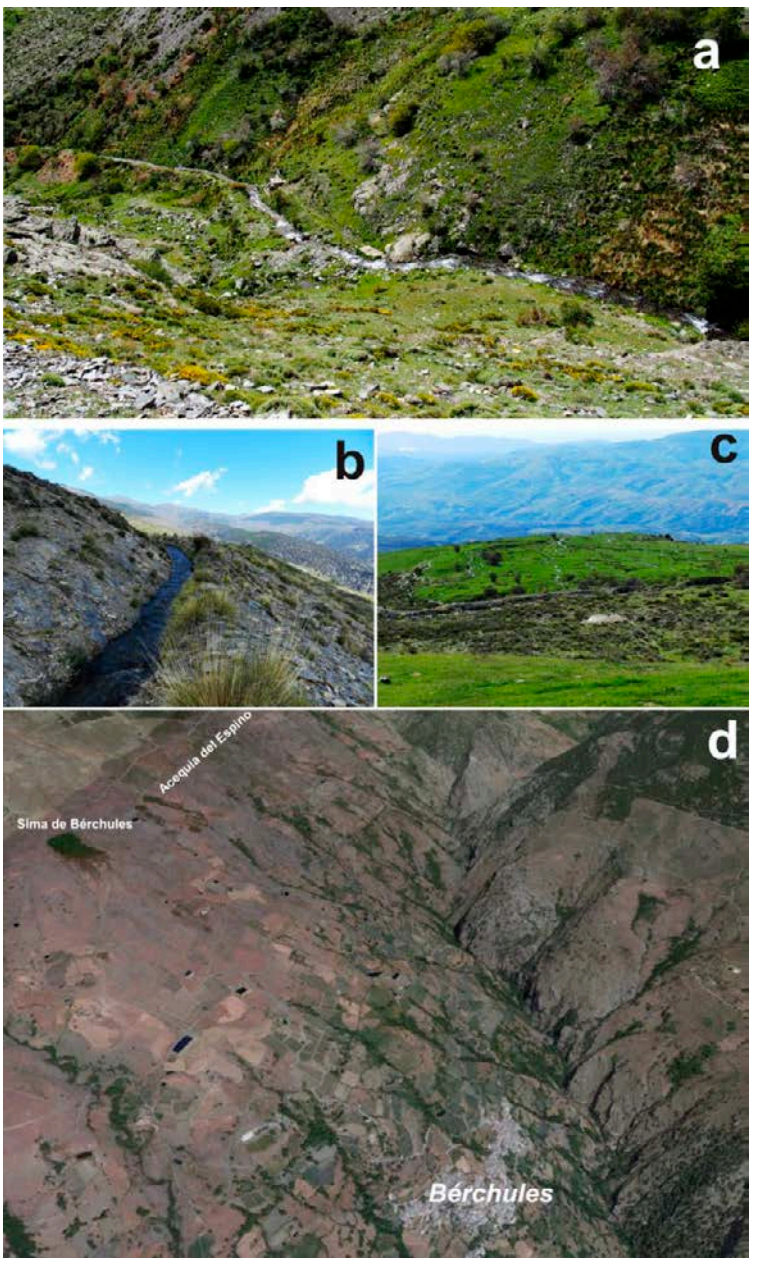
El control de caudales ha permitido comprobar que la capacidad de infiltración de la acequia del Espino fue de 2 hm^3, durante la temporada de careo que se prolongó entre diciembre de 2014 y mayo de 2015. De la cantidad total infiltrada, 1,65 hm^3 se infiltraron en el tramo comprendido entre la toma de la acequia y la sima de Bérchules. El resto, 0,35 hm^3, se infiltró en la citada sima (ver la Figura 8). El control de las acequias Real y Nueva (principales acequias de regadío) ha permitido comprobar que han sido derivados para ese fin 1.5 hm^3. A esta agua hay que añadir la utilizada por otras acequias menores y la que es captada directamente de los manantiales existentes a media ladera, aguas abajo de la acequia de El Espino. La cifra obtenida coincide, de forma aproximada, con las estimaciones de consumo agrícola (1,5 hm^3 en el año hidrológico 2014-15) realizadas mediante teledetección (Jódar et al., 2017).

De igual modo, el control de caudales en toda la cuenca ha permitido hacer el balance hídrico

correspondiente al año 2014-2015. Este año ha sido manifiestamente seco. Las entradas del sistema río –acuífero (7,6 hm^3/año) se han producido por la recarga de agua (natural y artificial) en el acuífero y las salidas se han repartido entre 1,5 hm^3 para regadío y abastecimiento, y 1,2 hm^3 para su trasferencia a la cuenca del río Mecina; el resto, 5,3 hm^3, han discurrido, superficialmente por el río Bérchules, aguas abajo de su estación de aforo. La diferencia entre las entradas y las salidas se explicaría por una disminución del volumen de agua almacenado en el acuífero, o por un error de cierre del balance.

FIGURA 8

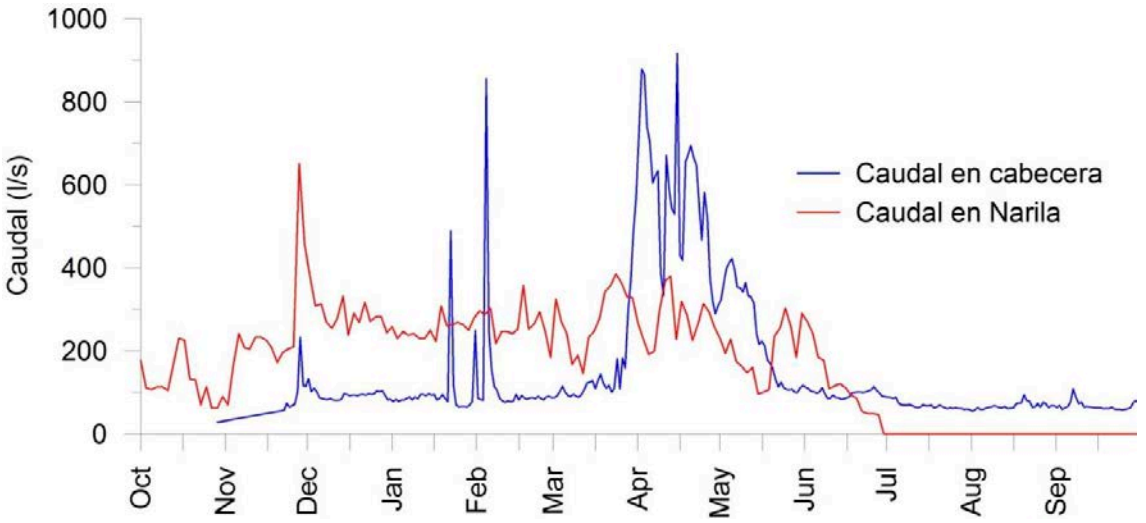
(a) Fotografías de la toma de la acequia de El Espino, en la que se observa que la práctica totalidad del agua que circula por el río es derivada hacia la acequia, (b) detalle de un tramo de la acequia de careo de El Espino, (c) fotografía de la Sima de Bérchules, (d) Imagen del valle del río Bérchules tomada de Google Earth (junio de 2013) con la situación de la Sima de Bérchules y la acequia del Espino en relación con las huertas y el núcleo urbano de Bérchules.



Los resultados de este balance indican que la práctica totalidad del agua que ha circulado por la parte media y baja de la cuenca del río Bérchules ha sido de origen subterráneo. Durante el deshielo la práctica totalidad del agua se deriva de la parte alta de la cuenca mediante las acequias de careo para su recarga. Se consigue de esta forma reducir el pico del hidrograma

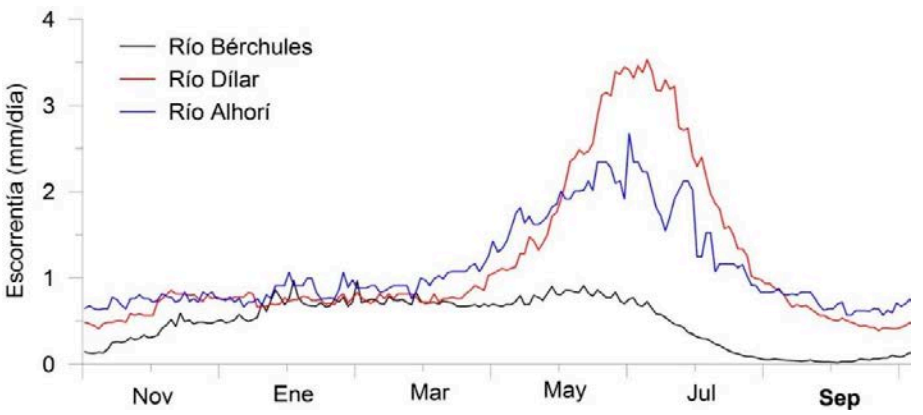
nival y aumentar la componente subterránea del hidrograma. Durante el año de control hidrológico el citado proceso queda manifiestamente evidente al comparar los hidrogramas de la parte alta y de la parte baja de la cuenca. En la Figura 9 se puede comprobar que el hidrograma de la cabecera del río (suma de los caudales medidos en las secciones 1, 2 y 7, Figura 5) es muy diferente al de la estación de aforo durante el año hidrológico controlado 2014-15 (Figura 8).

FIGURA 9
Hidrograma de los tributarios del Bérchules a 2000 m s.n.m. (determinado con la suma de los caudales medidos en el río Chico, el río Grande y en la acequia de Mecina) frente al hidrograma medido en la estación de aforo (año hidrológico 2014-2015).



De igual modo, al comparar los hidrogramas medios de varios ríos de Sierra Nevada, de los que en dos de ellos no se hace prácticamente careo (ríos Dilar y Trevélez) con el del río Bérchules (ver Figura 10), se comprueba que el contraste entre el caudal máximo de deshielo y el caudal de invierno es mayor en los ríos en los que no se hace careo. Se pone de manifiesto, de nuevo, que la recarga del agua de deshielo mediante las acequias de careo atenúa el pico nival de los hidrogramas e incrementa la componente subterránea de la escorrentía total debido a la recarga artificial realizada. El agua surge posteriormente en estiaje para ser aprovechada en el regadío y el abastecimiento de la población local, aumentando el caudal de base durante los periodos secos.

FIGURA 10
Hidrogramas medios de los ríos Bérchules (periodo 1970-2013), Alhorí (periodo 1994-2013) y Dílar (periodo 1970-2013).



5. Discusión

Las aportaciones al conocimiento geológico del sector, el nuevo inventario de puntos de agua realizado, el análisis de la respuesta hidrodinámica del sistema río-acuífero (caudales de aforo en ríos y acequias) y la modelización de las aportaciones en la estación de aforo han permitido caracterizar un acuífero desarrollado en rocas duras, en el que sus límites superficiales coinciden con los de la cuenca hidrológica del río Bérchules.

El análisis de los hidrogramas de la estación de aforo en el periodo de registro y los resultados de la modelización de la aportación ponen de manifiesto que el agua que circula por el río Bérchules es mayoritariamente de origen subterráneo. Solo en los escasos años con precipitaciones por encima de la media, se producen crecidas importantes aguas abajo.

La recarga media calculada con Visual Balan, de 106 mm/año, que supone un coeficiente de recarga del 14%, es acorde con las que han determinado en acuíferos en rocas duras a escala global (entre el 5-15% de la precipitación; ver Singhal y Gupta, 2010).

El análisis detallado del comportamiento del río Bérchules durante el año hidrológico 2014-2015, desde su cabecera hasta la estación de aforo, se ha realizado con un importante esfuerzo de adquisición de datos en campo. La derivación de las aguas de deshielo para su infiltración mediante las acequias de careo en la cabecera de la cuenca y la que se hace para regadío, en la parte media y baja, en la época de estiaje, modifican de forma manifiesta el hidrograma que debería presentar el río en condiciones naturales. Este manejo del agua provoca una respuesta del río en la parte baja muy inercial, semejante a ríos que discurren en cuencas muy permeables y de baja pendiente. En efecto, el hidrograma en la estación de aforo resulta prácticamente plano, con una componente subterránea próxima al 100%, no detectándose el pico del deshielo, que sí es registrado en la cabecera del río de forma evidente. Por otra parte, la comparación de las aportaciones medidas en cada sección de control confirma el carácter ganador del río durante todo su trayecto y ha permitido comprobar que la mayor parte de las entradas se producen por la margen derecha (laderas occidentales) del río Bérchules y de sus afluentes, que es donde se realizan las operaciones de careo y se localizan las áreas de regadío. Esta respuesta no se justifica con los condicionantes geológicos y geomorfológicos de la cuenca y, como se demuestra más adelante, se explica por el manejo del agua que se realiza mediante acequias de careo y riego.

El control hidrológico de la acequia del Espino demostró la alta eficiencia de este ancestral sistema de recarga. La acequia, con 7 km de longitud, infiltró, en un año seco, 2 hm^3, lo que supone el 38% de las aportaciones registradas en la estación de aforo (IGME, 2016). La superposición de la cartografía de las acequias, con la posición de los manantiales y con la situación de los tramos de los arroyos y barrancos con vegetación permanente de ribera, pone de manifiesto el importante papel que juegan las acequias de careo en el mantenimiento del peculiar paisaje serrano, donde alternan bancales irrigados con la descarga de los manantiales situados a media ladera y bosques de ribera.

Se ha podido comprobar que aguas arriba de las acequias la cubierta vegetal es menos densa y está constituida por una vegetación de tipo mediterráneo, adaptada a las condiciones de semiaridez que se dan en la margen sur de Sierra Nevada. Por el contrario, las peores condiciones para el desarrollo de la agricultura en las márgenes izquierdas de los ríos favorecieron que, en sus afluentes, sus caudales sean transferidos mediante acequias, hacia otras cuencas hidrológicas inmediatamente situadas al este, para carear allí el agua de deshielo, que de otra forma escurriría naturalmente aguas abajo sin poder haber sido utilizada para riego y/o retenida mediante su infiltración en el correspondiente acuífero.

6. Conclusiones

El manejo ancestral del agua que se realiza en la cuenca de Bérchules incrementa, en gran

medida, la recarga del acuífero y modifica sustancialmente la respuesta hidrológica del río. Los hidrogramas de la parte alta de la cuenca, claramente nivales, son muy diferentes a los registrados en la estación de aforo del río, aguas abajo. El agua de deshielo es derivada para su recarga en el acuífero o es trasvasada hacia la cuenca del vecino río Mecina. Otra parte importante es utilizada para riego de pastos y cultivos. Estas actuaciones hacen que el comportamiento del río en la parte baja de la cuenca sea el de un río muy inercial, con una alta componente subterránea.

El manejo del agua que se hace en la cuenca del Bérchules permite que aguas abajo de las acequias de careo se mantenga un manto de vegetación con unas exigencias hídricas mucho mayores a las que se dan, de forma natural, en otras zonas del sur de Sierra Nevada. Por otra parte, el careo incrementa el caudal de estiaje del río Bérchules y su teórico abandono implicaría la notable disminución del caudal del río durante los periodos secos.

Con motivo de este trabajo se han contrastado distintas técnicas de investigación que van a poder ser aplicadas para conseguir un mejor conocimiento respecto a la hidrología y la hidrogeológica de las cuencas de alta montaña de Sierra Nevada y de otras cuencas de similares características en otras zonas del planeta, como Los Andes, donde el empleo de la técnica de careo o similares podría constituir una interesante herramienta para la adaptación al cambio climático.

Agradecimientos

Parte del presente trabajo se encuadra dentro de los resultados del Servicio de Investigación que el IGME ha realizado a la Agencia de Medio Ambiente y Agua de la Junta de Andalucía, y constituye una contribución al nuevo de ciclo de Planificación Hidrológica 2016-2021 de las cuencas intracomunitarias y al Grupo de Investigación RNM-126 de la Junta de Andalucía. Agradecemos la especial ayuda prestada por la Comunidad de Regantes de Bérchules. Asimismo, se quiere agradecer la colaboración del Parque Nacional de Sierra Nevada, y en particular a Beatriz Villagómez y Manuel Peregrina por su inestimable ayuda en las labores de campo y a Francisco Javier Sánchez Gutiérrez y a Ignacio Henares Civantos por las facilidades prestadas.

Referencias bibliográficas

- Al Alwani, G. 1997. *Hidrología e hidrogeología en la cuenca del río Guadalfeo. Aplicación del Modelo HPSF para la simulación de nieve y balance hídrico*. Tesis Doctoral. Departamento de Geodinámica. Universidad de Granada, Granada, 343 p. España.
- Apaza, D., Arroyo, R., y Alencastre, A. 2006. *Las amunas de Huarochirí. Recarga de acuíferos en los Andes.* Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (Perú) y Embajada Real de los Países Bajos. 98 p. Perú.
- Bardales, J.D., Barriga, L., Saravia, M. y Angulo, O. 2015. *Análisis preliminar de la funcionalidad de una práctica ancestral de siembra y cosecha del agua en ecosistemas semiáridos. El Sistema de Mamanteo de la Comunidad de Huamantanga (Sierra de Lima)* Aquí falta algo
- Cabrera, J.A., Martos-Rosillo, S., Marín-Lechado, C., Jódar, J., Fernández Ruíz, L., Durán, J.J., González-Ramón, A., Navarrete, E., y López-Rodríguez, M. 2015. *Incorporación de la dinámica nival al modelo hidrológico de Témez para la evaluación de recursos hídricos en cuencas de alta montaña. Aplicación a la cuenca del río Bérchules (Sierra Nevada, Granada).* In. Simposio del Agua en Andalucía. Málaga, Noviembre 2015. España.
- Delaigue, M.C. 1995. La red de acequias de la Alpujarra Alta. In. El agua en la agricultura de Al-Andalus. Madrid. España. 143-150.
- Espín, R., Ortiz, E. y Guzmán, J.R. 2010. *Manual del Acequiero*. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla. 155 p. España.
- Fernández-Escalante, A.E., García, M., Villarroya, F. 2005. *The "careos" from Alpujarra (Granada Spain), a historical example of artificial recharge previous to XIII century aplicable to the XXI century. Characterization and inventory.* ISMAR 5 proceedings. 5th Internacional Symposium on management of aquifer recharge. Berlín.
- Fernández-Escalante, A.E., García, M. y Villarroya, F. 2006. *Las acequias de careo, un dispositivo pionero de recarga artificial de acuíferos en Sierra Nevada, España. Caracterización e inventario.* Tecnología y Desarrollo. Separata, Volumen IV. 33 p.
- González Ramón, A., Moral Martos, F. M., Marín Lechado, C., Martos Rosillo, S., Pedrera Parias, A., Ruiz

Constan, A., Durán Valsero, J.J. 2015. Factores geomorfológicos condicionantes de la hidrogeología de la cuenca alta del Río Bérchules (Sierra Nevada, Granada). Simposio del Agua en Andalucía. Málaga, Noviembre 2015. España

- Hargreaves, G.H. 1994. *Defining and Using Reference Evapotranspiration.* Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 120, 1132-1139.
- IGME, 2015. *Investigación hidrogeológica de acuíferos de alta montaña sometidos a uso intensivo del agua subterránea. Cabecera del río Bérchules (Sierra Nevada, Granada*). Centro de documentación del IGME, Madrid. 139 pp IGME, 2015
- Jakeman, A.J., Barreteau, O., Hunt, R.J., Rinaudo, J:D., Ross, A., Muhamad, A. y Hamilton, S. 2016. *Integrated Groundwater Management: An Overviews of Concepts and Challenges*. 2016. In. A.J. Jaketman, et al. (eds) Integrated Groundwater Management.
- Jódar, J., Cabrera, J. A., Martos-Rosillo, S., Ruiz-Constán, A., González-Ramón, A., Lambán, L. J., Herrera, C. y Custodio, E. 2017. Groundwater discharge in high-mountain watersheds: A valuable resource for downstream semi-arid zones. The case of the Bérchules River in Sierra Nevada (Southern Spain). *Science of The Total Environment*, 593, 760-772.
- Martos Rosillo, S., González-Ramón, A., Rodríguez Rodríguez, F., Marín, C., Guardiola-Albert, C., Durán, J.J., Fernández, I., Navarrete, E., López-Rodríguez, M., Fernández, M., Rodríguez-Rodríguez, M., Bruque, J.M., Ruiz-Costán, A., Pedrera, A. 2015a. *¿Tiene interés hidrogeológico preservar las acequias de carero de Sierra Nevada?. El caso de la acequia de careo de El Espino (Río Bérchules, Granada).* Simposio del Agua en Andalucía. Málaga, Noviembre 2015. España.
- Martos-Rosillo, S., Guardiola-Albert, S., Marín-Lechado, S., González-Ramón, A., Villagómez, B., Peregrina, M., Fernández, L., Durán, J.J., Navarrete, E., López-Rodríguez, M., Pedrera, A., Ruiz-Costán, A. y Cabrera, J.A. 2015b. *Caracterización hidrogeológica y evaluación de la recarga de un acuífero de alta montaña desarrollado en rocas duras. Cuenca del río Bérchules.* Sierra Nevada. Granada.
- Padilla, A., y Delgado, J. 2014. *Manual del usuario de la Aplicación Trasero 2.0.* Departamento de Ciclo Hídrico. Diputación Provincial de Alicante. España.
- Plaza-García, M.P. y García-Rubia, R. 2010. *Actualización, digitalización y georreferenciación de la red de acequias de careo en el Espacio Natural Protegido de Sierra Nevada*. TRAGSATEC-Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Sevilla. 131 p. España.
- Pulido-Bosh, A. y Sbih, Y. 1995. Centuries of artificial recharge on the southern edge of the Sierra Nevada (Granada, Spain). *Environmental Geology*, 26, 57-63.
- Singhal, BBS y Gupta, RP. (2010): *Applied Hydrogeology of Fractures Rocks*. SecondEdition. Springer. 408 pp
- Vivas, G., Gómez-Landesa, E., Mateos, L. y Giráldez, J.V. 2009. *Integrated Water Management in an ancestral water sheme in a mountainous area of southern Spain.* 2009 World Environmental Water Resources Congress. Kansas City. Missouri. 9 p. Estados Unidos.

AMBIENTES PERIGLACIARES DURANTE LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO EN SIERRA NEVADA: ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL FOCO GLACIAR DEL CORRAL DEL VELETA

ANTONIO GÓMEZ ORTIZ[1]; MARC OLIVA FRANGANILLO[1]; FERRAN SALVADOR FRANCH[1]; DAVID PALACIOS[2]; LUIS M. TANARRO GARCÍA[2]; JOSÉ J. SANJOSÉ BLASCO[3]
gomez@ub.edu, oliva@yahoo.com, fsalvador@ub.edu, dpalacios@ghis.ucm.es, pace@ghis.ucm.es, jjblasco@uex.es
[1] Departamento de Geografía, Universidad de Barcelona
[2] Departamento de Geografía física y Análisis Geográfico Regional, Universidad Complutense de Madrid
[3] Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía, Universidad de Extremadura

RESUMEN

Sierra Nevada, como en otros muchos casos de cordilleras de latitudes medias, sufrió modificaciones en la dinámica de sus ecosistemas durante la Pequeña Edad del Hielo (PEH). La causa principal fue el cambio habido en las condiciones climáticas imperantes, que se tradujeron globalmente en incremento de precipitación y descenso de las temperaturas. En el paisaje supuso el desarrollo de un piso periglaciar instalado en cumbres, a partir de los 2.436 m, donde la predominancia de los procesos morfogénicos fríos limitaron aquellos otros de naturaleza biológica. La particularidad de este piso periglaciar en la Sierra se tradujo, como acontecimiento geomorfológico excepcional, en la inclusión de pequeños focos glaciares en un medio que no albergó espacio generalizado con nieves permanentes. De los diferentes focos glaciares que existieron el de mayor interés fue el del Corral del Veleta, del que aún hoy se conservan restos de sus hielos glaciares bajo mantos de bloques y *permafrost,* aunque en proceso de degradación.

Palabras clave: evolución morfogénica, foco glaciar, Pequeña Edad del Hielo, periglaciar, Sierra Nevada.

ABSTRACT

Sierra Nevada, as many other mid-latitude mountain ranges, underwent significant changes in ecosystem dynamics during the Little Ice Age (LIA) due to prevailing climatic conditions, with increased variability of precipitations and a decrease in temperatures. In the landscape, this resulted in the development of a periglacial belt from 2,436 m to the peaks, where prevailing cold geomorphic processes limited biological activity. As a singular geomorphological event, within the periglacial environment, Sierra Nevada included a small glacier in an area without permanent snow conditions. Among the different glaciers that existed in the massif, the one existing inside the Veleta cirque was the most prominent. Today, there are still remnants of that glacial ice preserved under the debris cover, although in process of degradation.

Keywords: *morphogenic evolution, glaciers, Little Ice Age, periglacial, Sierra Nevada.*

1. Introducción

La Pequeña Edad del Hielo (PEH), periodo temporal que cubre desde el año 1300 hasta el 1850 (Oliva *et al.,* 2018), se distinguió por cambios sustanciales en las condiciones climáticas a escala planetaria, con un impacto significativo en los ecosistemas de alta montaña de latitudes medias (Grove, 2004). Estos tiempos se caracterizaron por unas temperaturas sensiblemente más bajas que las actuales en el Hemisferio Norte, con un mínimo térmico durante el Mínimo de Maunder (1645-1715), y unos índices de humedad oscilantes (Luterbacher *et al*., 2004; Pauling *et al*., 2006; Casty *et al*., 2007).

En los sistemas montañosos de nuestras latitudes las condiciones climáticas descritas supusieron modificaciones en la dinámica de los sistemas naturales. En las montañas ya glaciadas se tradujo en la expansión de los glaciares existentes y aparición de nuevos focos (Bradley & Jones, 1992; Holzhauser *et al.*, 2005), así como en la extensión del *permafrost* alpino (Oliva *et al*., 2016b, 2018). En cuanto a aquellas otras montañas sin glaciares, en particular en sus tramos de cumbres más elevados, este periodo frío histórico se caracterizó globalmente, en relación con los ambientes climáticos actuales, por el predominio generalizado de temperaturas más bajas, mayor humedad e incremento de nivosidad, lo que propició la aparición de pequeños focos glaciares en los macizos de las principales cordilleras y la expansión en altura de las condiciones periglaciares (Oliva *et al*., 2016b).

En el contexto ibérico, la PEH determinó el aumento del área glaciada en los Pirineos (González Trueba *et al*., 2008; Oliva *et al.,* 2018). A su vez, en aquellas otras montañas sin glaciares pero de altitud considerable con mantenimiento prolongado de temperaturas bajas en sus tramos elevados, las condiciones climáticas propiciaron un ambiente periglaciar con procesos biológicos y morfogénicos propios de medios en rexistasia, tal y como se ha inferido a partir de registros naturales y fuentes documentales (Oliva & Gómez Ortiz, 2012). Pero también en algunas de estas montañas, caso de Picos de Europa (González Trueba, 2006; Serrano *et al.,* 2011) y Sierra Nevada (Gómez Ortiz & Plana Castellví, 2006; Gómez Ortiz *et al.,* 2009), en este ambiente periglaciar se formaron reducidos focos glaciares, gracias a las particularidades morfotopográficas y climáticas de determinados enclaves geográficos.

2. Objetivos y metodología

El objeto de la presente aportación es resaltar el significado ambiental de la PEH en Sierra Nevada, en particular en sus cumbres cimeras que es donde los sistemas naturales mostraron modificaciones en su dinámica y evolución por los cambios habidos en las condiciones climáticas imperantes. En este sentido, y desde la perspectiva geomorfológica, resaltan los procesos morfogénicos fríos y sus derivaciones en las formas de modelado que se desarrollaron en el piso periglaciar creado. De ello resalta, por su singularidad, la existencia de focos glaciares alojados en enclaves de particular morfotopografía donde el clima mantuvo un comportamiento diferenciado. Como caso excepcional se muestra el foco glaciar del Corral del Veleta del que se tratarán las líneas maestras de su origen, evolución y dinámica actual, pues su desarrollo detallado ya fue expuesto (p.e. Gómez Ortiz *et al.,* 2008, 2012, 2014, 2018).

El contenido que se trata sobre el tema ha supuesto el empleo de una metodología integradora que armoniza datos procedentes de documentos históricos de época, desde el siglo XVII, con aquellos otros propios de técnicas de laboratorio y técnicas de campo, habituales en geomorfología. La confluencia de ambas fuentes de conocimiento ha permitido determinar el origen y evolución histórica de la dinámica periglaciar en las cumbres de la Sierra y, en particular, el desarrollo histórico del foco glaciar que interesa. En cuanto a la dinámica actual de éste resalta la monitorización de procesos llevada a cabo desde 2001, a partir del control de diferentes parámetros, cuyos resultados han venido a mostrar degradación continuada de cuerpos de hielos glaciares relictos y *permafrost* enterrados bajo mantos de clastos.

3. Desarrollo de un dominio periglaciar en cumbres

Las condiciones climáticas que imperaron en las cumbres de Sierra Nevada durante la PEH impusieron la instalación de un dominio periglaciar mucho más desarrollado del que hoy mantiene. Los procesos morfogénicos fríos acaecidos estuvieron controlados por el hielo, la nieve, el viento y las aguas de fusión, lo que supuso en los medios naturales la supremacía del binomio erosión-deposición, frente aquellos otros de carácter edafogénico, lo que imprimió en el paisaje la predominancia del suelo desnudo y la escasez de cubierta vegetal, en el mejor de los casos conformada por crioxerófitos, que se dispondrían en disposición abierta.

La documentación histórica escrita a partir del siglo XVIII, sobre todo por naturalistas que visitaron la Sierra, permite afirmar las ideas anteriores y, al tiempo, establecer el límite inferior altitudinal de la dinámica morfodinámica periglaciar, que debió fijarse a finales del siglo XVIII, a partir de los 2.436 m de altitud, de acuerdo con la información suministrada por Rojas Clemente (1804-1809) y Boissier (1839), sobre todo por el primero de ellos. Al respecto, fija en tal cota (2.900 varas) el inicio del piso bioclimático frigidísimo, seguido del glaciar, de acuerdo con el comportamiento de las plantas y de la nieve en el suelo. Esta información nos ha permitido proponer el tramo altitudinal del ambiente periglaciar en la Sierra, que abarcaría en torno a 1.046 m, frente a los 807 m que hoy presenta. Además, también, y ahora apoyándonos en datos térmicos actuales (Salvador Franch *et al.,* 2011), proyectar en altura el régimen de temperaturas al inicio del siglo XIX, que sería en torno a 1,2ºC inferior al actual. En cuanto a la media anual en el límite inferior de los procesos periglaciares (2.436 m) su temperatura se fijaría en 3,6ºC y a los 3.100 m, que es donde se sitúa la base de los circos que alojaron focos glaciares durante la PEH, de 0,4ºC, frente a los 1,5ºC que hoy ofrece esa cota. En cumbres máximas se establecería en;1,5ºC.

El máximo desarrollo de la dinámica periglaciar en la Sierra se recluyó en su tramo occidental de cumbres, que es donde se aglutinan las cimas de los tres miles (figura 1), a ambos lados de los cordales somitales, desde cerro de Trevelez (2.887 m) hasta el cerro del Caballo (3.013 m), ante todo en cabeceras de barrancos, que funcionaron durante las glaciaciones cuaternarias como circos glaciares con emisión de lenguas y abandono de morrenas a lo largo de sus valles hasta cotas que pudieron descender los 1.900 m (Palacios *et al.,* 2016). Hacia oriente, el desarrollo del periglaciarismo durante la PEH fue más limitado por imperativo de la altitud de la Sierra, pues sus cordales máximos mantienen declinación progresiva de cotas, como sucede en el tramo desde el cerro de Trevélez hasta el cerro del Almirez (2.519 m).

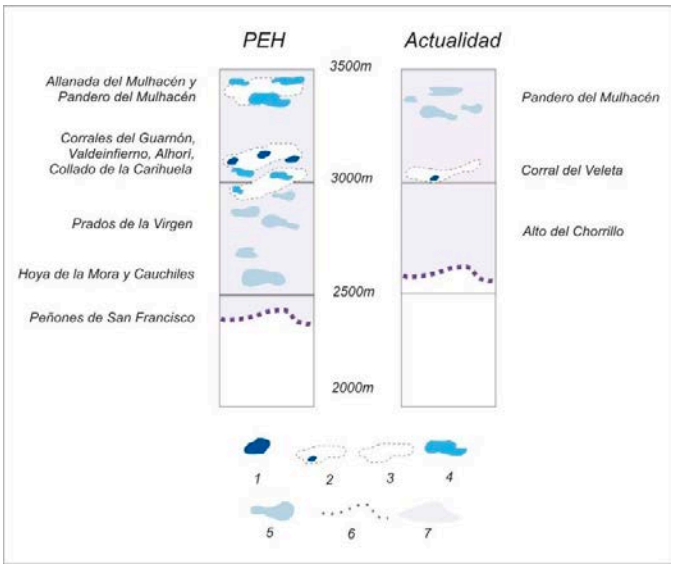
FIGURA 1
Nivel de cumbres de Sierra Nevada, fachada norte. Tramo Alcazaba-Puntal de la Caldera

Fuente: Patronato Provincial de Turismo. Diputación Provincial de Granada

3.1. Procesos morfogénicos y formas de modelado

La dinámica morfogénica periglaciar en las cumbres de la Sierra mantuvo ambientes morfoclimáticos diferenciados en función de la altitud. Si bien los procesos fríos fueron prácticamente los mismos, su frecuencia e intensidad generaron formas de modelado distintas en el dominio de cumbres máximas frente a aquel otro adyacente de lomas, de altitud decreciente. Al respecto, también las descripciones escritas y gráficos de los libros de época, en particular las relativas a los pisos bioclimáticos que señalan Rojas Clemente (1804-1809) y Boissier (1839) tomando como referentes la variación climática en altitud y cubierta vegetal, resultan muy útiles para establecer el escalonamiento altitudinal de los procesos morfogénicos imperantes y las formas de modelado elaboradas. La figura 2, a grandes rasgos sintetiza esta distribución en altura.

FIGURA 2
Ambientes periglaciares en Sierra Nevada PEH-Actualidad
1. Focos glaciares; 2. Hielo glaciar relicto y permafrost profundo; 3. Permafrost; 4. Neveros/ventisqueros permanentes; 5. Neveros de fusión tardía; 6. Límite inferior del piso periglaciar; 7. Espacio/piso periglaciar



En las cumbres, dominadas por el roquedo conformando paredes verticales, cresterías y pináculos, prevaleció la gelifracción, favorecida por la friabilidad de la roca, que propició liberación de clastos de calibre heterométrico y formación de canchales y conos de derrubios que pudieron derivar, por crio-reptación, a coladas de piedras. En tal sentido, los altos tramos de valles y circos de cabecera resultan ilustrativos, como se aprecia en ambas vertientes del sector cimero de los tres miles (p.e. circos de Valdeinfierno-Valdecasillas y Goterón, así como en los Crestones de Río Seco, Crestones de la Virgen, Loma del Lanchar, Tajos Altos y Tajos de los Machos).

Como acontecimiento geomorfológico excepcional en algunos circos de cotas máximas se formaron focos glaciares, como más adelante veremos, a pesar de que Sierra Nevada durante la PEH no incluyó franja altitudinal de nieves permanentes. Pero sin embargo, si desarrolló ventisqueros perpetuos y de fusión tardía, sobre todo alojados en circos y cuencos instalados a sotavento, algunos aprovechados para el comercio de la nieve durante determinados veranos, como refieren algunos autores de época (Boissier, 1839; Madoz, 1849; Schimper, 1849). También debió cobijar *permafrost* subsuperficial en las altiplanicies de máximas cotas bien expuestas a los vientos, donde la nieve se mantendría inestable en el suelo. Así debió suceder en el dilatado rellano de Picón de Jeres-Puntal de Juntillas (3.100 m), en el collado del cerro de los Machos (3.299 m), en la Allanada del Mulhacén (3.440 m), entre otros lugares.

En las lomas, desarrolladas en suave declive hacia cotas inferiores, los procesos dominantes fueron la solifluxión, la crio-reptación y la crioeolización, que en combinación tendieron a movilizar la fracción mineral del suelo en sus niveles superficiales creando en las altitudes más elevadas lóbulos, coladas de piedras y terracitas escalonadas rematadas por vegetación orófita, que resultó incapaz de frenar el desplazamiento del suelo. En planicies y rellanos de lomas desprovistos de cobertura vegetal, así como también en aquellas otras en cumbres cimeras además, se desarrollaron figuras geométricas tipo flotante de medidas pluricentimétricas, siendo ahora la crioturbación y la crioeolización los procesos predominantes. El ejemplo más significativo debió instalarse en el Alto del

Chorrillo (2.710 m) y en la dilatada loma del Mulhacén, en su suave declive hacia el valle de Trevélez, por encima de la Loma del Resuello (3.310 m).

3.2. Los focos glaciares en Sierra Nevada

Al contrario de lo ocurrido durante la PEH en los Pirineos y los Alpes, por ejemplo, la Sierra no incluyó un dominio o piso generalizado de nieves permanentes capaz de generar glaciares, pues su límite inferior rebasaría los cordales más cimeros (Boissier, 1839; Schimper, 1849; Obermaier, 1916), pero sí incluyó focos glaciares aislados instalados en sectores de antiguos circos cuaternarios, dentro del dominio periglaciar. Su existencia debe entenderse como hecho geomorfológico singular y su explicación ha de fundamentarse como resultado de diferentes factores locales de orden morfológico, topográfico y climático que actuaron solidariamente, sobresaliendo la morfotopografía y su fijación altitudinal, la orientación de ella (norte y en menor medida noroeste), y, sobre todo, el clima (permanencia de la nieve y persistencia del frío y de los vientos del oeste) (Gómez Ortiz *et al.,* 2018).

El reparto de los focos glaciares en las cumbres de la Sierra se dispuso en el seno de los circos instalados en cotas en torno a los 3.000 m y preferentemente en orientación norte, como resultó en la cabecera de Dilar, Guarnón, Genil (Valdecasillas-Valdeinfierno), Alhorí, etc. Citas precisas de ellos, en concreto de los alojados en cara norte, inmediatamente por debajo del cordal Mulhacén-Veleta, se deben a Madoz (1849) al referirse a perpetuas y endurecidas nieves colmando corrales. Recientemente la existencia de estos focos glaciares también ha sido puesta de relieve a partir de registros sedimentarios en lagunas y lóbulos de solifluxión. Los estudios llevados a cabo en horizontes bioestratigráficos obtenidos en la laguna de la Mosca (2.910 m) han mostrado fases de actividad de arrastre y otras de mayor deposición instaladas en el Holoceno reciente, la más reciente entre 510-240 años cal BP, según datación por radiocarbono (^{14}C) (Oliva & Gómez Ortiz, 2012). De todos los focos glaciares desarrollados el del Corral del Veleta fue el más relevante por su significado geomorfológico y prolongación en el tiempo, pues mantuvo hielos relictos en superficie hasta mediados del siglo XX (García Sainz, 1947).

4. El Corral del Veleta y su foco glaciar: origen y evolución

El Corral del Veleta (3.100 m) forma parte de la cabecera del valle del Guarnón. Está coronado por el picacho del Veleta y abierto al NNE. Se encuentra armado en bancos de micaesquistos grafitosos y feldespáticos paleozoicos con buzamiento al SW, fuertemente fracturados por la orogenia alpina (Puga *et al.,* 2007). Su morfoestructura es la de un cuenco de geometría elíptica limitado por un robusto muro de paredes verticales de más de 250 m de salto que enlazan con el picacho del Veleta (3.396 m), prolongándose desde el portillo del veredón hasta el collado de los Machos (3.299 m). La base del Corral, en disposición cóncava con orientación este-oeste y de 550 m de longitud y140 m de anchura media, está rellena por un manto caótico de rocas procedentes de la fracturación de su pared limítrofe. Por su posición queda aislado del valle por una morrena presumiblemente tardiglaciar (figura 3).

El origen del foco glaciar instalado en el seno del Corral del Veleta durante la PEH vino determinado por dos grupos de factores coincidentes, que serían:

a) La particular morfología del Corral, su altitud y orientación al noreste, lo que impuso limitación de insolación en su interior y nulidad de ella durante la estación fría.
b) La sobrealimentación nival recibida por la acción de los vientos procedentes del oeste, que tendieron a barrer la nieve de la superficie de los Lastrones vertiéndola al interior del Corral.

FIGURA 3
Corral del Veleta
Izquierda: Vista panorámica oblicua desde el Collado de los Machos (agosto, 2011)
Derecha: Visión vertical de conjunto (Imagen proyectada de Googel Earth)

La coincidencia de ambos grupos de factores permitieron modificar el clima imperante en cumbres creando en el reducto del Corral un ambiente favorable a la transformación de la nieve acumulada en hielo, generando en el transcurso del tiempo en un pequeño foco glaciar en dominio periglaciar.

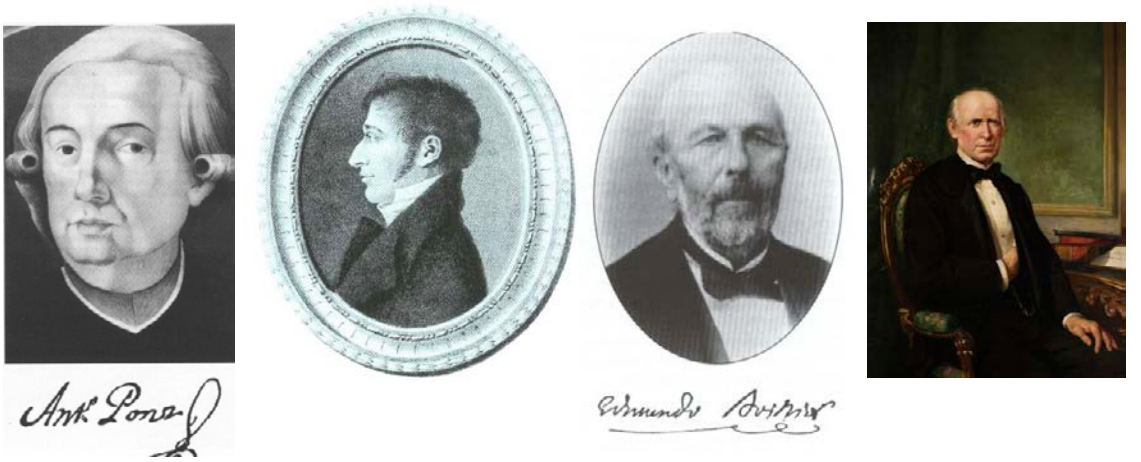
De no haber coincido estas circunstancias, de naturaleza geomorfológica y climática, este foco glaciar no habría tenido la magnitud y duración logradas. De ahí su excepcionalidad en el conjunto de Sierra Nevada y de toda la unidad del edificio del Veleta. Los hielos alojados en el Corral colmarían el cuenco que se interpone entre la pared del Picacho y la morrena que lo aísla del valle. Muy probablemente durante el episodio del Mínimo de Maunder las masas glaciares alcanzarían su máximo desarrollo, engrosando las ya existentes, según datos preliminares de diferentes registros de bloques datados por cosmogenia de los siglos XIV, XVII y XVIII (1358, 1638 y 1705, respectivamente) procedentes de restos de morrenas inmersas en el cuenco del Corral. Las masas glaciares en su máximo recorrido hacia el oeste y de acuerdo con la pendiente del lecho, desbordarían el cuenco del Corral por su extremo occidental invadiendo el surco del valle de Guarnón. En tal sentido, Quelle (1908) atribuyó restos de esta expansión a 2.835 m de altitud. La evolución geomorfológica del foco glaciar del Corral del Veleta ha podido ser reconstruida a partir de documentos escritos de época, desde mediados del siglo XVIII (Gómez Ortiz *et al.,* 2018) (figura 4).

La primera referencia precisa de los hielos y nieves alojados en el Corral se debió a Ponz (1797) y se incluye en la descripción del viaje que hizo a Sierra Nevada en 1754 a instancias del Marqués de la Ensenada. Su contenido permite interpretar que se trata de un pequeño foco glaciar, aunque este término no se cite: *".... caxon ambicioso de nieve, que se cree guarda la primera que cayó después del Diluvio, reducida a piedra, pues estando descubierto hacia el Norte, aquí es yelo lo que es nieve en otros lugares; y nunca se derrite mas que la superficie que es lo que el sol le descubre"* (Ponz, 1797, v. 28: 110).

Casi un siglo después el suizo Boissier (1839), naturalista que recorrió la Sierra en 1837 con fines botánicos, fue el primero en calificar a las masas heladas del Corral como de glaciares por comparación con los existentes en los Alpes. Del conjunto de la unidad del Veleta prestó atención a su Corral y a los hielos en él alojados señalando: *"El glaciar tiene una pendiente muy inclinada, su altura perpendicular tiene 200 a 300 pies, su ancho más o menos 600 pasos y está atravesado por numerosas grietas transversales de apenas unas pulgadas de ancho*

[…]. Tiene la peculiaridad de ser el único en toda la Sierra y el más meridional de Europa […] Su altura media es de 9000 pies y presenta en miniatura todos los caracteres de los glaciares alpinos" (Boissier, 1839, versión de 1995: 287).

FIGURA 4
Diferentes autores de época citados en el texto
De izquierda a derecha: Antonio Ponz (1725-1792), Simón de Rojas Clemente y Rubio (1777-1827), Edmond Boissier (1810-1885), Pascual Madoz (1806-1870)



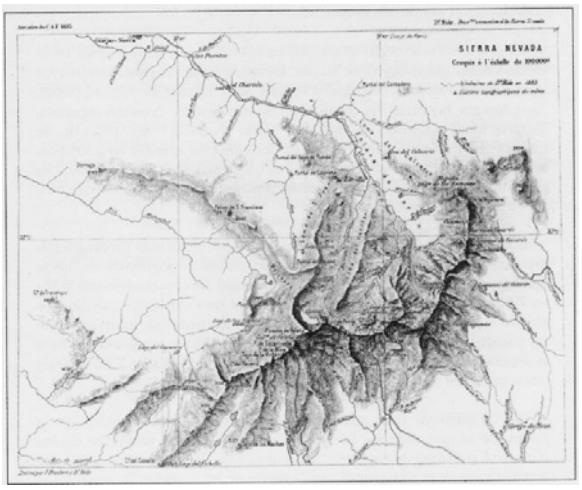
Fuente: Google imágenes (obtenidas en diciembre de 2017).

Posteriormente, y a todo lo largo del siglo XIX los científicos, viajeros y excursionistas que acuden a las cumbres de la Sierra con fines diversos informan del foco glaciar aportando datos, ante todo, de las características y extensión de sus masas heladas, como así hicieron Schimper (1849), Hellmann (1881), Willkomm, (1882), Bide (1893), entre otros. De ellos, conviene resaltar la información de Hellmann (1881), fruto de su visita a la Sierra en 1876 y recogida en su trabajo sobre el glaciarismo del sur de Europa. Al referirse al Corral del Veleta resulta muy preciso en las mediciones de sus hielos: 580 m de este a oeste y 250 m de sur a norte. Otorga a la masa una inclinación de 25º hacia el norte, al pie de la ladera de los Machos y de 20º también hacia el norte, en el extremo más occidental del vasar donde reposa. En cuanto a su dinamismo subraya que el glaciar se encuentra durante los últimos años en proceso de retroceso. Esta reclusión, que se realizaría hacia cabecera, debió suceder como respuesta a la tendencia modificadora del clima de cumbres de la Sierra que se impondría decididamente a partir de los últimos decenios del siglo XIX, muy probablemente tras el episodio de Dalton. Al respecto, interesa la documentación de Bide (1893), ahora por la información gráfica que aporta. En tal sentido, sobresale el esquema cartográfico de las cumbres del sector occidental de Sierra Nevada, donde se identifica el foco glaciar ya encerrado en su circo, así como un gráfico panorámico del Corral del Veleta y de sus nieves, éste a partir de una fotografía realizada en el mes de agosto de 1892 (figura 5).

Instalados en el siglo XX y reconocida y descrita la acción glaciar cuaternaria en Sierra Nevada por diferentes autores, la información que ahora se aporta del foco glaciar es más precisa y fundamentada, destacando la de Quelle (1908), que ya recluye y restringe los hielos al interior del cuenco del Corral. Las últimas noticias sobre esta cuestión se deben a García Sainz (1947), cuando al referirse a Sierra Nevada describe restos de hielos glaciares en el Corral del Veleta "semejantes a los del Pirineo". Dos décadas después, parte de ellos debieron desaparecer paulatinamente de superficie pero otros restos persistirían sepultados bajo paquetes de bloques procedentes de desprendimientos de la pared del Corral, cuyo acopio progresivo de material rocoso ha venido conformado el prolongado talud detrítico que enlaza el pie de la referida pared con el reborde interno de la morrena transversal que aísla el Corral del valle. Así parece desprenderse si tenemos en consideración a Messerli (1965),

cuando señala en su esplendida tesis doctoral sobre el glaciarismo cuaternario en Sierra Nevada, que *"... hoy ya no puede hablarse de glaciar, en cambio no dudamos de su existencia durante principios del siglo XX"* (Messerli, 1965, pp. 68 y 135). Desde entonces y hasta el año 1998 ya no se dispondrán de referencias de los hielos glaciares.

FIGURA 5
Representación gráfica de los cordales cimeros occidentales de Sierra Nevada (izquierda). Croquis del Corral del Veleta con sus hielos y nieves en agosto de 1892 (derecha) (Bide, 1893).



4.1. Evolución actual

En la actualidad, los restos glaciares del foco histórico del Corral permanecen cubiertos de mantos de clastos. Así se comprobó en el verano de 1998, tras realizar prospecciones geofísicas que indicaron presencia de cuerpos helados en profundidad (hielo glaciar y *permafrost*) dispuestos en horizontes continuos. Su ratificación se realizó en 1999, al amparo del proyecto PACE (*Permafrost and Climate in Europe*), tras sondeo mecánico con extracción de testigo helado a partir de 1,25 m de profundidad en la parte central y de menor pendiente de un pequeño glaciar rocoso de 3.815 m^2, instalado a 3.100 m de altitud. El reparto espacial de los cuerpos helados cubría entonces el tercio oriental de la base del Corral del Veleta, desde el referido glaciar rocoso y su laguna adyacente hasta el pie del declive del cerro de los Machos, aglutinando una superficie aproximada de 2,5 has.

Del control morfodinámico que se viene haciendo desde el año 2001 de la evolución de los modelados periglaciares instalados en el tercio oriental de la base del Corral del Veleta, destaca la inestabilidad de los paquetes de clastos de superficie tanto en su talud detrítico, que predominan flujos solifluidales y crioreptación (Tanarro García *et al.,* 2010), como en el manto de bloques que colma la base del Corral; ahora reflejada en hundimientos de bloques en las zonas de menor pendiente del referido glaciar rocoso, monitorizado desde el año 2000. Los resultados obtenidos, tras 15 años de observaciones (2001-2016), publicados oportunamente (p.e. Gómez Ortiz *et al.,* 2008, 2012, 2014), resaltan hundimientos/colapsos generalizados en los paquetes de bloques superficiales, que se atribuyen a la degradación continuada del techo de los cuerpos helados en los que reposan, lo que conlleva pérdida continuada de volumen de ellos (tabla 1). Los datos globales del periodo de observación indican un hundimiento/colapso de 3,968 m que corresponden a una pérdida de volumen teórica de 15.137,4 m^3 de hielos glaciares relictos y *permafrost,* de acuerdo con la superficie de 3.815 m^2 cubierta por el glaciar rocoso.

Tabla 1
Monitorización de diferentes parámetros del glaciar rocoso del Corral del Veleta (periodo 2001-2016)

Periodo de observación (1)	Hundimiento/colapso (2) (m)	Pérdida de volumen (3) (m3)	Cubierta nival (%)
2001-2002	-0,203	774,4	< 0,5
2002-2003	-0,283	1.079,6	> 10
2003-2004	-0,103	392,9	> 50
2004-2005	-0,651	2.483,5	0
2005-2006	-0,414	1.579,4	0
2006-2007	-0,401	1.529,8	0
2007-2008	-0,391	1.491,6	0
2008-2009	-0,240	915,6	< 15
2009-2010	sin datos	sin datos	100
2010-2011	sin datos	sin datos	100
2011-2012 (4)	-0,279	1.064,3	< 10
2012-2013	sin datos	sin datos	95
2013-2014 (5)	-0,198	755,3	< 10
2014-2016	-0,805	3.071,0	0
	-3,968	**15.137,4**	

(1) *Engloba desde el final del mes de agosto de un año a final del mismo mes del año siguiente.*
(2) *Valor medio de hundimiento del conjunto de la superficie del glaciar rocoso.*
(3) *Valor medio de pérdida de volumen de los cuerpos helados subyacentes en el supuesto de que mantengan superficie continua y del mismo espesor.*
(4) *Incluye valores desde finales del mes de agosto de 2009 hasta finales del mismo mes de 2012.*
(5) *Incluye valores desde finales del mes de agosto de 2012 hasta finales del mismo mes de 2014.*

5. El proceso de degradación de los cuerpos helados del Corral del Veleta

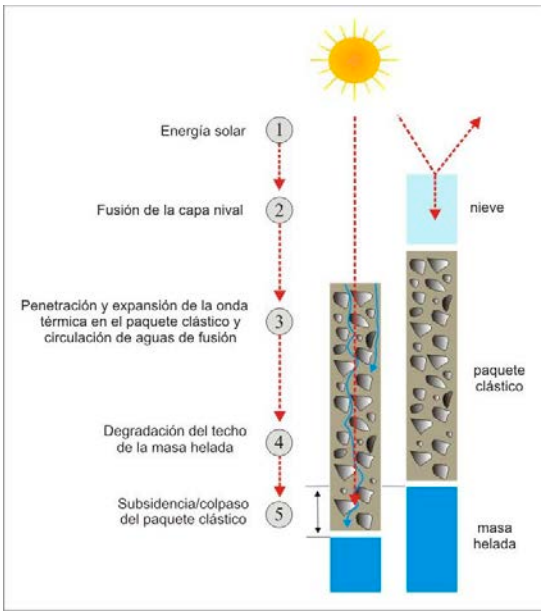
La degradación que vienen sufriendo los cuerpos helados atrapados bajo mantos de bloques ya referidos, es resultado de procesos físicos encadenados en el tiempo que tienen lugar durante la estación cálida, siempre que las condiciones ambientales resulten óptimas. Los parámetros que intervienen lo hacen solidariamente e interactuando entre sí. Ellos son: la radiación externa que incide en superficie, el manto nival que recubre el suelo, el paquete de bloques donde la nieve se asienta;que actúa como capa activa-, y los cuerpos helados en los que éste reposa (Gómez Ortiz *et al.,* 2014).

La degradación de los cuerpos helados se inicia cuando la energía trasmitida por la radiación externa (temperatura del aire) logra fundir el manto nival y propiciar energía calorífica y circulación de las aguas de fusión hacia el interior de la capa activa (figura 6). En Sierra Nevada esto comienza a consolidarse habitualmente a partir del mes de julio. Desaparecido el manto nival la continuidad de la radiación incide ahora directamente y con más eficacia sobre el manto rocoso propagándose la onda calorífica en profundidad, lo que aumenta el circuito interno de las aguas de fusión, consiguiendo estos dos mecanismos físicos la trasmisión de temperaturas positivas a la base de la capa activa del suelo y de ésta al techo de los cuerpos helados, que degrada. El resultado final de este encadenamiento de procesos en el tiempo es la pérdida de volumen del hielo glaciar relicto subyacente y el consiguiente colapso del paquete de bloques que lo recubre. En Sierra Nevada este encadenamiento de procesos quedará paralizado cuando el paquete de bloques (capa activa) de nuevo quede congelada por el rigor de las bajas temperaturas del aire y comience a cubrirse de nieve, lo que acontece a partir de noviembre.

Los resultados de la tabla 1, referidos siempre a la última semana de agosto del año indicado, que es cuando se vienen realizando los controles, ilustra con datos estos acontecimientos pudiéndose establecer una relación directa entre el hundimiento/colapso del manto de bloques y la pérdida de volumen de los cuerpos helados subyacentes a lo largo de los años (p.e. 2004-2005,;0,651 m y 2.483,5 m^3; frente a 2008-2009,;0,240 m y 915,6 m^3). La cubierta nival también desempeña un cometido determinante en esta relación, de manera tal que a mayor

duración de la cobertura nival menor resulta el valor del hundimiento del manto de bloques, al igual que la pérdida de volumen de los cuerpos helados.

FIGURA 6
Propuesta interpretativa de modelo de procesos físicos encadenados



El caso más significativo donde se comprobó el significado de la nieve en la evolución de los cuerpos helados subyacentes ocurrió durante el periodo 2009-2010/2010-2011 y 2012-2013, en los que no fue posible realizar controles del glaciar rocoso monitorizado por imperativo del espesor de nieve que cubría a él y sectores inmediatos, que en determinados puntos sobrepasó los 2,5 m (figura 3, izquierda). Sí fue posible hacerlos en agosto de 2012, tras 36 meses de cubierta nival continua, y en agosto de 2014, tras 24 meses de nieve permanente (figura 7), termometría del suelo del Corral). Los datos obtenidos indicaron;0,279 m y 1064,3 m^3 y 0,198 m y 755,3 m^3, respectivamente (tabla 1), lo que permite afirmar que durante gran parte de los meses transcurridos en ambos periodos, incluida la estación cálida, el glaciar rocoso, y su capa activa, permaneció congelado bajo un espesor métrico de nieve y neviza, que actúo a manera de aislante térmico impidiendo que la radiación externa pudiera incidir en el manto de bloques y propagar su onda térmica en dirección el techo de los cuerpos helados subyacentes (figura 7 y 8).

Otro de los parámetros relevantes, que no figura en esta ocasión en la tabla 1, es la temperatura en profundidad de la capa activa del glaciar rocoso, es decir la del manto de bloques, que deriva de la trasmisión de energía acumulada procedente del exterior. Los datos obtenidos permiten contemplar una relación inversa entre permanencia de la nieve en superficie y temperatura del interior del suelo, con proyección en el hundimiento del manto de bloques y en la degradación de los cuerpos helados subyacentes (Gómez Ortiz *et al.,* 2014). La comparación de los años 2006-2007 y 2008-2009 es elocuente (tabla 1).

En la Sierra, el perfil térmico potencial medio con valor positivo en la capa activa del sector central del glaciar rocoso abarca desde mayo/junio hasta octubre (como un máximo de 183 días), aunque nunca se han contabilizado estos valores. El resto de meses el perfil es negativo (182 días), al coincidir ahora con la larga estación fría. En el año 2006-2007 se registraron 85 días con valores positivos (46,4% del total), lo que supuso un hundimiento del manto de bloques de 0,401 m y una pérdida de volumen de los cuerpos helados de 1.529,8 m^3; frente a los 68 días (37,1% del total) del año 2008-2009, que acarrearon un hundimiento de 0,240 m y una pérdida de volumen de 915,6 m^3 (tabla 1). En la explicación de ello la

cubierta nival debió desempeñar un cometido capital, pues durante el mes de agosto de 2006-2007 el suelo ya permanecía libre de nieve siendo muy eficaz la trasmisión de energía en su interior, mientras que en el mismo mes del año 2008-2009 el suelo aún se mantenía cubierto de nieve en un 15% de la superficie, con la consiguiente dificultad que supondría el manto nival en la propagación de la energía externa hacia el interior del suelo (Gómez Ortiz *et al.*, 2014).

FIGURA 7
Secuencia térmica del aire (picacho del Veleta) e interior del suelo (glaciar rocoso).
Periodo: otoño 2006- verano 2013.
(Obsérvese el contraste del otoño 2009; verano 2012)

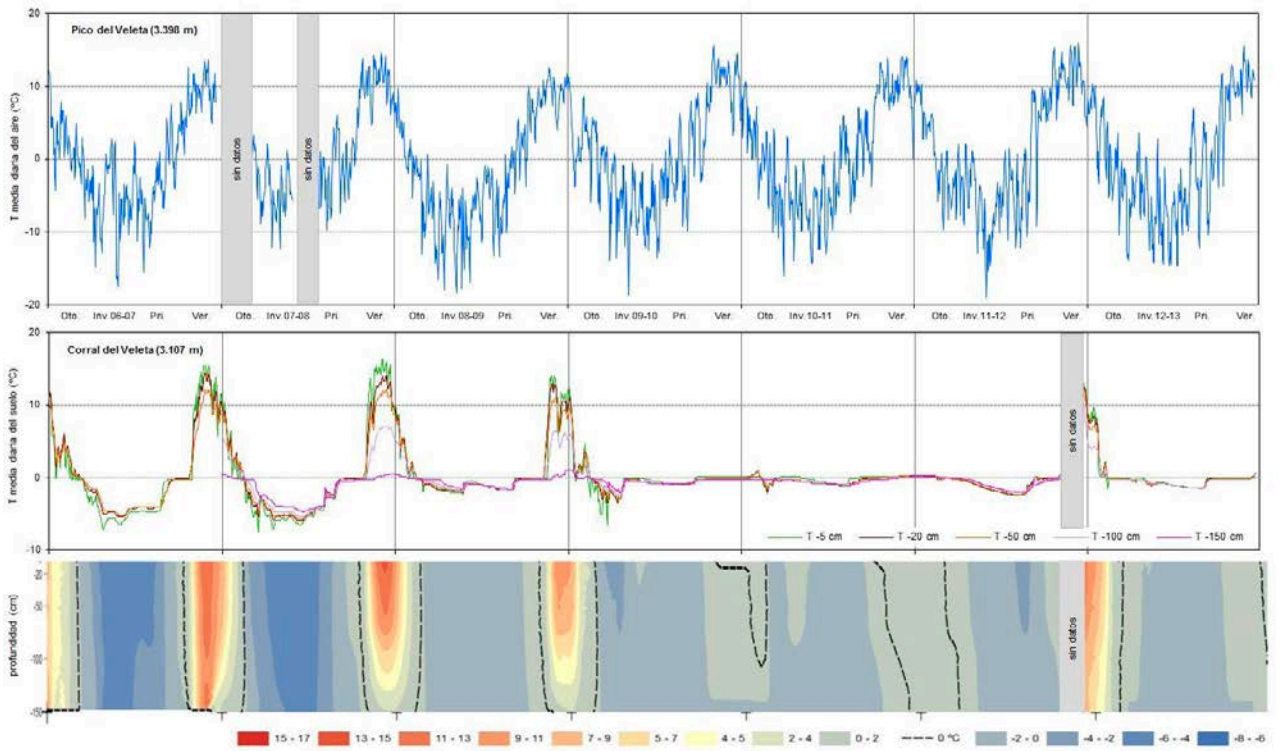
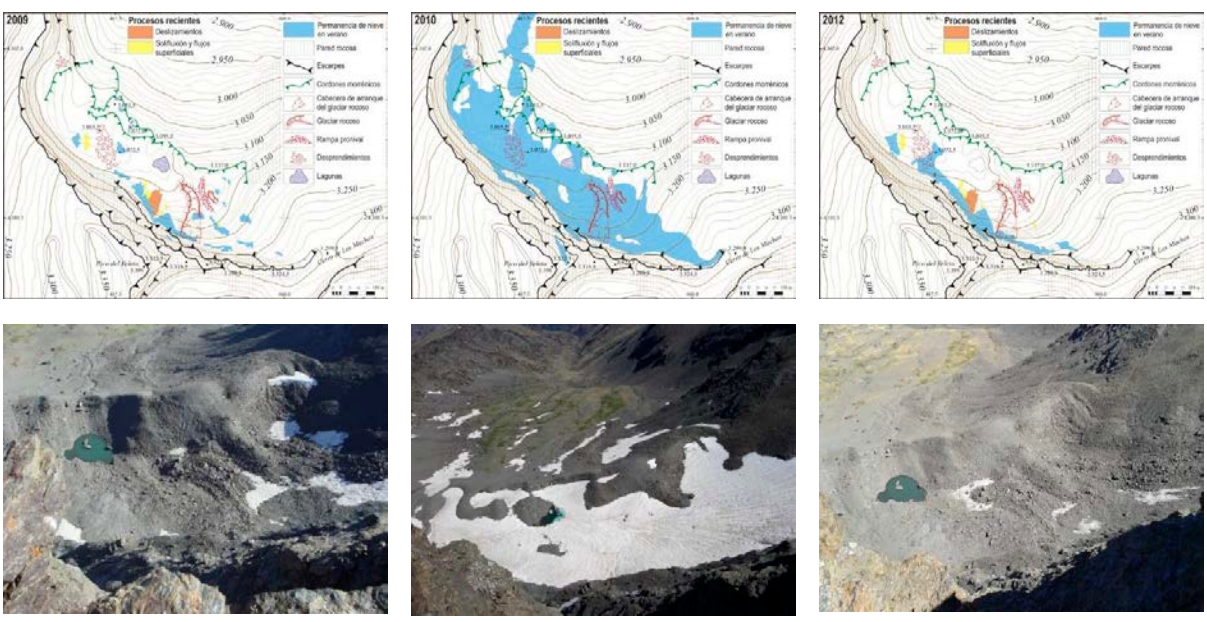


FIGURA 8
Secuencia de algunos años de observación con resultados diferentes: 2009, 2010, 2012.
Obsérvese el contraste del manto nival en el mes de agosto en las fotografías.
(Compárense las imágenes con los datos del texto y con la figura 7)



Los datos que globalmente ofrece la tabla 1 muestran una degradación continuada de los cuerpos helados, a excepción de los años en los que se mantuvo nieve permanente en superficie, como se ha señalado. El control geofísico realizado en 2009 en el área del glaciar rocoso monitorizado ratificó estos hechos aportando datos relevantes del estado físico de los cuerpos helados subyacentes. En comparación con la prospección geoeléctrica realizada en 1999, esta otra de 2009 reveló que el hielo glaciar relicto y el *permafrost* ya no conformaban en profundidad niveles continuos en el ámbito donde se instala el glaciar rocoso monitorizado, ni su techo se encontraba a partir de los 1,25 m. Ahora se localizaba bajo los 2-2,5 m y dispuesto en bolsas aisladas. Datos que también pusieron de relieve procesos de degradación persistente de los cuerpos helados.

6. Conclusiones

Durante la Pequeña Edad del Hielo Sierra Nevada albergó en sus cumbres un dominio periglaciar más extenso que el que hoy persiste. Las condiciones climáticas imperantes, más frías y húmedas que las actuales, así lo determinaron pues las temperaturas medias anuales serían 1,2ºC inferiores a las actuales. Su límite inferior quedaría establecido en unos 239 m por debajo del que hoy mantiene. El predominio de procesos morfogénicos fríos periglaciares limitó el desarrollo de edafogénesis y cubierta vegetal, favoreciendo la eficacia de la crioclastia en roca desnuda y la inestabilidad de la fracción mineral suelta. Sin embargo, la originalidad del ambiente periglaciar instalado en Sierra Nevada la singularizó la inclusión de pequeños focos glaciares instalados en enclaves de particular morfotopografía y condiciones climáticas, como sucedió en el caso del Corral del Veleta, el más extenso y duradero en el tiempo.

La documentación escrita de época, en particular libros de viajeros y de científicos que recorrieron la Sierra a partir del siglo XVIII, ha aportado datos de gran interés de los focos glaciares instalados en ella, sobre todo, deducidos de las descripciones del paisaje de cumbres de la montaña que hicieron los autores durante sus recorridos. Estos datos han resultado capitales para el caso del Corral del Veleta, junto a aquellos otros procedentes de la geomorfología y del trabajo de campo realizados recientemente. La conjunción de todos ellos ha permitido determinar el origen, evolución temporal y situación actual del foco glaciar, destacando que los hielos alojados en el Corral del Veleta se comportaron como un glaciar en miniatura cuya máxima expansión, probablemente durante el Mínimo de Maunder, logró colmar el cuenco del Corral y desbordar hacia el valle del Guarnón. Su reclusión hacia cabecera se realizaría de manera definitiva durante las últimas décadas del siglo XIX, tras el Mínimo de Dalton. La última descripción de restos de hielos glaciares en superficie se realizó en 1943.

En la actualidad, el Corral del Veleta no alberga rastro de su foco glaciar, aunque aún persisten restos de sus hielos y *permafrost* bajo mantos de bloques en el tercio oriental de su cuenco, como se comprobó en 1999. Desde entonces estos cuerpos helados vienen mostrando degradación continuada y merma de su volumen, según datos de controles anuales que se vienen haciendo de su estado físico y distribución espacial. El origen que explica este proceso degradativo radica en las condiciones climáticas imperantes en las cumbres de la Sierra, que resultan adversas al mantenimiento de los hielos glaciares relictos y *permafrost* subyacentes. A nuestro criterio, la explicación de ello debe estar muy relacionada con el comportamiento de los regímenes térmico y nivoso (Santos Milheiro, 2016; Pérez Luque *et al.*, 2015; Oliva *et al.*, 2016a), particularmente durante la estación postnival, como viene detectándose desde hace ya décadas.

Agradecimientos

El presente trabajo se inscribe en el programa investigador del Grupo de Investigación Consolidado *"Paisatge i paleoambients a la muntanya mediterrània"* de la Universidad de Barcelona. Marc Oliva Franganillo agradece al programa Ramón y Cajal su apoyo (RYC-2015-17597). También nuestro reconocimiento al Parque Nacional de Sierra Nevada.

Referencias bibliográficas

- Bide, J.B. (1893). Deuxième excursion dans la Sierra Nevada. *Annuaire du Club Alpin Français*, 20: 276-305.
- Boissier, Ch.E. (1839). *Voyage botanique dans le midi de l´Espagne pendant l´année 1837*. Versión castellana en: Boissier, Ch.E. "Viaje botánico al sur de España durante el año 1837". Granada: Fundación Caja de Granada y Universidad de Málaga, 1995.
- Casty, C.; Raible, C.C.; Stocker, T.F.; Luterbacher, J. & Wanner, H.A. (2007). European pattern climatology 1766-2000. *Climate Dynamics,* 29: 791–805.
- Bradley, R. & Jones, P.D. (1992). *Climate since 1500 AD.* Londres: Routeledge, 679 pp.
- García Sainz, L. (1947). *El clima de la España cuaternaria y los factores de su formación.* Valencia: Secretariado de Publicaciones Universidad de Valencia.
- Gómez Ortiz, A. & Plana Castellví, J.A. (2006). La Pequeña Edad del Hielo *(Little Ice Age)* en Sierra Nevada a través de los escritos de época (siglos XVIII y XIX) y su relación con el progreso de la Geografía física y Geomorfología española. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 42: 71-98.
- Gómez Ortiz, A.; Palacios, D.; Schulte, L.; Salvador Franch, F. & Plana Castellví, J.A. (2009). Evidences from historical documents of landscape evolution after Little Ice Age of a Mediterranean high mountain area, Sierra Nevada, Spain (Eighteenth to twentieth centuries*). Geographiska Annaler. Physical Geography,* A91: 279-289.
- Gómez Ortiz, A.; Salvador Franch, F.; Sanjosé, J.J.; Palacios, D.; Oliva, M.; Salvà Catarineu, M.; Tanarro, L.; Raso, J.M.; Atkinson, A.; Schulte, L.; Plana, J.A.; Milheiro, B. & Serrano, D. (2012). Degradación de hielo fósil y permafrost y cambio climático en Sierra Nevada. En Ramírez, L. y Asensio, B (Eds.). *Proyectos de investigación en Parques Nacionales.* Madrid. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. pp. 25-43.
- Gómez Ortiz, A.; Oliva, M.; Salvador Franch, F.; Salvà Catarineu, M.; Palacios , D.; Sanjosé, J.J.; Tanarro, L.; Galindo Zaldivar, J. & Sanz de Galdeano, C. (2014). Degradation of buried ice and permafrost in the Veleta cirque (Sierra Nevada, Spain) from 2006-2013. *Solid Earth*, 5: 979-993.
- Gómez Ortiz, A.; Oliva, M.; Salvador Franch, F.; Salvá Catarineu, M. & Plana Castellví, J.A. (2018). El interés geográfico de los documentos históricos en la explicación científica del foco glaciar del Corral del Veleta (Sierra Nevada, España) durante la Pequeña Edad del Hielo. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 44. doi.org/10.18172/cig.3415.
- González Trueba, J.J. (2006). Topoclimatical factors and very small glaciers in Atlantic mountain of SW Europe: Little Ice Age glacial advance in Picos de Europa (NW Spain). *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie,* 39: 115-125.
- González Trueba, J.J.; Martín Moreno, R.; Martínez de Pisón, E. & Serrano, E. (2008). Little Ice Age glaciation and current glaciers in the Iberian Peninsula. *The Holocene*, 18 (4): 551-568.
- Grove, M. (2004). *Little Ice Age. Ancient and modern.* Londres: Routledge.
- Hellmann, G. (1881). Der südlischte Gletscher Europa´s. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde,* 16: 362-367.
- Holzhauser, H.; Magny, M. & Zumbühl, H.J. (2005). Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years. *The Holocene,* 15: 789-801.
- Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaky, E., Grosjean, M. & Wanner, H. (2004). European seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500. *Science,* 303: 1499-1503.
- Madoz, P. (1849). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar.* (Tomo XIV (voz Sierra Nevada), p. 379-386. Edición facsímil, volumen de Granada. Valladolid: Editoriales Andaluzas Unidas-Ámbito, 1987, p. 302.
- Messerli, B. (1965). *Beiträge zur Geomorphologie der Sierra Nevada (Andalusien).* Zürich: Juris Verlag.
- Obermaier, H. (1916). Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Geología),* 17: 1-68.
- Oliva, M. & Gómez Ortiz, A. (2012). Late Holocene environmental dynamics and climate variability in a Mediterranean high mountain environment (Sierra Nevada, Spain) inferred from lake sediments and historical sources. *The Holocene*, 22 (8): 915-927.
- Oliva, M.; Gómez Ortiz, A.; Salvador Franch, F.; Salvà Catarineu , M.; Ramos, M.; Palacios, D.; Tanarro, L.; Pereira, P. & Ruiz Pérez, J. (2016a). Inexistence of permafrost at the top of Veleta peak (Sierra Nevada, Spain). *Science of the Total Environment*, 550: 484-494.
- Oliva, M.; Serrano, E.; Gómez Ortiz, A.; González Amuchástegui, M.J.; Nieuwendam, A.; Palacios, D.; Pelleteiro, R.; Pérez Alberti, A.; Ruiz Fernández, J.; Valcárcel , M.; Vieira, G. & Antoniades, D. (2016b). Spatial and temporal variability of periglaciation of the Iberian Peninsula. *Quaternary Science Reviews,* 137: 176–199.
- Oliva, M.; Ruiz Fernández, J.; Barriendos, M.; Benito, G.; Cuadrat, J.M.; Domínguez Castro, F.; García Ruiz, J.M.; Giralt, S.; Gómez Ortiz, A.; Hernández, A.; López Costas O.; López Moreno, J.I.; López Sáez, J.A.; Martínez Cortizas, A.; Moreno, A.; Prohom, M.; Saz, M.A.; Serrano, E.; Tejedor, E.; Trigo, R.; Valero-Garcés, V. & Vicente-Serrano, S.M. (2018). The Little Ice Age in Iberian mountains. *Earth-Science Reviews,* 177: 175-208.
- Palacios, D.; Gómez Ortiz, A.; Andrés, N.; Salvador Franch, F. & Oliva, M. (2016). Timing and new geomorphologic evidence of the last deglaciation stages in Sierra Nevada (southern Spain). *Quaternary Science Reviews,* 150: 110-129.
- Pauling, A.; Luterbacher, J.; Casty, C. & Wanner, H. (2006). Five hundred years of gridded high-resolution precipitation reconstructions over Europe and the connection to large-scale circulation. *Climate Dynamics,* 26 (4): 387–405.
- Pérez Luque, A.J.; Pérez Pérez, R. & Bonet, J.F. (2015). Evolución del clima en los últimos 50 años en Sierra Nevada. En: Zamora, R.; Pérez Luque, A.J.; Bonet, F.J.; Barea Azcón, J.M. & Aspizua, R. (Eds.). *La huella del*

cambio climático en Sierra Nevada: Retos para la conservación. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía, Granada. pp. 22-24.

- Ponz, A. (1797). Relación del viaje que desde Granada hizo á Sierra Nevada D. Antonio Ponz a influxo del Excmo. Sr. Marqués de la Ensenada. *Mensagero económico y erudito de Granada*. Granada, V. 25-30.
- Puga, E.; Díaz de Federico, A.; Nieto, J.M. & Díaz Puga, M.A. (2007). Petrología, evolución geodinámica y georrecursos del Espacio Natural de Sierra Nevada. *Estudios Geológicos*, 63 (2): 19-40.
- Quelle, O. (1908). *Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada*. Tesis Doctoral. Inaugural-Dissertation. Berlin. Universidad Friedrich-Wilheilm, 1908.
- Rojas Clemente y Rubio, S. de (1804-1809). *Viaje a Andalucía. Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809*). Transcripción, edición, estudio e índices de Gil Albarracín, A. Barcelona: Editora G.B.G., 2002.
- Salvador Franch, F.; Gómez Ortiz, A.; Salvà Catarineu, M. & Palacios, D. (2011). Caracterización térmica de la capa activa de un glaciar rocoso en medio periglaciar de alta montaña mediterránea. El ejemplo del Corral del Veleta (Sierra Nevada, España). *Cuadernos de Investigación Geográfica,* 37 (2): 25-48.
- Santos Milheiro, B. (2016). *Cubierta nival y temperaturas de superficie en Sierra Nevada a través del tratamiento digital de imágenes de satélite*. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Schimper, W.P. (1849). Sur la géologie, la botanique et la zoologie du midi de l´Espagne. *L´Institut. Journal Universel des Sciences*, 806: 189-192.
- Serrano, E.; González Trueba, J.J.; Sanjosé, J.J. & Del Río, L.M. (2011). Ice patch origin, evolution and dynamics in a temperature high mountain environment: the Jou Negro, Picos de Europa (NW Spain). *Geographiska Annaler. Physical Geography,* A93 (2): 57-70.
- Tanarro García, L.M.; Palacios, D.; Zamorano Orozco, J.J. & Gómez Ortiz, A. (2010). Cubierta nival, permafrost y formación de flujos superficiales en un talud detrítico de alta montaña (Corral del Veleta, Sierra Nevada. España). *Cuadernos de Investigación Geográfica,* 36 (2): 39-59.
- Willkomm, M. (1882). *Aus den Hochgebirgen von Granada*. Versión castellana en: Willkomm, M. “Las Sierras de Granada”. Granada: Caja General de Ahorros de Granada y Sierra Nevada 95, 1993.

FUENTES PARA EL ESTUDIO DE LOS CAMBIOS DE USOS Y COBERTURAS DEL SUELO. ESTADO DE LA CUESTIÓN

DAVID GARCÍA-ÁLVAREZ; MARÍA TERESA CAMACHO OLMEDO
dagaral@ugr.es, *camacho@ugr.es*
Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Granada

RESUMEN

Los mapas de Usos y Coberturas del Suelo (mapas LULC) son una de las principales herramientas empleadas para el análisis de los cambios en la ocupación del suelo. Existen mapas a escala global, continental, nacional y regional, cada uno mostrando distinta información, con un diferente nivel de detalle.

Aunque actualmente existen un gran número de mapas LULC disponibles, cuyo uso es ampliamente difundido, todavía no contamos con información completa sobre sus características y limitaciones. Este estudio pretende proporcionar una revisión de todas las fuentes disponibles para el estudio de los cambios de Usos y Coberturas del suelo (LUCC) en Andalucía (España). A través de esta revisión, pretendemos señalar las características, ventajas y desventajas de todas las fuentes LULC actualmente disponibles, así como establecer las futuras líneas de trabajo en esta área de investigación.

Palabras clave: Andalucía, Cambio de los Usos y Coberturas del Suelo, Mapas de Usos y Coberturas del Suelo, Ocupación del Suelo, Revisión

ABSTRACT

Land Use Land Cover (LULC) maps are one of the main tools employed for the analysis of the changes in the land use occupation. There are maps at global, continental, national and regional scales, every one showing different information at several levels of detail.

Although there is a great deal of LULC maps currently available and they have been widely used, there is still not full information about the characteristics and limitations of these maps. This study aims to provide a review of all maps available for the study of the Land Use Cover Change (LUCC) in Andalucía (Spain). Through this review, we aspire to point out the characteristics, advantages and disadvantages of all LULC sources currently available and to establish the future lines of improvement of this research area.

Keywords: *Andalucía, Land Use Land Cover Change, Land Use Land Cover maps, Land occupation, Review*

1. Introducción

El estudio de los cambios de usos y coberturas del suelo (*Land Use Cover Change*, LUCC) ha experimentado un notable auge en las últimas décadas, debido a la creciente disponibilidad de fuentes para la realización de este tipo de análisis. Pese a tal incremento, aún son numerosos los desafíos existentes en relación a la aplicabilidad práctica de esta información.

Desde que se obtuviesen los primeros mapas de usos y coberturas de suelo (*Land Use Land Cover*, LULC) a escala global en los años 80, se han realizado importantes avances: avances técnicos en relación a las metodologías empleadas para la obtención de estos mapas (ej. técnicas de clasificación); mayor disponibilidad y detalle de las fuentes primarias para el estudio del territorio (imágenes satélite y fotografía aérea); desarrollo de numerosas iniciativas

para compatibilizar y, en cierta medida, homogeneizar, las distintas bases de datos disponibles.

A pesar de tales mejoras, y en parte consecuencia directa de las mismas, aún continúan vigentes algunos de los desafíos clave en la obtención de los mapas LULC. Siguen siendo necesarios avances respecto a la resolución (espacial, temática y temporal) de los datos base, las metodologías de obtención de mapas LULC o bien en lo relativo a las estrategias de validación (Herold et al, 2008; Verburg et al, 2011). Del mismo modo, se resalta como otra de las tareas pendientes la compatibilidad de las distintas fuentes, a partir de una armonización de sus respectivas leyendas (Yang et al, 2017), así como, especialmente, la consecución de series temporales LULC consistentes, sin ruido debido a cambios de origen técnico (Kuemmerle et al, 2013).

Entre las mejoras realizadas hasta el momento en tales direcciones podemos destacar el marco común para el desarrollo de leyendas para mapas LULC globales propuesto por la FAO (Di Gregorio y Jansen, 1998), el reciente lanzamiento de la constelación de Satélites Sentinel (Aschbacher y Milagro-Pérez, 2012) o la iniciativa CORINE en la coordinación para la obtención de un mapa LULC para toda Europa bajo los mismos criterios técnicos (European Environment Agency, 1994).

En esta comunicación pretendemos realizar una revisión de las fuentes disponibles para el estudio de las dinámicas de cambio de usos y coberturas del suelo, tanto a nivel global, como continental nacional y regional, tomando como referencia el caso de Andalucía. Mediante esta revisión, se persigue determinar el estado de la cuestión, así como señalar las principales limitaciones que presentan las actuales fuentes LULC para el estudio del cambio en la ocupación del suelo. Como resultado, se espera obtener un adecuado conocimiento de las fuentes LULC disponibles de cara a llevar a cabo este tipo de estudios, especialmente para el caso de las áreas de montaña.

Fuentes para el estudio del *Land Use Cover Change* (LUCC)

Identificación y recopilación de fuentes

La revisión de las fuentes de usos y coberturas de suelo (*Land Use Land Cover*, LULC) disponibles se ha realizado a partir de la recopilación de los datos facilitados por los principales portales digitales de referencia en lo relativo a la información LULC (Tabla 1). Se han seleccionado aquellas fuentes disponibles para el conjunto de Andalucía y que son de utilidad para el estudio de los cambios en la ocupación del suelo de las áreas de montaña.

Tabla 1
Portales web consultados para la recopilación de las fuentes LULC analizadas

PORTAL	URL
Portales para datos a nivel global o continental	
Copernicus Land Monitoring Service	http://land.copernicus.eu/
FAO GeoNetwork	www.fao.org/geonetwork/ (Sección *Land Cover and Land Use*)
Geo-Wiki	www.geo-wiki.org
Global Land Cover Facility	http://glcf.umd.edu/
MIT library	https://libguides.mit.edu/gis/land
The USGS Land Cover Institute	https://landcover.usgs.gov/
Portales para datos a nivel nacional (España) o regional (Andalucía)	
IDE del MAPAMA	www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/
IGN	http://centrodedescargas.cnig.es/
REDIAM	http://www.juntadeandalucia.es/meioambiente/site/rediam

Fuente: Elaboración propia.

Andalucía es una de las Comunidades Autónomas españolas con un mayor grado de desarrollo en lo que a información ambiental y cartográfica se refiere. Estudios similares para otro tipo de regiones pueden arrojar conclusiones distintas a las aquí planteadas.

Las fuentes recopiladas se han estructurado según dos criterios. En primer lugar, en función de su cobertura espacial. Diferenciamos en este sentido entre fuentes a escala global, continental, nacional y regional. En segundo lugar, los datos se han clasificado en función de la naturaleza y fin de la fuente, distinguiendo para cada caso entre fuentes LULC generales y datos de orientación temática. Éstos últimos han sido diseñados con el propósito de cartografiar en detalle uno o varios usos y coberturas específicos, proporcionando poca información para el resto. Las fuentes LULC generales proporcionan información sobre todos los usos y coberturas del suelo, sin prestar excesivo detalle a ninguna de ellas en particular.
Fuentes a escala global

Fuentes generales LULC

Todas las fuentes LULC a escala global se obtienen a partir de técnicas de teledetección de imágenes de satélite (Tabla 2). Éstas suelen ser clasificaciones digitales, supervisadas o no supervisadas, con un menor uso de clasificaciones orientadas a objetos. Además, suele ser habitual el empleo de conocimiento experto, ya sea para el entrenamiento del clasificador seleccionado, o bien para las tareas de postclasificación y revisión de los resultados alcanzados.

Al confiar en imágenes de satélite y métodos digitales de teledetección, estos mapas aportan fundamentalmente información acerca de la vegetación natural, la cobertura más fácil de diferenciar de acuerdo con tal tipo de metodologías. La resolución o detalle temático de las clases artificiales y agrícolas suele ser muy baja. En consecuencia, estas fuentes no ofrecen grandes posibilidades para el análisis de los paisajes más humanizados.

La mayor parte de los productos comparten la misma o similares leyendas, siendo las dos más difundidas la IGBP y el sistema de clasificación propuesto por la FAO. No obstante, pese a tales similitudes, existen importantes contradicciones entre los distintos mapas LULC disponibles (Giri et al, 2005).

La resolución espacial de estos mapas suele ser bastante baja, si bien ha ido mejorando paulatinamente. Se ha pasado así de mapas a 1km de resolución espacial, obtenidos a partir de las imágenes del sensor AVHRR, a mapas de gran resolución, como el FROM-GLC-agg y el GLC30. Éstos se obtienen a una resolución espacial de 30m, proporcionando así un detalle similar al de productos a escala continental e, incluso, nacional. Son fruto de la distribución de la serie histórica de imágenes Landsat de manera abierta, sin coste.

En lo que respecta a la resolución temporal, la mayor parte de los productos LULC globales están solo disponibles para una única fecha, o bien para cortos periodos de tiempo. Varios de los productos que proporcionan una serie temporal (ej. GlobCover, GLC30, GLCNMO) han sido obtenidos a partir de iniciativas individuales que no prevén la actualización del producto. Entre los productos con una serie temporal más larga y que, además, prevén su actualización, se encuentran el LC-CCI (mapa anual de 1998 a 2015) y el MODISLC (mapa anual de 2001 a 2013).

La metodología de producción de los mapas MODISLC ha variado con el tiempo (Friedl et al, 2010), con lo que se han generado cambios de origen técnico en la serie temporal de mapas que dificulta el estudio riguroso del cambio de los usos y coberturas del suelo a partir de ellos. Problemas similares se pueden señalar para el caso de la serie histórica de GlobCover (Bontemps et al, 2011). De este modo, solo el LC-CCI proporciona una serie histórica de mapas LULC bastante larga y que, además, no cuenta con cambios de tipo técnico.

En los casos de productos obtenidos a partir de la fusión de otros mapas previamente creados, no existe una única referencia temporal para todo el mapa. Dependiendo del área considerada, los datos reflejan el estado de la superficie terrestre para una fecha concreta, lo

que impide la utilización del conjunto del mapa para el estudio de los cambios en la ocupación del suelo.

En lo que respecta a la información técnica, esta suele ser escasa y proporcionada, en general, a través de publicaciones de origen científico, orientadas a un público concreto y que se centran en aspectos específicos de la metodología de producción. Además, la precisión de estos productos no suele ser muy alta, entre un 65 y un 85% (Pérez-Hoyos et al, 2017).

Tabla 2
Relación de fuentes LULC globales

		UMD LC Classification	**IGBP-DIS**	**LC-CCI**	**GLC2000**	**GLC30**
Producto		Mapa LULC	Mapa LULC	Mapa LULC	Mapa LULC	Mapa LULC
Escala de trabajo		Global	Global	Regional (10 equipos de trabajo)	Regional (30 equipos de trabajo)	Global
Obtención (según el método más reciente empleado)	Método principal	Clasificación supervisada y posterior revisión a escala regional del etiquetado	Clasificación no supervisada	Clasificación no supervisada para obtener mapa de referencia	Clasificación no supervisada	Clasificación supervisada
	Otros métodos	-	Cartografía individual de ciertas clases	Detección de cambios para modificar mapa de referencia	Posibilidad de modificaciones del método por parte de cada equipo de trabajo regional	-
	Fuentes base	Sensor AVHRR	Sensor AVHRR	Sensor MODIS para mapa de referencia. Sensores AVHRR, VEGETATION, MERIS y PROVA-V para identificación de cambios.	Sensor VEGETATION	Sensores de las misiones Landsat y HJ-1
	Revisión experta	Sí	Sí	Sí	No (solo etiquetado de coberturas obtenidas mediante clasificación)	Sí
	Cambios metodológicos	-	-	No	-	No
Escala / Resolución espacial		1 km / 8 km / 1 grado Mapa obtenido por clasificación para cada resolución.	1 km / 0.25 / 0.5 / 1 grado UMC: Seasonal LC Regions Resolución original 1km. El resto obtenidas por remuestreo.	300m. UMC* cambios > 1km.	1km	30 m UMC variable según la categoría (de 3x3 a 10x10 pixeles)
Leyendas admitidas		IGBP	IGBP / SiB	FAO LCCS	FAO LCCS	GLC30
Nº total de clases		14 (1-8km); 12 (1 grado)	17	30	22	10
Clases artificiales (a); agrícolas (ag); vegetación (v); mosaico agrícola / vegetación (m) y error / sin datos (na)		1 (a), 1 (ag), 10 (v), 0 (m), 0 (na) [1-8km]	1 (a), 1 (ag), 10 (v), 1 (m), 1 (na) [IGBP]	1 (a), 3 (ag), 20 (v), 2 (m), 1 (na)	1 (a), 1 (ag), 15 (v), 2 (m), 0 (na)	1 (a), 2 (ag), 4 (v), 0 (m), 0 (na)
Resolución temporal		Una fecha (92-93 [1km]; 84 [8km]; 87 [1 grado])	Una fecha (92-93)	Anual periodo 98-15 Prevista actualización	Una fecha (99-00)	2 fechas (00 y 10)
Referencia [1] / descarga [a]		[1] [2] [3] [a]	[4] [b]	[5] [c]	[6] [d]	[7] [e]

*UMC: Unidad Mínima Cartografiable // Las fuentes se encuentran ordenadas de acuerdo a la fecha para la que muestran información, desde la que incluye el mapa más antiguo, hasta la más actual. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2
Relación de fuentes LULC globales (continuación)

		FROM-GLC-agg	GeoWiki Hybryd	MODISLC	GLCNMO	GlobCover	FAO-GLCShare
Producto		Mapa LULC	Mapa LULC	Mapa LULC	Mapa LULC	Mapa LULC	Mapa LULC y mapa de fracción de cada cubierta
Escala de trabajo		A nivel de escena	Global	Global	Continental	Continental / Regional	Global
Obtención (según el método más reciente empleado)	Método principal	Clasificación supervisada	Fusión de datos (GWR)	Clasificación supervisada	Clasificación supervisada	Clasificación no supervisada	Fusión de datos
	Otros métodos	Clasificación individual de las superficies selladas	Dos estrategias de fusión de datos, generando dos mapas distintos Croawsurcing para el mapeo de las áreas de entrenamiento	Cartografía individual de áreas artificiales	Cartografía individual de clases específicas	Clasificación supervisada para clases específicas	-
	Fuentes base	Sensores Landsat y MODIS	Mapas LULC GLC2000, GlobCover y MODIS LC	Sensor MODIS	Sensor MODIS	Sensor MERIS	Múltiples mapas LULC ya desarrollados (regionales, continentales y globales)
	Revisión experta	No	No	Sí	No	Sí	No
	Cambios metodológicos	-	No	Sí	No	Sí	-
Escala / Resolución espacial		30m / 250m / 500m / 1km / 5km / 25km/ 50km/ 100km Resolución original 30m. El resto obtenidas por remuestreo	300m	500m / 5' / 5 grados Resolución original 500m. El resto obtenidas por remuestreo.	1km [2003]; 500m [2008-13]	300 m	1 km
Leyendas admitidas		(dos niveles)	FAO LCCS	IGBP / LAI / FPAR / BGC / PFT	FAO LCCS	FAO LCCS	FAO LCCS
Nº total de clases		25 (nivel más detallado)	10	17	20	23	10
Clases artificiales (a); agrícolas (ag); vegetación (v); mosaico (m) y error / sin datos (na)		2 (a), 4 (ag), 9 (v), 0 (m), 1 (na)	1 (a), 1 (ag), 3 (v), 1 (m), 0 (na)	1 (a), 1 (ag), 10 (v), 1 (m), 2 (na) [IGBP]	1 (a), 2 (ag), 11 (v), 1 (m), 0 (na)	1 (a), 2 (ag), 14 (v), 2 (m), 1 (na)	1 (a), 1 (ag), 5 (v), 0 (m), 0 (na)
Resolución temporal		Una única fecha (10)	Una única fecha, diferente según la fuente original (00 o 05)	Anual periodo 01-13 Prevista actualización	3 fechas (03, 08 y 13)	2 fechas (04-06 y 09)	Una única fecha, diferente para cada parte del mundo, según la fuente original.
Referencia [1] / descarga [a]		[8] [9] [f]	[10] [g]	[11] [12] [h]	[13] [14] [15] [i]	[16] [j]	[17] [k]

*UMC: Unidad Mínima Cartografiable // Las fuentes se encuentran ordenadas de acuerdo a la fecha para la que muestran información, desde la que incluye el mapa más antiguo, hasta la más actual. Fuente: Elaboración propia.

Fuentes temáticas LULC

Los productos de orientación temática permiten llevar a cabo el estudio de ciertas coberturas con mayor precisión. Son mayoritarias a este respecto las fuentes destinadas a cartografiar las áreas forestales, constituyendo el GHSL la excepción (Tabla 3).

Los métodos de producción de estos mapas temáticos suelen ser más variados que los utilizados para el caso de los mapas LULC generales. Incorporan distintas técnicas como árboles de regresión, redes neuronales e, incluso, llegan a llevar a cabo la clasificación de imágenes radar. Además, se encuentran más automatizados. Con la excepción del FCover, el método de producción no suele contar con un paso específico de revisión experta de los resultados obtenidos. Esto hace que los mapas finalmente obtenidos sean notablemente dependientes del método de clasificación utilizado y sus incertidumbres, con lo que el estudio y análisis de los mismos es un paso indispensable.

Habitualmente, los productos de orientación temática proporcionan más detalle, tanto temático, como espacial y temporal, que los productos generales LULC. Para el uso o cobertura que cartografían en detalle suelen proporcionar información a nivel de subpíxel: suelen indicar el porcentaje que la cubierta analizada ocupa en cada celda de la matriz ráster. La resolución espacial suele oscilar entre 25 y 300m de tamaño de píxel. Además, la mayor parte de los productos cuentan con series temporales para todo el siglo XXI, si bien es el GHSL el que proporciona una serie temporal más extensa (Tabla 3).

La información técnica de estos mapas es, sin embargo, escasa e incompleta, al igual que en el caso de las fuentes LULC globales. Debido a su orientación temática, en muchos casos las guías o artículos científicos que presentan estos productos resultan excesivamente técnicos y difíciles de comprender por parte de usuario ajeno a la materia.

Fuentes a escala continental (Europa)
Fuentes generales LULC

Entre los productos LULC generales se encuentra el N2K, que cartografía a escala continental el conjunto de espacios de la red Natura 2000, el CORINE y el PELCOM. De ellos, solo el CORINE se obtiene por técnicas de fotointerpretación o a partir de la generalización de datos de mayor detalle. Los restantes dos mapas se realizar a partir de técnicas digitales de teledetección, supervisadas o no supervisadas. El PELCOM comparte características con la mayor parte de los productos LULC globales existentes para fechas similares (Tabla 4), por lo que su utilidad no es especialmente significativa.

Al contrario, la metodología de producción CORINE, obtenido a nivel regional, a una escala de cierto detalle y con una importante participación de conocimiento experto, lo hacen una fuente de referencia para el estudio del continente europeo. No obstante, su producción a nivel regional impone limitaciones en su uso a nivel continental. Si bien la leyenda y las especificaciones técnicas son las mismas para todos los países que forman parte de CORINE, cada equipo de producción introduce ciertas modificaciones en el método de creación de CORINE, que pueden generar diferencias regionales en la realidad contenida bajo una misma categoría o clase.

La principal fortaleza de CORINE reside en su serie histórica, si bien recientes cambios en la metodología de producción para algunos países ha generado cambios que hacen incompatibles los nuevos mapas con los anteriores (García-Álvarez y Camacho Olmedo, 2017). El cambio metodológico previsto a nivel europeo para la próxima edición de CORINE en 2018 puede implicar problemas similares, si bien se ha asegurado que se mantendrá la coherencia de los nuevos mapas con los ya existentes hasta el momento (Kleeschulte et al, 2017).

Tabla 3
Relación de fuentes LULC globales de componente temático

		GHSL	FCover	Landsat VCF	MODIS VCF	Hansen forest map	Global Forest Non Forest Map (FNF)
Temática		Urbano	Vegetación	Forestal	Forestal	Forestal	Forestal
Producto		Mapa de áreas urbanas (urbano / no urbano)	Mapa indicando el % de cada píxel ocupado por cubierta vegetal	Mapa indicando el % de cada píxel ocupado por cubierta forestal	Mapa indicando el % de cada píxel ocupado por (1) cubierta forestal	Mapa de porcentaje del dosel arbóreo y mapa de ganancias y pérdidas anuales	Mapa de áreas forestales (forestal / no forestal)
Escala de trabajo		A nivel de escena / Continental	Global	Global	Global	Continental	Regional
Obtención (según el método más reciente empleado)	Método principal	Clasificación supervisada	Redes neuronales	Modelo basado en árboles de decisión (regresión)	Clasificación supervisada	Clasificación supervisada	Clasificación de imágenes radar
	Otros métodos	Clasificación no supervisada a escala continental	-	-	-	Procesamiento específico adicional para determinan las ganancias y pérdidas forestales	-
	Fuentes base	Sensores Landsat	Sensores PROVA-V y VEGETATION	MODIS VCF, sensores Landsat y MODIS cropland	Sensor MODIS	Sensores Landsat	Sensores radar PALSAR y PALSAR-2
	Revisión experta	No	Sí	No	No	No	No
	Cambios metodológicos	Sí	Sí		Sí	Sí	
Escala / Resolución espacial		38m / 250m / 1km	300m / 1km	30m	250m (actual) / 500m (ediciones anteriores a las Colección 3)	30m	25m / 100m / 1km / 0.25 grados MMU: 0.5ha
Leyendas admitidas		-	-	-	-	-	-
Nº total de clases		Urbano / No Urbano hasta 2014 18 clases en 2014	% del píxel ocupado por la cobertura vegetal	% del píxel ocupado por cubierta forestal y 4 clases más	% del píxel ocupado por cubierta forestal y 2 clases más	-	Forest / Non Forest y 2 clases más
Clases artificiales (a); agrícolas (ag); vegetación (v); mosaico (m) y error / sin datos (na)		Clases no asimilables a una clasificación normal. Varias delimitadas únicamente según valores de reflectividad	-	0 (a), 0 (ag), 0 (v), 0 (m), 2 (na)	0 (a), 0 (ag), 0 (v), 0 (m), 1 (na)	-	0 (a), 0 (ag), 1 (v), 0 (m), 1 (na)
Resolución temporal		4 fechas (74, 90, 00 y 14)	Cada 10 días (99-Actualidad [1km], 14-Actualidad [300m])	4 fechas (00, 05, 10, 15)	Anual para el periodo 00-15 Prevista actualización	Una fecha para porcentaje del dosel (00); Anual para ganancias y pérdidas (periodo 00-16)	6 fechas (07, 08, 09, 10, 15, 16) Prevista actualización
Referencia [1] / descarga [a]		[18] [l]	[19] [m]	[20] [n]	[21] [ñ]	[22] [o]	[23] [24] [p]

*UMC: Unidad Mínima Cartografiable // Las fuentes se encuentran ordenadas de acuerdo a la fecha para la que muestran información, desde la que incluye el mapa más antiguo, hasta la más actual. Fuente: Elaboración propia

El N2K proporciona mayor detalle espacial que CORINE (0.25ha de unidad mínima cartografiable frente a las 25ha de CORINE), si bien su resolución temática es mucho menor (Tabla 4). A diferencia de CORINE, ofrece coherencia metodológica para toda el área cartografiada, evitando así las inconsistencias regionales de la primera fuente. La serie temporal de este producto es corta (2006-12), si bien está garantizada su actualización futura.

La información técnica es abundante y de calidad para todos los productos LULC continentales. No obstante, para CORINE, falta información de su producción a escala nacional. En lo que se refiere a la precisión, esta es bastante alta para todos los productos a excepción del PELCOM, cuya precisión es inferior a la de otros productos LULC globales (69.2%) (Mücher, 2000).

Fuentes temáticas LULC

A nivel continental, encontramos dos fuentes LULC de orientación temática: las *High Resolution Layers* y el *European Settlement Map* (Tabla 4). A diferencia de las fuentes temáticas a nivel global, éstas no se ocupan únicamente de las coberturas vegetales. Al contrario, la única cobertura analizada por los dos productos analizados es el suelo artificial.

Tabla 4
Relación de fuentes LULC continentales

		CORINE	**PELCOM**	**N2K**	**High Resolution Layers (HRL)**	**European Settlement Map**
Temática		General	General	General	Superficies artificiales / Forestal / Humedales / Cuerpos de agua	Áreas urbanas
Producto		Mapa LULC y mapa de cambios LULC	Mapa LULC	Mapa LULC y mapa de cambios LULC	Mapa indicando el % de cada píxel ocupado por las cubiertas analizadas.	Mapa indicando el % de cada píxel urbanizado.
Escala de trabajo		Regional	Regional	Continental	Continental	Continental
Cobertura		Europa (UE)	Europa (UE)	Espacios de la Red Natura 2000 de Europa (UE)	Europa (UE)	Europa (UE)
Obtención (según el método más reciente empleado)	Método principal	Fotointerpretación	Clasificación supervisada / no supervisada según criterio de cada equipo regional	Clasificación supervisada	Clasificación supervisada	Clasificación no supervisada
	Otros métodos	Generalización cartográfica / Fusión de datos	Cartografía individual de clases específicas	-	-	-
	Fuentes base	Sensor LISS III y satélite RapidEye / Mapas nacionales	Sensor AVHRR	Base de datos VHR2 (Copernicus)	Base de datos Image 2012 (Copernicus)	Satélites SPOT
	Revisión experta	Sí	Sí	Sí	Sí	No
	Cambios metodológicos	Sí	-	No	Previstos	Sí
Formato		Vectorial y Ráster	Ráster	Vectorial	Ráster	Ráster
Escala / Resolución espacial		1:100.000 / UMC: 25ha UMC cambios: 5ha AMC: 100m	1km	UMC: 0.5ha / AMC: 10m	20m / 100m	2.5m / 10m / 100m
Leyendas admitidas		CORINE	PELCOM (dos niveles)	N2K	-	-
Nº total de clases		44	16 (nivel más detallado)	11	% del píxel ocupado por cada cobertura El mapa *Forest type* diferencia dos clases: bosques de coníferas y bosques de frondosas	% del píxel urbanizado En la edición de 2017 (también para 2012) distingue entre 8 clases
Clases artificiales (a); agrícolas (ag); vegetación (v); mosaico (m) y error / sin datos (na)		11 (a), 9 (ag), 8 (v), 2 (m), 0 (na)	1 (a), 3 (ag), 6 (v), 0 (m), 1 (na)	1 (a), 1 (ag), 3 (v), 0 (m), 1 (na)	-	7 (a), 0 (ag), 0 (v), 0 (m), 0 (na) [2017]
Resolución temporal		4 fechas (90, 00, 06, 12) Prevista actualización	Una única fecha (97)	2 fechas (06, 12) Prevista actualización	Cobertura artificial: tres fechas (06, 09, 12); Resto de coberturas: una única fecha (12) Prevista actualización	Una única fecha (12)
Referencia [1] / descarga [a]		[25] [q]	[26] [r]	[27] [s]	[28] [t]	[29] [u]

*UMC: Unidad Mínima Cartografiable // Las fuentes se encuentran ordenadas de acuerdo a la fecha para la que muestran información, desde la que incluye el mapa más antiguo, hasta la más actual. Fuente: Elaboración propia.

Ambas fuentes muestran información sobre las coberturas a nivel de subpíxel: porcentaje de la cobertura presente en cada píxel. La principal diferencia entre ambas se encuentra en la resolución espacial (2.5m frente a 20m) y la extensión y resolución temporal del producto (Tabla 4). Solo las *High Resolution Layers* proporcionan una serie temporal y tienen prevista su actualización. No obstante, incertidumbres asociadas al método de clasificación utilizado impiden la comparación directa de los mapas de esta serie temporal (Langangke, 2015).

De forma similar a lo comentado para los productos LULC generales a escala continental, salvo CORINE, tanto la información técnica como la precisión de estos mapas temáticos es buena.

Fuentes a escala nacional (España)
Fuentes generales LULC

La única fuente LULC general a escala nacional es el SIOSE (Tabla 5). Al igual que las primeras ediciones de CORINE, es generalmente obtenido a partir de fotointerpretación, con una importante participación de conocimiento experto. Se caracteriza por poseer un modelo de datos orientado a objetos, que indica para cada polígono la relación de coberturas que lo componen (Valcárcel Sanz y Castaño Fernández, 2012). Además, muestra gran detalle en la información que suministra, tanto espacial (UMC 0.5-2ha) como temático (39 clases simples y 45 clases compuestas). Su principal problema proviene del difícil manejo de su base de datos, al no quedar todos los polígonos definidos por una única cobertura, como sucede en el caso del CORINE (García-Álvarez y Camacho Olmedo, 2017).

La producción de SIOSE se realiza a nivel regional, lo que introduce incertidumbres similares a las de CORINE cuando se emplea la base de datos para el conjunto nacional. De este modo, los criterios y métodos de obtención de SIOSE varían según comunidades (Gil et al, 2010; Valcárcel Sanz y Castaño Fernández, 2012), si bien el método base de producción es la fotointerpretación.

El cambio metodológico previsto en la generación de SIOSE a partir de 2018 puede dar solución a parte de esas contradicciones, al obtener SIOSE a partir de bases de datos nacionales temáticas de gran detalle (Delgado Hernández et al, 2017). Sin embargo, esto puede poner fin a la escasa serie temporal de datos SIOSE actualmente disponible (2005-09-11).

Tanto la información técnica como la validez y precisión del producto son buenos, si bien, al igual que ocurre con el CORINE, no siempre se cuenta con información del método y validez de la producción de cada equipo regional.

Fuentes temáticas LULC

Podemos mencionar, para España, dos fuentes LULC de orientación temática que cubren todo el territorio nacional (Tabla 5). Aunque el método de producción es similar en ambos casos, a partir de fotointerpretación de fotografía aérea y con una importante participación de conocimiento experto, en el caso del Mapa Forestal a partir de labores de campo, el detalle temático y espacial de los dos mapas es muy diferente. El Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (MCA) tan sólo distingue 10 clases, según el aprovechamiento agrícola del territorio. El Mapa Forestal de España (MFE), por su parte, en sus ediciones más detalladas (1:25.000 y 1:50.000), distingue una enorme variedad de formaciones vegetales distintas, caracterizándolas vegetal y climáticamente a partir de un gran número de atributos.

Consecuencia de su gran detalle espacial y, especialmente, temático, ninguna edición del MFA cuenta con una actualización. Por su parte, el MCA sí cuenta con dos ediciones distintas, aunque realizadas bajo distintos equipos y formas de producción, lo que impide su

comparación.

Los dos mapas carecen de información técnica asociada actualizada y de detalle, lo que impide el conocimiento de su incertidumbre.

Tabla 5
Relación de fuentes LULC nacionales (España)

		Mapa forestal	**Mapa de cultivos y aprovechamientos**	**SIOSE**
Temática		Forestal	Agrícola	General
Producto		Mapa LULC junto a tabla de atributos especificando para cada polígono (MFE25; MFE50) sus características vegetales y climáticas. El MFE25 sigue un modelo de datos multiparámetro.	Mapa LULC	Mapa LULC junto a tabla de atributos especificando las proporciones de cada uno de los elementos representados en cada polígono (modelo orientado a objetos)
Escala de trabajo		Equipo nacional / regionales	Equipos regionales para cada CCAA	Equipos regionales para cada CCAA
Obtención (según el método más reciente empleado)	Método principal	Fotointerpretación	Fotointerpretación	Fotointerpretación
	Otros métodos	Trabajo de campo	-	Para algunas CCAA obtención a partir de generalización / fusión de datos
	Fuentes base	Fotografía aérea / Ortofoto	Fotografía aérea / Ortofoto	Fotografía aérea / Ortofoto / Sensores SPOT
	Revisión experta	Sí	Sí	Sí
	Cambios metodológicos	Sí (cambios metodológicos en cada escala)	Sí	Sí (no significativos; de detalle)
Formato		Vectorial	Vectorial	Vectorial
Escala / Resolución espacial		1:25.000 / UMC 0-5-2ha (MFE25); 1:50.000 (MFE50); 1:200.000 (MFE200); 1:400.000 (MFE400) Cada uno obtenido de manera independiente Prevista actualización de MFE25 y MFE50 (cada 10 años)	1:50.000	1:25.000 UMC: 0.5-2ha / UMC cambios: 0.4ha / AMC: 15m, con excepciones
Nº total de clases		22 (MFE400) / En el resto de ediciones más de 10000 clases diferentes	10	39 clases simples y 45 clases compuestas (constituidas a partir de la asociación de clases simples)
Clases artificiales (a); agrícolas (ag); vegetación (v); mosaico (m) y error / sin datos (na)		Principalmente desarrollo de las clases para los distintos tipos de vegetación	0 (a), 6 (ag), 3 (v), 0 (m), 0 (na)	Clases simples: 7 (a), 8 (ag), 4 (v), 0 (m), 0 (na) Clases compuestas: 41 (a), 4 (ag), 0 (v), 0 (m), 0 (na)
Resolución temporal		Una única fecha, diferente según la parte del territorio considerada: 66 (MFE400); 86-97 (MFE200); 97-07 (MFE50); 07-Actualidad (MFE25). Las imágenes base no se corresponden generalmente con todo el periodo de producción, sino con uno o varios años	Dos fechas, las cuales son diferentes según la parte del territorio considerada: 70-90 (sobre vuelo de los años 40) y 00-10	Tres fechas: 05, 09, 11. Prevista actualización (cada tres años)
Referencia [1] / descarga [a]		[v]	[w]	[30] [x]

*UMC: Unidad Mínima Cartografiable; AMC: Anchura Mínima Cartografiable // Las fuentes se encuentran ordenadas de acuerdo a la fecha para la que muestran información, desde la que incluye el mapa más antiguo, hasta la más actual. Fuente: Elaboración propia.

Fuentes a escala regional (Andalucía)
Fuentes generales LULC

Andalucía cuenta con dos productos LULC generales de detalle: el MUCVA y el SIOSE Andalucía (Tabla 6). El segundo es continuación del primero, si bien cuentan con criterios y metodologías de obtención distintos, con lo que su comparación no es posible. De este modo, la amplia serie histórica proporcionada por el MUCVA no tiene continuación posterior al 2007, lo que ha puesto freno a la riqueza y utilidad de esta base de datos.

El MUCVA posee, por tanto, una gran resolución y extensión temporal, tratándose de la fuente que más se retrotrae en el tiempo de todas las analizadas en esta comunicación. La resolución temporal del SIOSE Andalucía, actualizado cada 3 años, mejora de forma notable la proporcionada por la fuente anterior. Sin embargo, se han producido pequeños cambios metodológicos en la producción de las distintas ediciones del SIOSE Andalucía publicadas hasta el momento (Red de Información Ambiental, 2013), lo que ha podido introducir incertidumbre en la serie temporal de esta base de datos.

El MUCVA cuenta con diferentes versiones a distintas escalas. Salvo para las fechas coincidentes, los mapas a distintas escalas fueron obtenidos independientemente, a partir de la fotointerpretación de diferentes imágenes satélite o fotografía aérea. De este modo, no son directamente comparables entre sí a partir de una mera agregación de los datos.

El SIOSE Andalucía proporciona mayor detalle temático y espacial que el MUCVA (Tabla 6). De este modo, ha sido obtenido, por generalización cartográfica, tomando como referencia la cartografía del Mapa de Vegetación de Andalucía a escala 1:10.000 (Gil et al, 2010). De ahí que su comparación con la serie MUCVA (1:25.000) no sea posible. A diferencia del SIOSE nacional, sigue un modelo de datos plano, en el que todo polígono aparece definido por una única clase o categoría, lo que facilita su uso. Pese a ello, el SIOSE Andalucía ha sido la base para la obtención del SIOSE nacional a escala 1:25.000 mediante un mecanismo de generalización (Gil et al, 2010).

La información técnica y precisión de ambos mapas es buena, si bien podría suministrarse información más detallada, al igual que para el Mapa de vegetación de Andalucía. En este sentido, si bien para el MUCVA y el SIOSE se proporcionan informes técnicos, para el Mapa de vegetación de Andalucía tan sólo se proporciona la información contenida en los metadatos del mapa descargado.

Fuentes temáticas LULC

A nivel regional, para Andalucía, sólo podemos mencionar el Mapa de vegetación de Andalucía como fuente LULC de orientación temática, obtenido también a partir de fotointerpretación y una ingente labor de campo. Viene a ser el equivalente a escala regional del MFE. De este modo, proporciona un enorme detalle temático de las clases vegetales, indicando para cada polígono delimitado toda una serie de atributos que caracterizan climática y vegetalmente la cobertura considerada.

Entre parte de los atributos que se le atribuyen se incluye una asignación general de su uso o cobertura, siguiendo la misma leyenda a la utilizada por el MUCVA, permitiendo la comparación de ambas fuentes. Sin embargo, su diferente propósito y escala de obtención implican la existencia de notables diferencias entre ambos mapas.

Al tratarse de una fuente de gran detalle, que caracteriza de manera profusa cada uno de las coberturas o usos delimitados, requiere de un gran esfuerzo de realización, el cual impide su

actualización constante. De ahí que solo cuente con una fecha de edición. No obstante, el SIOSE Andalucía, cuya obtención se realiza a partir de este mapa, puede considerarse en cierta medida su continuación.

Tabla 6
Relación de fuentes LULC regionales (Andalucía)

		MUCVA	**Mapa de vegetación de Andalucía**	**SIOSE Andalucía (modelo plano)**
Temática		General	Vegetación	General
Producto		Mapa LULC	Mapa LULC junto a tabla de atributos especificando para cada polígono las características de la vegetación	Mapa LULC (modelo plano) obtenido a partir de base de datos SIOSE obtenida de acuerdo con el modelo orientado a objetos
Escala de trabajo		Hoja Mapa Topográfico 1:50.000	Equipo regional	Áreas temáticas (zonas agrícolas, forestales, mixtas…)
Obtención (según el método más reciente empleado)	Método principal	Fotointerpretación	Fotointerpretación	Fusión de datos para mapa de referencia (05) y fotointerpretación
	Otros métodos	El mapa del 99 1:25.000 obtenido a partir del cambio de escala del mapa 1:50.000	Trabajo de campo	-
	Fuentes base	Fotografía aérea / Ortofoto / Sensores Landsat	Fotografía aérea / Ortofoto	Ortofoto
	Revisión experta	Sí	Sí	Sí
	Cambios metodológicos	Sí	-	Sí
Formato		Vectorial	Vectorial	Vectorial y Ráster
Escala / Resolución espacial		1:25.000; 1:50.000; 1:100.000 Cada uno obtenido de manera independiente, salvo fechas coincidentes entre 1:25 y 1:50	1:10.000	1:10.000 UMC: 50-200m^2 / 10m, con excepciones
Nº total de clases		112 (leyenda más detallada)	112 (leyenda más detallada)	180
Clases artificiales (a); agrícolas (ag); vegetación (v); mosaico (m) y error / sin datos (na)		15 (a), 26 (ag), 46 (v), 5 (m), 0 (na)	15 (a), 26 (ag), 46 (v), 5 (m), 0 (na)	76 (a), 35 (ag), 49 (v), 0 (m), 0 (na)
Resolución temporal		5 fechas (56, 77, 84, 99, 03 y 07) [1:25]; 3 fechas (91, 95, 99) [1:50]; 3 fechas (85, 87, 95) [1:100]	Una única fecha, diferente según la parte del territorio considerada (96-06)	Tres fechas: 05, 09, 11. Prevista actualización (cada tres años)
Referencia [1] / descarga [a]		[31] [y]	[y]	[32] [33] [y]

*UMC: Unidad Mínima Cartografiable; AMC: Anchura Mínima Cartografiable // Las fuentes se encuentran ordenadas de acuerdo a la fecha para la que muestran información, desde la que incluye el mapa más antiguo, hasta la más actual. Fuente: Elaboración propia.

Limitaciones, potencialidades y líneas de trabajo

La principal limitación de todas las fuentes analizadas para el estudio de los cambios en la ocupación del suelo radica en la falta de series temporales históricas. Cuando éstas existen, cambios de origen técnico entre los distintos mapas de la serie impiden la utilización completa de la misma para el estudio de los cambios históricos de la ocupación del suelo. La actualización de CORINE o la continuación de la serie del MUCVA con el SIOSE Andalucía, incompatible con el primero, son buenos ejemplos de esta problemática. En la futura

actualización de estos productos, se debe prestar especial atención a la compatibilidad de los nuevos mapas generados con la serie histórica.

De cara a proporcionar al usuario la máxima información sobre la incertidumbre de los productos LULC, es necesaria más y mejor información técnica sobre la precisión y métodos de obtención de los mismos. Esta es, en general, escasa o inexistente. Cuando existe, se debe trabajar en una mejor comunicación de la misma, a partir de un lenguaje fácil de entender y una organización clara de las ideas.

En lo que respecta a la precisión y validez de estos mapas, en ningún caso la precisión tiende a superar el 95%. Los cambios LULC que tienen lugar suelen afectar a una escasa porción de la superficie terrestre, que puede ser inferior a un 5% de la misma. En consecuencia, los cambios detectados por la fuente utilizada pueden estar afectados por una gran incertidumbre (Pontius Jr. y Lippitt, 2006), la cual será mayor para el caso de los mapas a escala global o continental, con niveles de precisión que se suelen mover entre un 65 y un 85% (Pérez-Hoyos et al, 2017).

Las medidas de precisión de los mapas LULC se suelen referir al conjunto del área cubierta por todo el mapa, sin hacer referencia a regiones o coberturas específicas. El buen ajuste del mapa con la realidad para el conjunto del área representada puede esconder importantes desacuerdos en algunos ámbitos o para algunas clases (Castilla y Hay, 2007), especialmente en el caso de aquellos más heterogéneos. De esta manera, debe analizarse la forma en la que cada fuente cartografía el ámbito de estudio escogido y las coberturas y usos en él presentes. Solo así se puede lograr un conocimiento adecuado de las limitaciones de las fuentes con las que se está trabajando.

La comparación de varias fuentes, de diferente temática y obtenidas según distintas metodologías, se ha señalado como un buen método para estudiar y analizar la incertidumbre en la representación de los usos y coberturas del suelo por parte de un determinado mapa (Giri et al, 2005). Por tanto, la realización de estudios comparativos de este tipo debe seguir siendo una constante. Del mismo modo, la generación de datos a partir de distintas fuentes ha sido señalado como una forma de combatir la incertidumbre, aprovechando así las fortalezas de cada uno de los productos utilizados (Verburg et al, 2011). No obstante, no resulta esto especialmente útil para la creación de series temporales LULC y, por ende, tampoco para el estudio de los cambios en la ocupación del suelo.

Finalmente, una de las principales contradicciones entre las distintas fuentes, incluso cuando se utilizan similares leyendas, es la interpretación de categorías similares de forma diferente, como se ha señalado especialmente para el caso de las coberturas forestales (Sexton et al, 2015). Un estudio del significado de cada categoría para cada fuente, así como la utilización de leyendas comunes a cada escala, que garanticen la compatibilidad entre los distintos productos, es otro de los pasos necesarios a realizar en la consecución de fuentes LULC de calidad y comparables entre sí.

Las fuentes LULC para el estudio del cambio de la ocupación del suelo en las áreas de montaña

El estudio del cambio de la ocupación del suelo en las áreas de montaña europeas se encuentra muy ligado al abandono del modo de vida tradicional y las consecuencias paisajísticas de este cambio de modelo económico (Cocca et al, 2012; Houet et al, 2015). El análisis de tales dinámicas territoriales se conecta con la evolución de los usos y coberturas de naturaleza agrícola y artificial. Éstos entran a su vez en relación con las dinámicas de la vegetación natural, que suele retroceder a medida que se produce un avance de los cultivos y el pastoreo, mientras que vuelve a colonizar el territorio cuando los anteriores procesos retroceden y dejan paso a las dinámicas vegetales naturales. De hecho, estudios sobre la dinámica de la vegetación natural para las áreas de montaña entran en relación con estas

dinámicas de origen antrópico (Bolliger et al, 2017).

Los productos globales y continentales, a excepción de CORINE, ofrecen poca resolución en la definición de las clases agrícolas y artificiales, lo que dificulta su uso para este tipo de estudios. De este modo, estos solo pueden ser convenientemente estudiadas a partir de fuentes como el CORINE o SIOSE, en tanto las fuentes de tipo temático tampoco suelen proporcionar especial atención a la cartografía de este tipo de coberturas.

Por tanto, las fuentes a escala global y continental, con ciertas excepciones, tan sólo ofrecen gran utilidad para el estudio de la evolución natural, sin intervención humana, de la vegetación. Tales análisis deben de realizarse a grandes rasgos, puesto que estas fuentes no ofrecen la resolución necesaria como para entrar en consideraciones de detalle. En este sentido, la resolución espacial de muchas de las fuentes analizadas a tales escalas, mayor de 1 km, puede considerarse incompatible con el estudio de gran parte de las dinámicas paisajísticas de los ámbitos montañosos. Las limitaciones físicas que imponen las áreas de montaña impiden la generación de espacios homogéneos con similares características paisajísticas. Al contrario, las áreas de montaña suelen caracterizarse por paisajes heterogéneos, con una tendencia al minifundio en lo que respecta al cultivo, y al poblamiento disperso o en pequeños núcleos. Tal heterogeneidad solo puede ser representada a partir de escalas y resoluciones con cierto detalle.

Para el caso de las categorías forestales, que juegan un papel esencial en la conformación del paisaje de montaña, la mayor parte de los productos obtenidos a partir de técnicas de teledetección incorporan un importante grado de incertidumbre en la definición de estas coberturas. Así, la comparación de varios productos para el mismo área de estudio ha demostrado la existencia de importantes contradicciones entre los diferentes mapas en la definición de estas clases (Sexton et al, 2015). Los mapas de componente temático centrados en el estudio de las coberturas forestales ofrecen una posible solución a este problema, en tanto cuentan con métodos específicos para cartografiar estas clases y proporcionan abundante información sobre su incertidumbre. A escala nacional y regional, estos productos se encuentran respaldados por una ingente labor de campo.

Sin embargo, los productos más ricos en información y que presentan una mayor calidad carecen de serie histórica. Tal es el caso de las distintas ediciones del Mapa Forestal de España o del Mapa de Vegetación de Andalucía. En el caso de los mapas LULC generales, las fuentes de mayor detalle, como el SIOSE, han sido obtenidas recientemente y, si bien prevén su actualización futura, aún cuentan con series históricas cortas, que pueden romperse como consecuencia de los cambios previstos en la futura actualización de estos productos (Delgado Hernández et al, 2017).

El CORINE para el caso europeo (disponible desde 1990) y el MUCVA para el caso autonómico (disponible desde 1956) se pueden considerar al respecto una excepción y, por ende, las fuentes de referencia para el estudio de las dinámicas paisajísticas históricas de los ámbitos de montaña. Sin embargo, incluso en estos casos, existen cambios metodológicos que han producido importantes cambios en la producción de la serie temporal, lo que limita su utilización con tal fin.

2. Conclusiones

Existe un gran número de fuentes para el estudio de los usos y coberturas del suelo en las áreas de montaña europeas y andaluzas. Sin embargo, son pocos los productos que proporcionan una serie histórica consistente que permita estudiar para tales ámbitos los cambios que han ocurrido. Las contradicciones entre los distintos mapas, especialmente en el caso de las clases de vegetación natural, impiden su armonización para lograr una serie temporal larga que ponga solución a este problema.

Las características de las zonas montañosas, por la heterogeneidad de su paisaje, la importancia de la vegetación natural, especialmente la de porte arbóreo, y, en muchas ocasiones, su difícil accesibilidad, introducen problemas específicos en su cartografiado que suelen suponer mayores incertidumbres en los mapas obtenidos para las mismas. De este modo, solo a través de una atención específica al cartografiado de estos ámbitos, teniendo en cuenta sus características y limitaciones, se puede dar una adecuada solución al problema.

Por tanto, pese a la disponibilidad de un gran número de fuentes para el estudio de los usos y coberturas del suelo, aún resulta difícil llevar a cabo un adecuado estudio de los cambios en la ocupación del suelo. Esto es especialmente significativo para el caso de las áreas de montaña europeas, en tanto que los procesos que determinan las actuales dinámicas de cambio en las mismas comenzaron en la segunda mitad del siglo XX. La comprensión de los cambios que entonces se dieron es fundamental para entender las dinámicas actuales de estos ámbitos. En consecuencia, lograr series temporales históricas largas y consistentes, con información de calidad, es aún una tarea pendiente en la que se debe trabajar.

3. Agradecimientos

El presente trabajo se enmarca en el proyecto MINECO I+D BIA2013-43462-P, titulado “SIMULACIONES GEOMÁTICAS PARA MODELIZAR DINÁMICAS AMBIENTALES II. Horizonte 2020” (SIGEOMOD_2020) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER. El primer autor agradece también al Ministerio de Economía y Competitividad y al Fondo Social Europeo por la financiación de su actividad investigadora (Ayudas para contratos predoctorales para la formación de doctores 2014).

Referencias mapas LULC

[1] Hansen, M. C., Defries, R. S., Townshend, J. R. G., y Sohlberg, R. (2000). Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6), 1331–1364.

[2] DeFries, R. S., Hansen, M. C., Townshend, J. R. G., y Sohlberg, R. (1995). Global land cover classification at 8 km spatial resolution: the use of training data derived from Landsat imagery in decision tree classifiers. *Remote Sensing of Environment*, 19(16), 3141–3168.

[3] Defries, R. S., y Townshend, J. R. G. (1994). NDVI-Derived Land Cover Classifications At a Global Scale. *International Journal of Remote Sensing*, 15(17), 3567–3586.

[4] Loveland, T. R., Reed, B. C., Ohlen, D. O., Brown, J. F., Zhu, Z., Yang, L., y Merchant, J. W. (2000). Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6–7), 1303–1330.

[5] CCI, E. (2017). *Land Cover CCI. Product User Guide. Version 2.0*.

[6] Bartholomé, E., y Belward, A. S. (2005). GLC2000: A new approach to global land cover mapping from earth observation data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(9), 1959–1977.

[7] Chen, J., Chen, J., Liao, A., Cao, X., Chen, L., Chen, X., … Mills, J. (2014). Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 103, 7–27.

[8] Yu, L., Wang, J., Li, X., Li, C., Zhao, Y., y Gong, P. (2014). A multi-resolution global land cover dataset through multisource data aggregation. *Science China Earth Sciences*, 57(10), 2317–2329.

[9] Gong, P., Wang, J., Yu, L., Zhao, Y., Zhao, Y., Liang, L., … Chen, J. (2013). Finer resolution observation and monitoring of global land cover: First mapping results with Landsat TM and ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, 34(7), 2607–2654.

[10] See, L., Schepaschenko, D., Lesiv, M., McCallum, I., Fritz, S., Comber, A., … Obersteiner, M. (2015). Building a hybrid land cover map with crowdsourcing and geographically weighted regression. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 103, 48–56.

[11] Friedl, M. A., McIver, D. K., Hodges, J. C. F., Zhang, X. Y., Muchoney, D., Strahler, A. H., … Schaaf, C. (2002). Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results. *Remote Sensing of Environment*, 83(1–2), 287–302.

[12] Friedl, M. A., Sulla-Menashe, D., Tan, B., Schneider, A., Ramankutty, N., Sibley, A., y Huang, X. (2010). MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets. *Remote Sensing of Environment*, 114(1), 168–182.

[13] Tateishi, R., Uriyangqai, B., Al-Bilbisi, H., Ghar, M. A., Tsend-Ayush, J., Kobayashi, T., … Sato, H. P. (2011). Production of global land cover data; GLCNMO. *International Journal of Digital Earth*, 4(1), 22–49.

[14] Tateishi, R., Hoan, N. T., Kobayashi, T., Alsaaideh, B., Tana, G., y Phong, D. X. (2014). Production of Global

Land Cover Data – GLCNMO2008. *Journal of Geography and Geology*, 6(3), 99–122.
[15] Kobayashi, T., Tateishi, R., Alsaaideh, B., Sharma, R. C., Wakaizumi, T., Miyamoto, D., … Phong, D. X. (2017). Production of Global Land Cover Data – GLCNMO2013. *Journal of Geography and Geology*, 9(3), 1.
[16] Bontemps, S., Defourny, P., Van Bogaert, E., Kalogirou, V., y Pérez, J. R. (2011). *GLOBCOVER 2009 Products Description and Validation Report*.
[17] Latham, J., Cumani, R., Rosati, I., y Bloise, M. (2014). *Global Land Cover SHARE (GLC-SHARE) Database Beta-Release Version 1.0-2014*.
[18] Pesaresi, M., Ehrlich, D., Ferri, S., Florczyk, A. J., Freire, S., Halkia, M., … Syrris, V. (2016). *Operating procedure for the production of the Global Human Settlement Layer from Landsat data of the epochs 1975, 1990, 2000, and 2014*.
[19] Smets, B., Van Best, C., y Camacho, F. (2014). Gio *Global Land Component; Lot I " Operation of the Global Land Component ": Product User Manual, Top Of Canopy Reflectance (TOC-R)*.
[20] Sexton, J. O., Song, X. P., Feng, M., Noojipady, P., Anand, A., Huang, C., … Townshend, J. R. G. (2013). Global, 30-m resolution continuous fields of tree cover: Landsat-based rescaling of MODIS vegetation continuous fields with lidar-based estimates of error. *International Journal of Digital Earth*, 6(5), 427–448.
[21] Townshend, J. R. G., Hansen, M. C., Carroll, M., DiMiceli, C., Sohlberg, R., & Huang, C. (2011). *User guide for the MODIS Vegetation Continuous fields product. Collection 5 version 1*.
[22] Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., … Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850–853.
[23] JAXA, y EORC. (2016). *Global 25m Resolution PALSAR-2 / PALSAR Mosaic and Forest / Non-Forest Map (FNF). Dataset Description*.
[24] Shimada, M., Itoh, T., Motooka, T., Watanabe, M., Shiraishi, T., Thapa, R., y Lucas, R. (2014). New global forest/non-forest maps from ALOS PALSAR data (2007-2010). *Remote Sensing of Environment*, 155, 13–31.
[25] European Environment Agency. (2007). *CLC2006 technical guidelines*.
[26] Mücher, C. A. (2000). *PELCOM. Final report*.
[27] European Environment Agency. (2015). *Natura 2000. Product specifications (short version)*.
[28] Langangke, T. (2015). *GIO land (GMES/Copernicus initial operations land) High Resolution Layers (HRLs) – summary of product specifications. GIO land team at the European Environment Agency*.
[29] Ferri, S., Siragusa, A., Sabo, F., Pafi, M., & Halkia, M. (2017). *The European Settlement Map 2017 Release*.
[30] Equipo Técnico Nacional SIOSE. (2015). *Documento Técnico SIOSE 2011*.
[31] Moreira Madueño, J. M. (2007). *Guía técnica del Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo de Andalucía 1:25.000*.
[32] Gil, Y., Romero, D., Ortega, E., Domínguez, M. C., Navas, P., Patiño, M., … Moreira, J. M. (2010). SIOSE Andalucía, experiencia de integración y actualización de bases cartográficas multiescala. En J. Ojeda, M. F. Pita, y I. Vallejo (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos* (pp. 116–134). Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla.
[33] Red de Información Ambiental. (2013). *Guía Técnica SIOSE Andalucía 2013*.

Enlaces de descarga mapas LULC

[a] http://glcf.umd.edu/data/landcover/
[b] https://daac.ornl.gov/ISLSCP_II/guides/edc_landcover_xdeg.html
[c] http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php
[d] http://forobs.jrc.ec.europa.eu/products/glc2000/glc2000.php
[e] http://www.globallandcover.com
[f] http://data.ess.tsinghua.edu.cn/
[g] https://www.geo-wiki.org
[h] http://glcf.umd.edu/data/lc/
[i] https://globalmaps.github.io/glcnmo.html
[j] http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php
[k] https://goo.gl/8p7cXg
[l] http://ghsl.jrc.ec.europa.eu/about.php
[m] http://land.copernicus.eu/global/products/fcover
[n] http://glcf.umd.edu/data/landsatTreecover
[ñ] http://glcf.umd.edu/data/vcf/
[o] https://goo.gl/QHkw3h
[p] https://goo.gl/2Li5cY
[q] http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover
[r] http://www.geo-informatie.nl/projects/pelcom/index.htm
[s] http://land.copernicus.eu/local/natura
[t] http://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers
[u] https://land.copernicus.eu/pan-european/GHSL/european-settlement-map/view
[v] http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/cartografia_informacion_disp.aspx
[w] http://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/directorio_datos_servicios/agricultura/default.aspx (Solo visualizador disponible)
[x] http://www.siose.es/descargar
[y] https://goo.gl/vqfxsn

Referencias bibliográficas

- Aschbacher, J., y Milagro-Pérez, M. P. (2012). The European Earth monitoring (GMES) programme: Status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 120, 3–8.
- Bolliger, J., Schmatz, D., Pazúr, R., Ostapowicz, K., y Psomas, A. (2017). Reconstructing forest-cover change in the Swiss Alps between 1880 and 2010 using ensemble modelling. *Regional Environmental Change*, 17(8), 2265–2277.
- Bontemps, S., Defourny, P., Van Bogaert, E., Kalogirou, V., Pérez, J.R., 2011. *GLOBCOVER 2009 Products Description and Validation Report*.
- Castilla, G., y Hay, G. J. (2007). Uncertainties in land use data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(6), 1857–1868.
- Cocca, G., Sturaro, E., Gallo, L., y Ramanzin, M. (2012). Is the abandonment of traditional livestock farming systems the main driver of mountain landscape change in Alpine areas? *Land Use Policy*, 29(4), 878–886.
- Delgado Hernández, J., Valcárcel Sanz, N., Arozarena Villar, A., Caballero García, E., Porcuna Fernández-Monasterio, A., y López Rodríguez, E. (2017). Sistema de información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE) de Alta Resolución, metodología de integración automática. En L. A. Ruiz, J. Estornell, y M. Erena (Eds.), *Nuevas plataformas y sensores de teledetección. XVII Congreso de la Asociación Española de Teledetección* (pp. 307–310). Murcia.
- Di Gregorio, A., y Jansen, L. J. . J. M. (1998). *Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. Fao*. Rome: FAO.
- European Environment Agency. (1994). *CORINE Land cover*.
- Fassnacht, K. S., Cohen, W. B., y Spies, T. A. (2006). Key issues in making and using satellite-based maps in ecology: A primer. *Forest Ecology and Management*, 222(1–3), 167–181.
- Friedl, M. A., Sulla-Menashe, D., Tan, B., Schneider, A., Ramankutty, N., Sibley, A., y Huang, X. (2010). MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets. *Remote Sensing of Environment*, 114(1), 168–182.
- García-Álvarez, D., y Camacho Olmedo, M. T. (2017). Changes in the methodology used in the production of the Spanish CORINE: Uncertainty analysis of the new maps. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 63, 55–67.
- Gil, Y., Romero, D., Ortega, E., Domínguez, M. C., Navas, P., Patiño, M., … Moreira, J. M. (2010). SIOSE Andalucía, experiencia de integración y actualización de bases cartográficas multiescala. En J. Ojeda, M. F. Pita, & I. Vallejo (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos* (pp. 116–134). Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Giri, C., Zhu, Z., y Reed, B. (2005). A comparative analysis of the Global Land Cover 2000 and MODIS land cover data sets. *Remote Sensing of Environment*, 94(1), 123–132.
- Herold, M., Mayaux, P., Woodcock, C. E., Baccini, A., y Schmullius, C. (2008). Some challenges in global land cover mapping: An assessment of agreement and accuracy in existing 1km datasets. *Remote Sensing of Environment*, 112(5), 2538–2556.
- Houet, T., Vacquié, L., y Sheeren, D. (2015). Evaluating the spatial uncertainty of future land abandonment in a mountain valley (Vicdessos, Pyrenees; France): Insights from model parameterization and experiments. *Journal of Mountain Science*, 12(5), 1095–1112.
- Kleeschulte, S., Banko, G., Smith, G., Arnold, S., Scholz, J., Kosztra, B., y Maucha, G. (2017). *Technical specifications for implementation of a new land-monitoring concept based on EAGLE*.
- Kuemmerle, T., Erb, K., Meyfroidt, P., Müller, D., Verburg, P. H., Estel, S., … Reenberg, A. (2013). Challenges and opportunities in mapping land use intensity globally. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(5), 484–493.
- Langangke, T. (2015). *GIO land (GMES/Copernicus initial operations land) High Resolution Layers (HRLs) – summary of product specifications. GIO land team at the European Environment Agency*.
- Mücher, C. A. (2000). *PELCOM. Final report*.
- Pérez-Hoyos, A., Rembold, F., Kerdiles, H., y Gallego, J. (2017). Comparison of Global Land Cover Datasets for Cropland Monitoring. *Remote Sensing*, 9(11), 1118.
- Pontius Jr., R. G., y Lippitt, C. D. (2006). Can Error Explain Map Differences Over Time? *Cartography and Geographic Information Science*, 33(2), 159–171.
- Red de Información Ambiental. (2013). *Guía Técnica SIOSE Andalucía 2013*.
- Sexton, J. O., Noojipady, P., Song, X.-P., Feng, M., Song, D.-X., Kim, D.-H., … Townshend, J. R. (2015). Conservation policy and the measurement of forests. *Nature Climate Change*, 6(October), 1–6.
- Valcárcel Sanz, N., y Castaño Fernández, S. (2012). *Cartografía de ocupación del suelo en España. Proyecto SIOSE*. (N. Valcárcel Sanz y S. Castaño Fernández, Eds.). Madrid: CNIG.
- Verburg, P. H., Neumann, K., y Nol, L. (2011). Challenges in using land use and land cover data for global change studies. *Global Change Biology*, 17(2), 974–989.
- Yang, Z., Dong, J., Liu, J., Zhai, J., Kuang, W., Zhao, G., … Xiao, and X. (2017). Accuracy Assessment and Inter-Comparison of Eight Medium Resolution Forest Products on the Loess Plateau, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(5), 152.

TAXUS BACCATA EN SIERRA ARANA (PROVINCIA DE GRANADA). ANÁLISIS DE UNA POBLACIÓN EN PELIGRO CRÍTICO DE EXTINCIÓN

JOSÉ ANTONIO OLMEDO-COBO; JOSÉ GÓMEZ-ZOTANO
jaolmedo@ugr.es, jgzotano@ugr.es
Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad de Granada

RESUMEN

En esta investigación se analiza la población mediterránea relicta, amenazada y poco conocida de tejo (Taxus baccata) de Sierra Arana (cordillera Bética, sur de la península ibérica). El objetivo prioritario es conocer las condiciones en las que se desarrolla la especie y su capacidad de preservación en el futuro. Mediante el trabajo de campo, se han identificado los distintos núcleos que componen la población, se han analizado su estructura demográfica, sus nichos ecológicos y el estado de conservación de la especie y de sus hábitats. Esta información ha permitido elaborar un mapa corológico de su distribución en el macizo y establecer una propuesta para su conservación basada en la protección de los ejemplares existentes y en la regeneración por reforestación de sus nichos ecológicos. Se concluye que Taxus baccata en Sierra Arana se encuentra en peligro crítico de extinción a consecuencia de sus escasas posibilidades naturales de regeneración y expansión.

Palabras clave: Taxus baccata, Sierra Arana, carácter relicto, peligro de extinción, reforestación.

ABSTRACT

The endangered and little known relict Mediterranean population of yew (Taxus baccata) of Sierra Arana (Betic Cordillera, south Spain) is analyzed in this research. The priority objective is to know under what conditions the species develops and the possibilities for its future preservation. Through fieldwork, it have been identified the several cores which integrate the population, and it have been analyzed their demographic structure, ecological niches and the conservation status of the species and of its habitats. This information has allowed to elaborate a chorological map of yew distribution in the massif and to establish a proposal for the conservation of the species based on the protection of existing specimens and on the regeneration by reforestation of its ecological niches. It is concluded that Taxus baccata in Sierra Arana survive in a critically endangered status due to its little chance of natural regeneration and expansion.

Keywords: Taxus baccata, Sierra Arana, carácter relicto, peligro de extinción, reforestación.

1. Introducción

El tejo, *Taxus baccata* L., es una especie de amplia distribución geográfica en Europa, donde, como único representante de la familia Taxaceae, se desarrolla desde el Norte del continente –Escandinavia–, al Este –región del Mar Caspio y Turquía– y Sur –Grecia y península ibérica–, apareciendo además localmente en Marruecos y Argelia– (Vidakovic, 1991; Thomas y Polwart, 2003; Charco, 2006), y de manera casi testimonial en los archipiélagos macaronésicos de Azores y Madeira, donde está al borde de la desaparición (Thomas y Polwart, 2003). Esta extensa área corológica contrasta, sin embargo, con la importante fragmentación que presentan muchas de sus poblaciones, integradas comúnmente por un bajo número de individuos, lo que hay que relacionar en primer lugar con las fluctuaciones climáticas históricas que desde el último máximo glaciar han supuesto el desarrollo de periodos de condiciones ambientales en mayor o menor medida favorables para la especie. En segundo lugar, esta discontinuidad territorial de las poblaciones de tejo se ha visto

agravada debido a la explotación antrópica a la que se ha sometido a la especie y sus hábitats forestales, lo que ha motivado asimismo la reducción del bajo número de individuos que ya de por sí componían la mayor parte de los núcleos originales; básicamente, ha sido durante el Neolítico reciente y en tiempos históricos cuando esta intervención humana sobre el tejo ha sido más intensa, hasta el punto de que se considera uno de los árboles afectados más negativamente por la intervención humana (Svenning y Magard, 1999). Como resultado, durante todo el Holoceno las poblaciones de tejo han sufrido un neto retroceso en el seno de los bosques oceánicos templados de los que el tejo formaba parte, hecho especialmente notable hacia el sur de su área corológica.

Las condiciones ambientales holocenas han propiciado el paulatino retroceso de los bosques eurosiberianos (hayedos, robledales y abetales), asentados en las zonas de montaña mediterránea más frescas y húmedas, de los que el tejo comúnmente ha formado parte, lo que a su vez ha ido acompañado de una importante expansión de las formaciones esclerófilas (Ruiz-Labourdette, Nogués-Bravo, Ollero, Schmitz y Pineda, 2012). En este contexto, la regresión y rareza del tejo ha sido particularmente notable en la Cuenca Mediterránea, donde la especie acusa una fuerte vulnerabilidad climática respecto a sequías prolongadas y altas temperaturas estivales, siendo el déficit de agua el factor que dirige en estos ambientes su extensión geográfica (Sanz, Pulido y Nogués-Bravo, 2009), quedando relegado, en consecuencia, a cotas progresivamente más elevadas de las principales cordilleras (García, Zamora, Hódar, Gómez y Castro, 2000; Thomas y Polwart, 2003). En estos enclaves se conservan teselas relictas de tejedas eurosiberianas que ocupan nichos ecológicos herencia de los de sus ancestros (Nogués-Bravo, 2009).

En este contexto biogeográfico, de entre los ambientes mediterráneos ibéricos donde *T. baccata* se desarrolla en la actualidad es en la cordillera Bética (sur de la península ibérica) donde la especie se encuentra más amenazada en relación con su distribución finícola meridional. Tal es su estatus de especie amenazada, que se considera un elemento holártico relicto en peligro inminente de extinción (Pérez Latorre, Galán de Mera, Carrión y Cabezudo, 2001; Navarro y Pulido, 2003; Cabezudo, Pérez-Latorre, Casimiro-Soriguer, Pavón y Hidalgo, 2011), estando protegido, por ejemplo, en el territorio de Andalucía (Decreto 104/94, de 10 de mayo, Anexo II de la Ley 8/2003, de la Flora y Fauna Silvestres de Andalucía, de 28 de octubre; Catálogo Andaluz de Especies de la Flora Silvestre Amenazada). En las montañas béticas, el tejo forma parte de comunidades de gimnospermas que ocupan posiciones ecológicas marginales respecto a las formaciones climácicas dominadas por las fagáceas más representativas (*Quercus rotundifolia* Lam., *Q. suber* L., *Q. faginea* Lam., *Q. canariensis* Willd. y *Q. pyrenaica* Willd.) (Pérez Latorre, Galán de Mera y Cabezudo, 1999). La dinámica y evolución reciente de estas formaciones de gimnospermas es regresiva, apareciendo con una amplia aunque muy discontinua distribución en la Bética (Valle, Mota y Gómez-Mercado, 1988, Regato, Gamisans y Gruber, 1995; Torres, Cano y García-Fuentes, 1996). Dicho retraimiento obedece tanto a razones climáticas como, y sobre todo, a una intensiva explotación antrópica de los bosques –una masiva y secular deforestación–.

En este contexto geohistórico, *T. baccata* ha encontrado refugio en enclaves poco accesibles, que en la cordillera Bética, y tal y como se desprende de la abundante bibliografía existente –recogida, por ejemplo, entre otras en las obras de Serra (2007), Caritat (2008) y Centro de Desarrollo Rural de la Axarquía (2008)–, se corresponden con los núcleos montañosos de las sierra de las Nieves, de Tejeda, Almijara, Nevada y su entorno, Mágina, de Valdepeñas, de la Pandera, de Baza, de Cazorla, de Segura, de Castril, de la Sagra, de Alcaraz, de Mariola, de Aitana y de Tramontana. Se trata por lo general de hábitats subrupícolas, y siempre en emplazamientos con orientación norte o cerca de arroyos de montaña donde la especie puede soportar las adversas condiciones estivales mediterráneas. En algunos de estos refugios biogeográficos, las poblaciones de tejo en peligro de extinción se encuentran en un estado crítico, tal y como sucede en el macizo subbético de Sierra Arana (centro de la provincia de Granada), donde su amenazado estatus pasa desapercibido dada la escasez de pies adultos bien conservados y su emplazamiento en un enclaves de media-alta montaña poco accesible.

En este caso, como hipótesis de partida, se considera que el degradado estado de conservación de la especie en el macizo apunta, a priori, a una situación cercana a su extinción dado que las condiciones ecológicas de los microhábitats donde se refugia y las características demográficas de este tipo de poblaciones relictas dificultan su regeneración y expansión de manera natural.

La componente vegetal de Sierra Arana no ha sido una cuestión muy desarrollada por la Ciencia, a diferencia de lo que ha sucedido con los análisis de tipo geológico y prehistórico, pues sólo cabe citar el estudio florístico y fitosociológico del macizo realizado por Socorro (1977) y nuevas aportaciones a su flora presentadas por Fuentes (2014), si bien la presencia de *T. baccata* en el macizo ha sido citada por distintos autores como Morales (1992), Costa (2006), Serra y García (2008), Lora (2008), Molero (2008) y Olmedo-Cobo y Gómez-Zotano (2014), y queda reflejada asimismo en el Mapa Forestal de España escala 1:200.000 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1991). Este conocimiento parcial, sin embargo, no ha supuesto hasta el momento un estudio exhaustivo de su significación ecológica, de su estado de conservación y de las necesidades de conservación-repoblación para asegurar la persistencia de la especie en el futuro. Es por ello por lo que, para favorecer el desarrollo de una estrategia para la conservación de *T. baccata* en Sierra Arana, en esta investigación se lleva a cabo un análisis fitogeográfico con los siguientes objetivos: (i) la localización de la totalidad de los tejos existentes en Sierra Arana; (ii) la representación cartográfica de su areal corológico actual; (iii) el estudio de la estructura demográfica y del estado de conservación de los distintos núcleos poblacionales identificados; y (iv) la caracterización de sus hábitats y la identificación de los nichos ecológicos de los que forma parte la especie. Con la información obtenida, se plantean una de una serie de medidas, como propuesta de actuación, encaminadas a la regeneración y protección de *T. baccata* y sus nichos ecológicos. En este sentido, cabe resaltar que en otros macizos béticos, de características ecológicas similares a las de Sierra Arana, ciertas experiencias conservacionistas basadas en actuaciones de protección y reforestación han tenido éxito en la recuperación de la especie y de sus hábitats. Por tanto, se cree posible también la regeneración de las poblaciones de *T. baccata* en Sierra Arana mediante el establecimiento de una estrategia adecuada encaminada a la conservación de sus hábitats que permita la consolidación de los nichos ecológicos que ocupa la especie.

Esta información constituye una herramienta valiosa para la gestión de este tipo de especies amenazadas relictas tanto a escala local como en el conjunto de los ecosistemas vegetales más amenazados de las regiones mediterráneas ibéricas. Esta es una cuestión especialmente relevante ante el peligro que representan los procesos de cambio ambiental, ya que la Cuenca del Mediterráneo se ha identificado como una de las áreas más vulnerables (Giorgi, 2006), estando especialmente en peligro la región mediterránea europea –a la que pertenece la zona de estudio– al situarse en el área de transición entre el clima árido del Norte de África y el clima templado y húmedo del Centro de Europa (Ruiz-Labourdette et al., 2012).

2. Metodología y área de estudio

Para la consecución de los objetivos que persigue esta investigación, y ante la ausencia de fuentes bibliográficas de referencia y la escasa información disponible de *T. baccata* en Sierra Arana, el trabajo de campo ha sido el principal procedimiento metodológico. En primer lugar, se realizó una serie de itinerarios para el barrido sistemático del área de estudio con el objeto de alcanzar la identificación y localización de todos los ejemplares de *T. baccata* existentes, así como para la caracterización fitogeográfica de los micro-ambientes donde la especie queda refugiada. Esta fase del método conllevó además la realización de encuestas orales sobre los usos y aprovechamientos tradicionales del tejo en la zona.

Una vez localizados todos individuos de *T. baccata,* se procedió a su diferenciación por género mediante el reconocimiento, en campo, de los arilos femeninos en otoño y de los conos masculinos en primavera. Esta información permitió establecer la razón de sexo de

cada núcleo poblacional detectado (% del número de individuos femeninos –productores de semillas– respecto al total de ejemplares). Finalmente, la caracterización de la estructura demográfica de la especie se completó con la estimación de la edad del arbolado, para lo cual, a partir de los parámetros de crecimiento medio anual establecidos por Hulme (1996) y Burgarella et al. (2010), se realizaron las correspondientes mediciones del diámetro basal de los troncos de cada individuo.

Por último, la caracterización de los tipos de hábitats conllevó un estudio mesológico de campo detallado, atendiendo a los siguientes parámetros: litología-roquedo, pendiente, relieve, suelos, altitud y orientación. Las principales fuentes de apoyo utilizadas fueron el Mapa Geológico de España (1:50.000), los Mapas de Suelos del Proyecto Lucdeme (1:100.000) y el Mapa Digital de Suelos de la provincia de Granada de Oyonarte, Pérez-Pujalte, Aranda y Pérez-López (2006). En la identificación de los nichos ecológicos se utilizó una metodología biogeográfica y fitosociológica integrada consistente en el análisis del paisaje vegetal, el bioclima y la biogeografía (Alcaraz, 1996), mientras que para el reconocimiento y comprobación de la vegetación y flora se consultaron las obras de Socorro (1977), Valle (2003), Castroviejo (2010) y Blanca, Cabezudo, Cueto, Morales y Salazar (2011). Como colofón al trabajo de campo, la información colectada permitió, a partir de la georreferenciación de los ejemplares existentes, se elaborar un mapa corológico de la especie en el macizo mediante SIG (ArcGis 10.1).

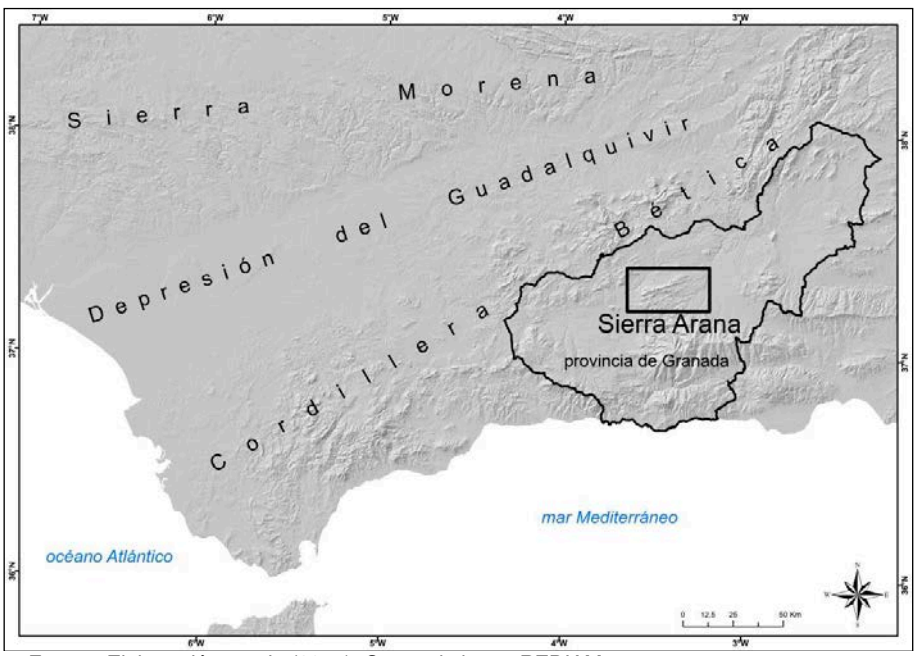
El macizo de Sierra Arana se localiza en el centro de la cordillera Bética (sur de la península ibérica), ocupando igualmente una posición medular en la provincia de Granada (figura 1). Con una extensión aproximada de 180 km², se trata de una zona de media montaña que culmina en la Peña de la Cruz, a 2.027 metros de altitud. Se trata de una unidad estructural que forma parte del sector Subbético de las Zonas Externas de la Bética. De litología básicamente calizo-dolomítica, su modelado es eminentemente kárstico, con frecuentes dolinas, lapiaces, microlapiaces, mesas de travertinos, cañones fluvio-kársticos, simas y cuevas. Los tipos edáficos predominantes son litosoles calcáreos escasamente evolucionados, solo algo más desarrollados en las depresiones de disolución kárstica. El clima de Sierra Arana es típicamente mediterráneo de montaña, con una pluviometría en torno a 800 mm/año en la parte inferior del macizo según datos de la Agencia Estatal de Meteorología (Huétor Santillán “El Molinillo”, 793 mm a 1.200 msnm) y estimada de cerca cercana a 1.000 mm en el tercio superior, con un régimen de precipitaciones que presenta un máximo otoño-invernal que decae hacia la primavera, destacando notable sequedad del trimestre estival (<100 mm entre mediados de junio y mediados de septiembre); las temperaturas medias anuales se estiman en 5,5ºC para la zona de cumbres a partir de lo que establece Olmedo-Cobo (2011) para la cercana Sierra de Baza, y de 13,5 ºC en la zona basal (1.100 msnm) a partir de los datos propios disponibles para la localidad de Huétor-Santillán, (1.060 msnm).

Bajo estas condiciones climáticas, y dentro de los umbrales bioclimáticos establecidos para la región Mediterránea por Rivas-Martínez y Loidi (1999) y Rivas-Martínez (2008), se puede considerar que el macizo queda comprendido en su mayor parte dentro del piso bioclimático supramediterráneo subhúmedo, si bien la zona basal (1.000-1.200 msnm) presenta condiciones mesomediterráneas subhúmedas y en parte del tercio superior (>1.700 msnm) aparece por cuestiones topográficas el piso oromediterráneo subhúmedo-húmedo en las cumbres y umbrías más acentuadas.

En cuanto a la componente vegetal de Sierra Arana, su configuración como macizo relativamente aislado y rodeado de tierras llanas por el Oeste, Este y Norte, dado que el relieve montañoso sólo tiene continuidad relativa hacia el Sur, lo convierte en una isla biogeográfica de notable fitodiversidad y en un destacado centro de especiación de flora. De acuerdo con Rivas-Martínez (2011), Sierra Arana y los territorios montañosos adyacentes (sierras de Huétor, de la Alfaguara y cuenca del río Aguas Blancas) constituyen un área de fuerte personalidad biogeográfica que integra el distrito Alfacarino del sector biogeográfico Granadino-Almijarense, perteneciente a la provincia Bética (región Mediterránea, reino

Holártico). En este contexto, partiendo de la revisión de lo establecido por Socorro (1977) a partir de las principales obras de referencia sobre sintaxonomía, series de vegetación y asociaciones vegetales de Rivas-Martínez, Asensi, Díez-Garretas, Molero y Valle (1997), Valle (2003) y Rivas-Martínez (2008, 2011), en la actualidad *T. baccata* en Sierra Arana se considera que forma parte de una orla preforestal sustitutiva de un bosque potencial de carácter caduco-marcescente de quejigos y arces, escasamente conservado en el macizo en la actualidad, perteneciente a la asociación vegetal *Daphno latifoliae-Aceretum*, que constituye el clímax de la serie de vegetación del mismo nombre, *Daphno latifoliae-Acereto granatensis,* definida como la serie temporihigrófila, bética, calcícola, supramediterránea subhúmedo-húmeda de los bosques de *Acer opalus* Mill. sp. *granatense* (Boiss.) Font Quer y Rothm. con *Daphne laureola* (Rivas-Martínez, 2011).

FIGURA 1
Localización del área del estudio en el sur de la península ibérica y en la provincia de Granada



Fuente: Elaboración propia (2017). Capas de base: REDIAM

Esta riqueza y otros valores de tipo faunístico y geomorfológico han propiciado la inclusión de Sierra Arana en la Red Natura 2000 como Lugar de Interés Comunitario –LIC– y Zona de Especial Protección para las Aves –ZEPA–, quedando parte de su territorio incluido en el Parque Natural de la Sierra de Huétor.

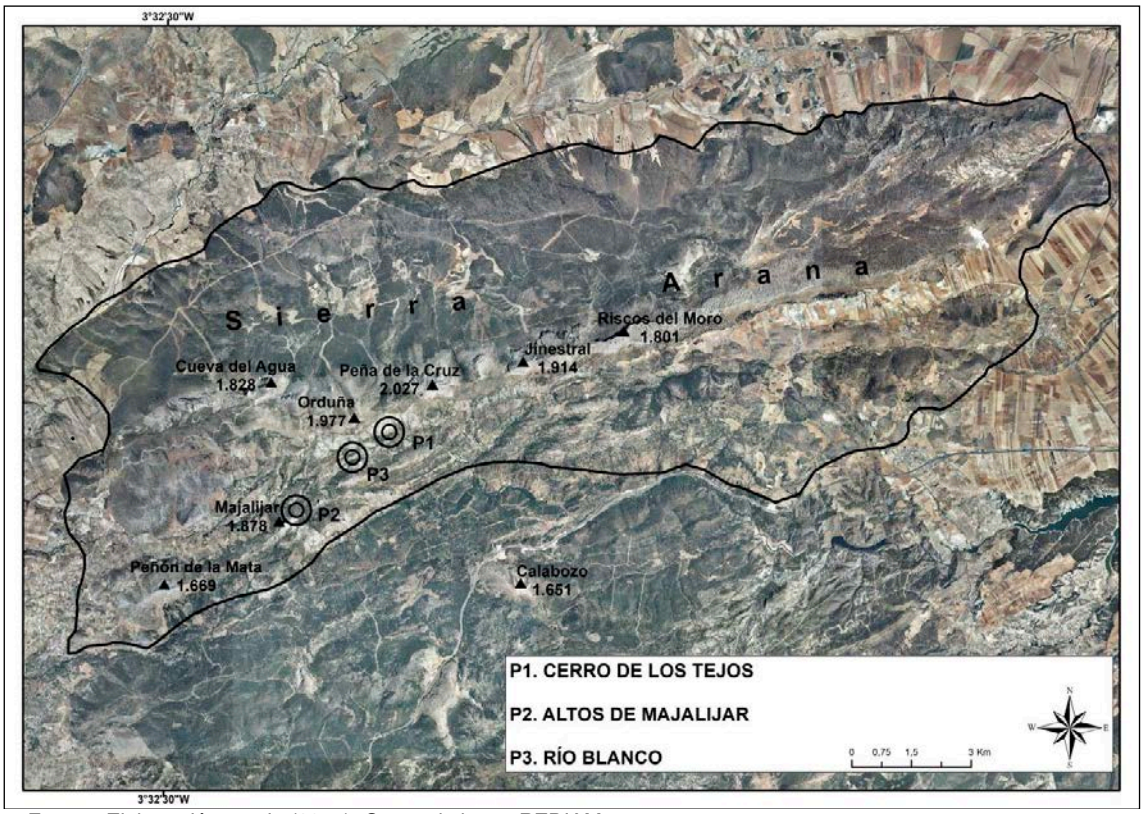
3. Resultados y discusión

3.1. Poblaciones identificadas. Caracterización de los hábitats y nichos ecológicos

El meticuloso trabajo de campo llevado a cabo ha permitido la localización de un total de 24 ejemplares de *T. baccata* en Sierra Arana, distribuidos en tres núcleos poblacionales (figura 2, P1, P2 y P3), todos ellos ubicados en el suroeste del macizo a altitudes comprendidas entre 1.600 y 1.850 msnm (bajo condiciones supramediterráneas subhúmedo-húmedas, localmente de transición al piso oromediterráneo húmedo) (tabla 1). Se trata de enclaves en los que la conjunción de topografía, exposición-orientación y altitud determinan la existencia de unas particulares condiciones microclimáticas marcadas por temperaturas estivales atemperadas, índices de humedad ambiental elevados buena parte del año y, como consecuencia de los notables registros pluviométricos, reserva de humedad edáfica estival suficiente para afrontar la sequedad del periodo julio-septiembre. En estas tres localidades,

el nicho ecológico, es decir, la función concreta que desempeña *T. baccata* dentro del ecosistema vegetal en el que se inserta, es, si no idéntico, sí muy similar. La especie forma parte de la facies caduco-espinosa preforestal que sustituye a la degradada clímax de bosque caduco-marcescente de quejigos y arces, la cual sólo se conserva en rodales poco extensos y altamente desestructurados en el piso supramediterráneo subhúmedo del macizo.

FIGURA 2
Localización espacial de los núcleos poblacionales de *Taxus baccata* en Sierra Arana



Fuente: Elaboración propia (2017). Capas de base: REDIAM

TABLA 1
Datos geográficos de las poblaciones de *Taxus baccata* en Sierra Arana

Núcleo	Superficie (ha)	Altitud (msnm)	UTM 10x10	Nº Individuos	Término Municipal	Parque Natural	Núcleo
P 1	3	1.650-1.700	30 SVG53	16	Huétor Santillán	Sí	P 1
P 2	10	1.720-1.840	30SVG52	7	Huétor Santillán-Cogollos de la Vega	Parcialmente	P 2
P 3	0,01	1.640	30 SVG53	1	Cogollos de la Vega	No	P 3

Fuente: Elaboración propia (2017).

La población principal tanto por el número de individuos que la componen –16 ejemplares– como por el estado de conservación que presentan los árboles se localiza en el paraje denominado “Cerro de los Tejos”, a lo largo de una superficie aproximada de 3 hectáreas y a altitudes de entre 1.650 y los 1.718 msnm. Se trata de un hábitat correspondiente a una ladera de pendientes medias o acusadas en orientación norte, donde *T. baccata* aparece de manera dispersa sobre litosoles calcáreos y regosoles litosólicos que, solo fruto de la disolución de los carbonatos, se transforman localmente en cambisoles cálcicos más evolucionados. Los ejemplares situados en cotas más elevadas se enraízan directamente

en las grietas de la cúspide rocosa con la que culmina la ladera (figura 3, arriba), cuya arista cimera alcanza los 1.838 msnm, hecho que refleja el carácter subrupícola de la especie.

La segunda población en importancia se localiza en los "Altos de Majalijar" (figura 3, abajo izquierda), donde se han reconocido 7 ejemplares dispersos a entre a entre 1.720 y 1.840 msnm lo largo de unas 10 hectáreas en la vertiente norte del pico Majalijar (1.878 msnm). Se trata, como en el caso anterior, de una umbría de notables pendientes y suelo muy rocoso, donde los árboles en su mayoría crecen sobre litosoles calcáreos enraizando en las grietas del roquedo sometido al relieve kárstico. En ambos casos se trata de microambientes muy protegidos y poco expuestoa tanto a la insolación como al embate directo de los vientos dominantes –de oeste-suroeste–, aunque sí abiertos a las rigurosas, aunque irregulares, "nortadas" invernales.

Por último, la tercera población, integrada por un único individuo (figura 3, abajo derecha), se localiza en el borde de un arroyo conocido como "Río Blanco", a 1.640 msnm, habiéndose establecido su área en torno al ejemplar en cuestión (unos 100 m²). Se trata de una localidad en orientación sur, con escasa pendiente, que corresponde en el fondo de un pequeño valle que se desarrolla en dirección norte-sur, por el que discurre el arroyo, entre los cerros de los Tejos (1.838 msnm) y de las Víboras (1.824 msnm). El único ejemplar de *T. baccata* de la localidad se asienta sobre una estrecha franja de cambisol cálcico en contacto directo con los litosoles y arenosoles dolomíticos de las laderas inmediatas. Es un enclave más abierto que los anteriores, que queda adecuadamente protegido hacia el oeste y el este, mientras que su propia topografía deprimida favorece fenómenos de inversión térmica desencadenantes, a su vez, de intensas heladas, que en caso de presentarse bien entrada la primavera pueden llegar a ser lesivas para *T. baccata*. En contrapartida, el cercano nivel freático del arroyo Blanco supone una notable corrección de la desecación asociada a la orientación sur de este enclave, lo que resulta particularmente importante en verano.

El nicho ecológico de las poblaciones de Cerro del Tejo y Altos de Majalijar es prácticamente idéntico. *T. baccata* forma parte de una facies caduco-espinosa de prebosque arbustivo-arborescente perteneciente a la asociación *Lonicero splendidae-Berberidetum hispanicae*, como primer estadio reconocible en la actualidad del potencial bosque caduco-marcescente, al cual sustituye en la práctica totalidad del macizo (este quejigal-aceral solo se conserva en la vertiente sur del pico Majalijar entre 1.400 y 1.700 msnm). Este estrato de prebosque presenta una variable densidad vegetal –mayor en el Cerro de los Tejos–, con el predominio de taxones como *Prunus mahaleb* L., *Crataegus granatensis* Boiss., *Crataegus monogyna* Jacq., *Lonicera arborea* Boiss., *Amelanchier ovalis* Medik., *Berberis hispanica* Boiss. y Reut., *Rosa pimpinellifolia* L., *Rosa canina* L., *Rosa pouzinii* Tratt. y *Rosa sicula* Tratt., siendo algo menos frecuentes otras especies como *Lonicera etrusca* Santi, *Lonicera splendida* Boiss., *Cotoneaster granatensis* Boiss. y *Prunus ramburii* Boiss. Algunos de estos arbustos y arbolillo caducos presentan una excepcional regeneración, fundamentalmente *L. arborea, P. mahaleb* y *A. ovalis*. Asimismo, se conservan de forma residual taxones arbóreos integrantes de la facies climácica, como *Q. faginea, Acer monspessulanus y Sorbus aria* (L.) Crantz, si bien estas especies son mucho más puntuales en los Altos de Majalijar dada la mayor altitud de esta localidad. Precisamente, el factor altitud y la orientación favorecen el refugio de elementos orófilos de tipo rastrero en ambas localidades, que indican las condiciones microclimáticas tan particulares de estos ambientes, como la sabina rastrera (*Juniperus sabina* L.), el enebro rastrero (*Juniperus communis* L. ssp. *hemisphaerica* (K. Presl) Nyman) y el torvisco moruno (*Daphne oleoides* Schreb).

En Río Blanco, el desarrollo de este estrato preforestal es divergente en cierta medida a los casos anteriores, en tanto que el único ejemplar de *T. baccata* localizado aparece en lo que se puede considerar el ecotono entre el teórico bosque caduco-marcescente y una estrecha

franja de vegetación de ribera que bordea el arroyo. De este modo, además de taxones propios de la orla preforestal del bosque, como *C. granatensis, C. monogyna, B. hispanica, R. pimpinellifolia, R. canina, R. pouzinii, R. sicula, A. ovalis* y *L. etrusca*, aparecen otros claramente atribuibles a una potencial sauceda edafohigrófila –altamente desestructurada en la actualidad–, como *Salix atrocinerea* Brot., *Rubus ulmifolius* Schott., *Juncus inflexus* L. y *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó. Dicha formación ripícola se puede atribuir a las saucedas béticas basófilas de *Salicetum discoloro-angustifoliae* Rivas-Martínez *ex* G. López 1976 *corr.* Alcaraz *et al.* 1991 y *Crataego granatensis-Salicetum neotrichae* Díez-Garretas, Asensi y Molero en Rivas-Martínez (2011).

FIGURA 3
Panorámicas de las tres localidades donde se han localizado *Taxus baccata* en Sierra Arana: Cerro de los Tejos (arriba), Altos del Majalijar (abajo izquierda) y Río Blanco (abajo derecha)

Fuente: Elaboración propia (2017).

3.2. Estructura demográfica y estado de conservación

La población principal (Cerro de los Tejos) (figura 4, arriba) está formada por 16 ejemplares, 10 de los cuales son árboles adultos o de edad media y 6 corresponden a individuos juveniles aunque en ningún caso se trata de plántulas (tabla 2). A los ejemplares más longevos, de portes de entre 4 y 8 m de altura y cuyos diámetros basales de tronco oscilan entre 0,34 y 0,66 m, se les atribuye un rango de edad aproximada de 118 a 230 años según la razón de crecimiento de 2,86 mm por año establecida por Burgarella et al. (2010) o bien de 340 a 660 años según la tasa de incremento diametral de 1 mm/año señalada por Hulme (1996). La complicada estructura de los troncos en algunos individuos, muy ramificada a pocos centímetros por encima del suelo, dificulta en determinados casos la medida exacta de los diámetros (al igual que sucede en Altos de Majalijar). Los individuos más jóvenes tienen portes de 1,5 a 3,5 m, con diámetros de tronco de 0,05 a 0,1 m, lo que les otorga edades aproximadas de 19 a 35 años (2,86 mm por año) o de 55 a 100

años (1 mm por año). Se logró identificar el sexo de todos los ejemplares de este núcleo excepto para un individuo juvenil cuyo denigrado estado lo ha impedido. Una razón de sexo de 13,3% denota el elevado desequilibrio existente entre individuos femeninos (2) y masculinos (13).

De los 7 ejemplares que componen la población de Altos de Majalijar, 4 corresponden a árboles adultos, mientras que los restantes son más jóvenes, aunque no de pocos años y, al igual que en el caso anterior, no se observó plántula alguna (tabla 2). Los primeros presentan tallas de 5 a 9 m (figura 4, abajo izquierda), con diámetros basales de tronco de entre 0,26 y 0,64 m, y, por tanto, con edades estimadas comprendidas entre 91 y 237 años y 260 y 640 años respectivamente según los dos ratios de crecimiento considerados. Los más jóvenes, por su parte, alcanzan 2,5-3 m de altura, con diámetros de tronco de 0,08 a 0,11 m, es decir, su longevidad es inferior a 40 años (2,86 mm por año) o queda en torno a los 80-110 años (1 mm por año). En este caso, existe mayor equilibrio entre géneros, siendo la razón de sexo de 50%, con tres árboles femeninos, incluyendo dos de los ejemplares de mayor porte, y tres masculinos, además de un pie cuyo degradado estado impidió la determinación de su sexo.

El único ejemplar que compone el núcleo de Río Blanco es un árbol masculino adulto (razón sexual de 0) (figura 4, abajo derecha), de 7 m de altura y un diámetro de tronco de 0,56 m, lo que representa una edad aproximada, por tanto, de 196 o 565 años (tabla 2).

TABLA 2
Estructura demográfica de *Taxus baccata* en los tres núcleos localizados en Sierra Arana

Núcleo-Individuo	Talla (m)	Diámetro tronco (m)	Edad estimada (años)	Sexo	Estado de conservación
P 1-1	5	0,38	135 – 385	Masculino	Óptimo
P 1-2	3	0,1	35 – 100	Masculino	Regular
P 1-3	1,5	0,07	26 – 75	Indeterminado	Malo
P 1-4	6	0,42	147 – 420	Masculino	Óptimo
P 1-5	2	0,05	19 – 55	Masculino	Óptimo
P 1-6	8	0,66	230 – 660	Masculino	Regular
P 1-7	4,5	0,49	173 – 495	Femenino	Óptimo
P 1-8	2,8	0,08	29 – 85	Femenino	Regular
P 1-9	8	0,61	213 – 610	Masculino	Regular
P 1-10	6	0,47	166 – 475	Masculino	Óptimo
P 1-11	5	0,38	134 – 385	Masculino	Óptimo
P 1-12	1,8	0,07	26 – 75	Masculino	Regular
P 1-13	4,5	0,34	118 – 340	Masculino	Regular
P 1-14	2	0,09	31 – 90	Masculino	Regular
P 1-15	5	0,37	129 – 370	Masculino	Regular
P 1-16	5	0,44	154 – 440	Masculino	Regular
P 2-1	5	0,26	91 – 260	Masculino	Óptimo
P 2-2	9	0,64	237 – 640	Masculino	Óptimo
P 2-3	2,5	0,11	38 – 110	Masculino	Regular
P 2-4	2	0,08	28 – 80	Indeterminado	Malo
P 2-5	7	0,57	201 – 575	Femenino	Óptimo
P 2-6	8	0,61	213 – 610	Femenino	Óptimo
P 2-7	2,5	0,11	38 – 110	Femenino	Regular
P 3-1	7	0,56	196; 565	Masculino	Óptimo

Fuente: Elaboración propia (2017).

Por tanto, las tres poblaciones, tanto si se consideran por separado como en conjunto, presentan unas características demográficas –bajo número de individuos, notable desequilibrio sexual, predominio de ejemplares viejos y escasez de elementos jóvenes sin plántula alguna– que no solo definen una escasa capacidad de regeneración y, por tanto, de expansión de manera natural de la especie, sino su previsible extinción a medio plazo a pesar de su refugio en micro-ambientes que mantienen condiciones favorables para el desarrollo del tejo. A ello hay que añadir que los ejemplares identificados, en función de las estimaciones de edades realizadas, parecen ser herencia de antiguas tejedas o, al menos,

de bosques caduco-marcescentes de tipo húmedo cuyo retroceso ha sido generalizado en época reciente bajo condiciones ambientales mediterráneas.

Aunque a este tipo de bosques corresponde la vegetación potencial de buena parte de la mitad superior de Sierra Arana, su desarrollo en la actualidad es muy puntual, lo que sin duda hay que relacionar con el secular manejo de la montaña por parte del ser humano; este hecho ayuda a entender no solo el carácter relicto de *T. baccata* en el macizo, sino también su ausencia en otros enclaves donde las condiciones ecológicas en general, y las fitocenóticas en particular, son muy similares a las existentes en Cerro de los Tejos, Altos de Majalijar y Río Blanco; de hecho, en algunos emplazamientos donde la especie no ha encontrado, la toponimia recuerda la presencia antigua del tejo (como el "cortijo de la Tejera").

Por lo que respecta a las estimaciones de edad de *T. baccata* en Sierra Arana, aquellas obtenidas mediante la razón de crecimiento diametral establecida por Hulme (1996) (1 mm por año) determinan cronologías antiguas, correspondientes a edades superiores a 500 años en los ejemplares más longevos que, por tanto, serían supervivientes de una de las etapas históricas más agresivas con el medio vegetal en la península ibérica como fue el final de la Edad Media, época en las que se extendieron las roturaciones, amplificando la deforestación estable o incluso definitiva que se inició con las sociedades prerromanas (Ferreras y Arozena, 1987; Muñoz-Sobrino, Ramil-Rego, Gómez-Orellana y Díaz; 2005; Carrión et al., 2010). Frente a la primera, la tasa de crecimiento de 2,86 mm señalada por Burgarella et al. (2010) supone que la edad de los ejemplares de tejo más añosos sería inferior en todos los casos a 250 años; dado que esta razón se ha establecido como el ratio de crecimiento para las tejadas de la península ibérica, e incluso se ha aplicado a poblaciones cercanas a Sierra Arana como las de Sierra Nevada, las cronologías que de ella se derivan son a las que se les puede asignar una mayor fiabilidad.

En cualquier caso, se trata de un parámetro difícil de establecer, ya que si bien las condiciones microclimáticas de los hábitats han permitido la preservación de la especie en Sierra Arana, éstas no favorecen en absoluto su crecimiento ya que el periodo vegetativo efectivo se limita a finales de la primavera y comienzos del verano.

En relación al estado de conservación de *T. baccata* en Sierra Arana, se puede considerar que en su conjunto es variable. La problemática principal en la actualidad, más allá del escenario de cambio global antes mencionado, corresponde a los daños que sufre *T. baccata* por parte de los herbívoros –domésticos y salvajes–, cuya presencia habitual en los hábitats que ocupa la especie dificulta en gran medida, incluso impide totalmente, que en la periferia y bajo los ejemplares femeninos puedan prosperar plantones a partir de las ya de por sí escasas semillas caídas. En efecto, el ramoneo del ramaje inferior de los árboles por la herbivoría del ganado vacuno –sobre todo– y de cabra montesa (*Capra pyrenaica* Schinz) es, en mayor o menor grado, generalizado, y ello a pesar de la toxicidad de las ramas consumidas. Resulta especialmente acusado en algunos ejemplares del Cerro de los Tejos y Altos de Majalijar, sobre todo en aquellos situados hacia la base de ambos núcleos, es decir, los más accesibles a los animales que tienen sus vías de paso habituales por la parte inferior de ambas laderas.

En concreto, en cada población se ha identificado un individuo tan dañado que no parece que pueda sobrevivir a corto-medio plazo. Por el contrario, los árboles más adultos, especialmente aquellos que quedan protegidos por el entramado vegetal arbustivo-arborescente caduco-espinoso o por su emplazamiento topográfico cerca de las aristas de ambas laderas en espolones rocosos, gozan de un estado de conservación aceptable. De entre los ejemplares más jóvenes, tan solo uno en Cerro de los Tejos presenta una salud excelente al crecer protegido en el seno de un rodal de espinal de alta densidad. La degradación zoógena también afecta parcialmente al único individuo de Río Blanco, aunque se puede considerar que su estado de conservación es óptimo.

FIGURA 4
Aspecto parcial de la población de *T. baccata* de Cerro de los Tejos (arriba), ejemplar aislado representativo de Altos del Majalijar (abajo izquierda) y único pie de Río Blanco (abajo derecha)

Fuente: Elaboración propia (2017).

La acción perniciosa de los herbívoros se completa con el uso de los troncos como "rascadores" por los vacas, algunos de los cuales aparecen notablemente dañados en superficie, y por el pisoteo y la compactación del suelo en el entorno inmediato de algunos ejemplares, lo que resulta especialmente lesivo al favorecer la erosión del suelo y el consecuente afloramiento de las raíces más superficiales, que son deterioradas e incluso rotas por el paso recurrente de los animales más pesados.

3.3. Necesidad de conservación de T. baccata en Sierra Arana

Las particulares condiciones ecológicas en las que se desarrolla *T. baccata* en Sierra Arana y las propias características de sus poblaciones indican su carácter relicto y seriamente amenazado. Su estado actual es consecuencia por un lado del aceptado retroceso experimentado por los nichos ecológicos correspondientes a bosques húmedos eurosiberianos en el área mediterránea, y en particular en el sur de la península ibérica, tanto por cuestiones naturales como inducidas por el ser humano. Por otra parte, de los testimonios recabados se extrae que la especie ha sido objeto de explotación efectiva como materia prima, ya que la dureza y resistencia de su madera ha permitido la elaboración de diversas herramientas y aparejos agrarios; un aprovechamiento tradicional que se ha llevado a cabo mediante las denominadas "talas de recolección", que si bien son actualmente inexistentes, sí se pueden relacionar con la morfología ramificada desde la base del tronco que presentan algunos ejemplares. Ambas circunstancias han debido contribuir decisivamente a la rareza de *T. baccata* en Sierra Arana.

La situación actual, además, hay que contextualizarla en el escenario de riesgo que suponen los procesos de cambio ambiental en la Cuenca del Mediterráneo, identificada como una de las áreas más vulnerables al calentamiento y desecación de su clima (Giorgi, 2006). De hecho, la región mediterránea europea –a la que pertenece el ámbito de estudio– se encuentra en mayor peligro al situarse en una zona de transición entre el clima árido del Norte de África y el templado-húmedo del Centro de Europa (Ruiz-Labourdette et al., 2012). Por todo ello, se cree que la especie pueda estar avocada a su desaparición en Sierra Arana a medio plazo.

Por tanto, es oportuno preguntarse no solo acerca de la futura supervivencia natural de la especie en el macizo sino también sobre si es posible actuar para favorecer su conservación y regeneración. En este sentido, cabe mencionar una serie de experiencias que, desde la década de 1990, se han llevado a cabo en otros ambientes montañosos de la cordillera Bética, con características ecológicas similares a las de Sierra Arana. Estas actuaciones han demostrado que es posible la recuperación de la especie y de sus hábitats mediante su protección y, sobre todo, su reforestación. En concreto, así ha sucedido en las sierras de Tejeda, Almijara, Cazorla y de Las Nieves, donde las repoblaciones han mostrado unos niveles de éxito bastante elevados cuando se le han aplicado riegos de mantenimiento en la época más desfavorable (Costa, 2006). En otros casos, como en la Sierra de Baza, las plantaciones han fracasado en su mayoría debido a la falta de humedad estival (Costa, 2006), lo que demuestra que las condiciones microclimáticas locales no siempre son suficientes para la regeneración de *T. baccata* debido a la extrema sequedad del verano, incluso allí donde se la especie se repueble artificialmente. El factor riego, por tanto, es determinante para el éxito de las reforestaciones en ambientes mediterráneos, incluso fuera de la Cuenca, tal y como han experimentado Becerra, Cruz, Ríos y Castelli (2013) en zonas costeras de clima mediterráneo del centro de Chile.

Por tanto, se considera posible favorecer la regeneración de *T. baccata* en Sierra Arana llevando a cabo un plan de actuación encaminado tanto a la protección de los ejemplares existentes en la actualidad como dirigido a la recuperación mediante reforestación de la especie pero también del conjunto de las formaciones vegetales que componen sus nichos ecológicos y configuran sus hábitats naturales. En primer lugar, como medidas para mitigar los impactos directos que amenazan la supervivencia de los pies identificados se hace necesario limitar el acceso á estos por parte de los herbívoros mediante recintos cercados a través de mallas metálicas. Asimismo, es oportuno la realización de controles fitosanitarios y selvícolas periódicos en los nichos ecológicos de *T. baccata* con el objeto de detectar posibles amenazas en forma de enfermedades, plagas, etc., y para controlar la posible expansión de determinadas especies foráneas/oportunistas cuyo desarrollo puede interferir en su dinámica natural. Es indispensable la protección específica, en todo el macizo, de la fauna que contribuye a la dispersión de las semillas del tejo, en especial de las aves frugívoras, para lo cual el hecho de que Sierra Arana forme parte de la Red Natura 2000 ofrece el marco de gestión oportuno. Del mismo modo, sería deseable la ampliación de los límites del Parque Natural de la Sierra de Huétor hasta abarcar todos los ejemplares de *T. baccata* localizados dada la cercanía de éstos a los límites actuales del espacio protegido. Finalmente, todas estas medidas deben ir acompañadas de un esfuerzo por parte de los distintos actores implicados para concienciar a la sociedad local respecto a la singularidad y carácter relicto y amenazado del tejo en el macizo mediante actividades divulgativas e informativas, aprovechando para ello el marco del Parque Natural y la gran afluencia de visitantes que éste recibe.

En segundo lugar, de cara a favorecer la regeneración de la especie es necesario abordar un programa de reforestación en aquellas áreas que se identifiquen como más adecuadas para ello. Considerando las actuaciones de este tipo que se han llevado a cabo en otros puntos de la cordillera Bética, se plantea la necesidad de la reforestación de *T. baccata* en las tres localidades donde se ha detectado su presencia, pero también en otros enclaves en

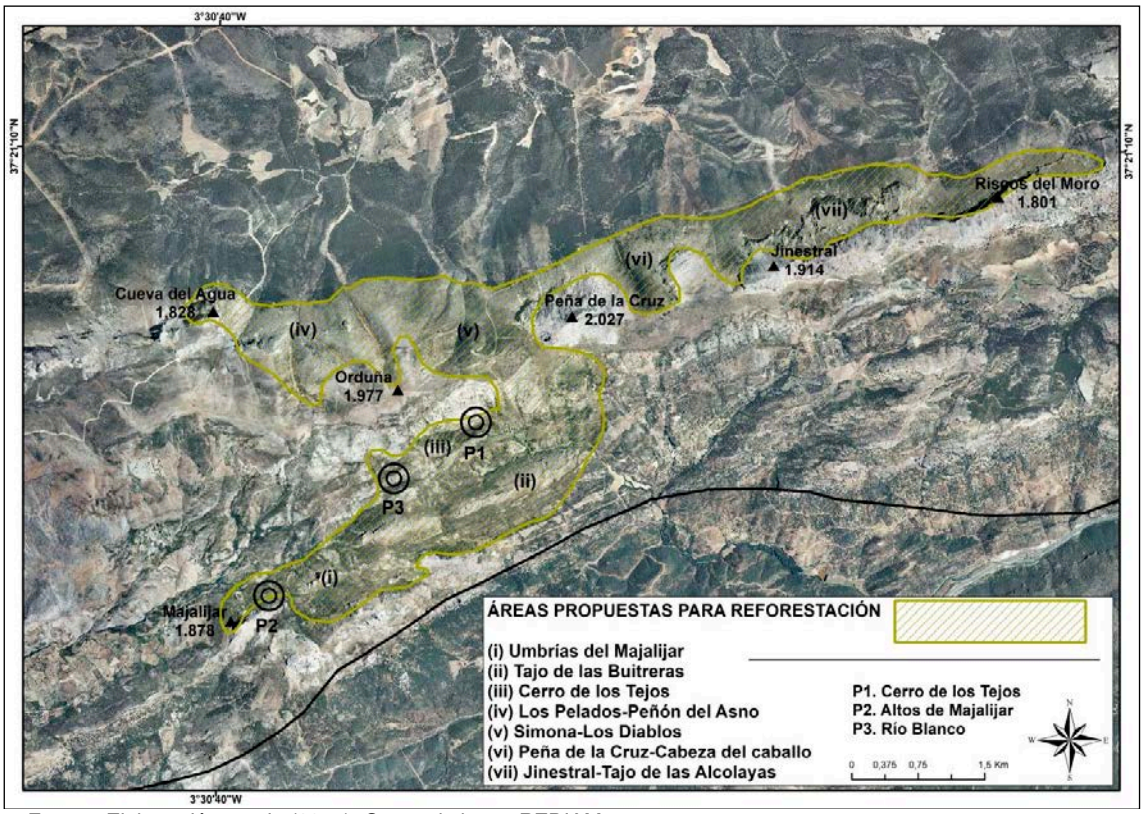
los que, aunque no se ha localizado el taxón, los nichos ecológicos coinciden con los existentes Cerro de los Tejos, Altos del Majalijar y Río Blanco. Para ello, se proponen siete sectores divididos en dos zonas principales: la primera agrupa tres sectores cerca o en el entorno de las poblaciones actuales (parajes de Umbrías del Majalijar, Tajo de las Buitreras y Cerro de los Tejos), mientras que las restantes de desarrollarían en una segunda zona correspondiente a la espina dorsal principal del macizo (localidades de Los Pelados-Peñón del Asno, Simona-Los Diablos, Peña de la Cruz-Cabeza del Caballo y Jinestral-Tajo de las Alcolayas) (figura 5). En todos los casos, son áreas que corresponden a microambientes asimilables a los existentes en las tres poblaciones de tejo localizadas, y con una vegetación actual muy parecida o idéntica a la de éstos, es decir, se trata de zonas en umbría, vaguadas y fondos de valle, así como collados de interconexión entre las unidades anteriores para lograr, en parte, conectividad entre las hipotéticas poblaciones de *T. baccata*. Se procuraría así un escenario futuro en el que los distintos núcleos de vegetación configurarían un ecosistema poco fragmentado. Dichas repoblaciones deben incluir tanto individuos masculinos como femeninos, y desde plántulas hasta ejemplares de varios años, respetando además los ecotipos genéticos del lugar (aprovechando el cercano vivero para el cultivo de *T. baccata* en La Resinera, Sierra de Almijara, Granada).

La reforestación ha de completarse con la plantación de otras especies arbóreas, arborescentes y arbustivas características de la fitocenosis potencial donde se integra *T. baccata,* como por ejemplo *A. granatensis, Q. faginea, S. aria, C. monogyna, C. granatensis, P. mahaleb, L. etrusca, B. hispanica* o *A. ovalis*. Son numerosos los autores, como por ejemplo García et al. (1999, 2000, 2007), Hódar, Castro, Gómez, García y Zamora (1998), García y Obeso (2003), Castro, Zamora, Hódar y Gómez (2004), Martínez, García y Obeso (2008), Burgarella et al. (2010), que señalan los múltiples beneficios que tienen este tipo de actuaciones, en su conjunto, para la recuperación de especies forestales de óptimo eurosiberiano en la región climática mediterránea. Destacan que la propia regeneración del bosque climácico y también de su estrato preforestal actuará como formación nodriza protectora de *T. baccata*, además de constituir una fuente de alimentación para las aves dispersoras de semillas y de contribuir a crear unas condiciones microclimáticas a nivel del suelo favorables a la consolidación y crecimiento de individuos jóvenes y plántulas frente a las duras y estresantes condiciones del periodo estival.
Al igual que en el caso de las poblaciones actuales, las parcelas repobladas han de protegerse mediante cercados que impidan el ramoneo y el pisoteo de las plántulas e individuos jóvenes por parte de los herbívoros. Asimismo, se deberá hacer un seguimiento exhaustivo de las repoblaciones durante las primeras fases de crecimiento para intentar asegurar su asentamiento vital, sobre todo de los taxones más susceptibles de perecer por estrés hídrico estival o periodos de sequía. Para ello, a partir de los precedentes antes señalados, es indispensable para garantizar un nivel de éxito razonable en las tareas de repoblación contar con una estrategia preconcebida y con los medios adecuados para poder abordar el riego de las plantaciones.

4. Conclusiones

Los resultados de esta investigación evidencian que el actual estado de las poblaciones de *T. baccata* localizadas en Sierra Arana es crítico. Sus escasas posibilidades de regeneración y expansión de manera natural la sitúan al borde de la extinción; ello permite catalogar al tejo como un taxón altamente singular y de excepcional valor ecológico en este territorio. Su carácter relicto actual obedece al mantenimiento de unas condiciones ecológicas mínimamente favorables para su refugio en micro-ambientes particulares, aunque en riesgo debido al escenario macroclimático previsto; además, su conservación en el futuro no está garantizada por las propias características de las poblaciones y a causa de su desarrollo en el seno de degradados bosquetes caduco-marcescentes intensamente castigados por la explotación antrópica del medio.

FIGURA 5
Propuesta de zonas para la recuperación de *Taxus baccata* y sus hábitats en Sierra Arana



Fuente: Elaboración propia (2017). Capas de base: REDIAM

Por ello, *T. baccata* debe ser objeto de una gestión prioritaria. Deben conservarse los ejemplares actuales y sus nichos ecológicos mediante medidas encaminadas, básicamente, a su protección frente a la herbivoría. También debe recuperarse la especie a través de un programa de reforestación, que puede hacerse extensible a otros enclaves de Sierra Arana donde se considera que la especie forma parte de la vegetación potencial. Es necesario, asimismo, profundizar en el inédito hasta ahora estudio paleo-botánico de Sierra Arana para interpretar el significado ecológico actual tanto de especies de elevada singularidad, caso de *T. baccata*, como del conjunto de dominios vegetales que integran su paisaje vegetal. Para ello, se plantean dos líneas de investigación a desarrollar en el futuro: la revisión de las fuentes históricas y el estudio pedoantracológico.

Referencias bibliográficas

- Alcaraz, F. (1996). Fitosociología integrada, paisaje y biogeografía. En J. Loidi (Ed.), *Avances en Fitosociología* (pp. 59-94). Bilbao, España: Universidad del País Vasco.
- Becerra, P. I., Cruz, G., Ríos, S. y Castelli, G. (2013). *Importance of irrigation and plant size in the establishment success of different native species in a degraded ecosystem of central Chile*. *Bosque, 34*(1), 103-111.
- Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto, M., Morales, C. y Salazar, C. (Ed.). (2011). *Flora Vascular de Andalucía Oriental.* Sevilla, España: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Blanco, E., Vasco, F., Abellà, I. y Cortés, S. (2008). Tejo y cultura: de la tradición etnobotánica a la farmacología científica. En A. Caritat (Dir.), *II Jornadas sobre el tejo en el Mediterráneo Occidental* (pp. 63-78). Gerona, España: *Annals de la Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural*.
- Burgarella, C., Berganzo, E., Zabala, M., Prada, A., Iglesias, A., Riba, M., Mayol, M., Vendramin, G. y González, S. (2010). Aspectos genéticos y demográficos de *Taxus baccata* en la red de Parques Nacionales. En L. B. Ramírez y B. Asensio (Eds.), *Proyectos de investigación en la red de Parques Nacionales 2007-2010* (pp. 125-137). Madrid, España: Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- Cabezudo, B., Pérez-Latorre, A. V., Casimiro-Soriguer, F., Pavón, M. y Hidalgo, N. (2011). Contribuciones a la flora vascular de Andalucía (España). Algunas plantas interesantes de Andalucía oriental (Málaga-Granada). *Acta Botánica Malacitana, 36,* 213-225.

- Caritat, A. (2008). *II Jornadas* sobre el *tejo* en el *Mediterráneo Occidental. Olot, España: Annals de la Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural.*
- Carrión, J., Fernández, S., González, P., Gil, G., Badal, E., Carrión, Y., López, L., López, J. A., Fierro, E. y Burjachs, F. (2010). Expected trends and surprises in the Lateglacial and Holocene vegetation history of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Review of Palaeobotany and Palynology, 162*(3), 458-475.
- Castro, J., Zamora, R., Hódar, J. A. y Gómez, J M. (2004). Seedling establishment of a boreal tree species (*Pinus sylvestris*) at its southernmost distribution limit: consequences of being in a marginal Mediterranean habitat. *Journal of Ecology, 92*, 266-277.
- Castroviejo, S. (2010). *Flora Ibérica. Plantas Vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Madrid, España: Real Jardín Botánico; Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Centro de Desarrollo Rural de la Axarquía (2008). *10 años de estudio sobre Taxus baccata (tejo) y la Sierra de Tejada*. Málaga, España: CEDER-Axarquía.
- Charco, J. (2006). Biogeografía del tejo (*Taxus baccata*) en el Norte de África. En L. Serra (Coor.), *I Jornadas sobre el tejo en el Mediterráneo Occidental* (177-184). Valencia, España: *Generalitat Valenciana*.
- Costa, J. C. (2006). Distribución y ecología de las tejedas en Andalucía: propuesta de actuaciones de conservación, regeneración y restauración. En L. Serra (Coor.), *I Jornadas sobre el tejo en el Mediterráneo Occidental* (161-170). Valencia, España: *Generalitat Valenciana*.
- Ferreras, C. y Arozena, M. E. (1987). *Los Bosques. Guía Física de España*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Fuentes, J. M. (2014). Aportaciones al conocimiento de la flora del macizo de Sierra Arana (Granada, España). *Acta Botanica Malacitana*, *39*, 260-263.
- García, D., Zamora, R., Hódar, J. A. y Gómez, J M. (1999). Age structure *of Juniperus communis* L. in the Iberian Peninsula: conservation of remnant populations in Mediterranean mountains. *Biological Conservation, 87*, 215-220.
- García, D., Zamora, R. Hódar, J. A., Gómez, J. M. y Castro, J. (2000). Yew (*Taxus baccata* L.) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments. *Biological Conservation, 95*, 31-38.
- García, D. y Obeso, J. R. (2003). Facilitation by herbivore-mediated nurse plants in a threatened tree, *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography, 26*, 739-750.
- García, D., Martínez, I. y Obeso, J. R. (2007). Seed transfer among bird-dispersed trees and its consequences for post-dispersal seed fate. *Basic and Applied Ecology, 8*, 533-543.
- Giorgi, F. (2006). Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters, 33*, L08707. 4 p.
- Hódar, J. A., Castro, J., Gómez, J. M., García, D. y Zamora, R. (1998). Efects of herbivory on growth and survival of seedlings and saplings of *Pinus sylvestris nevadensis* in SE Spain. En V. P. Papanastasis y D. Peters (Eds.), *Ecological Basis of Livestock Grazing in Mediterranean Ecosystems* (pp. 264-267). Brussels, Beligium: European Commission.
- Hulme, P. (1996). Natural regeneration of yew (*Taxus baccata* L.). Microsite, seed or herbivore limitation. *Journal of Ecology, 84*(6), 853-861.
- Lora, A. (2008). Riqueza, rareza y endemicidad florísticas en las tejedas andaluzas. En: CEDER-Axarquía (Ed.), *10 años de estudio sobre Taxus baccata (tejo) y la Sierra de Tejada* (pp. 332-341). Málaga, España: CEDER-Axarquía.
- Martínez, I., García, D. y Obeso, J. R. (2008). Differential seed dispersal patterns generated by a common assemblage of vertebrate frugivores in three fleshy-fruited trees. *Ecoscience, 15*, 189-199.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1991). *Mapa forestal de España*. *Hoja 5-11 (Granada-Málaga). Madrid, España*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Molero, J. (2008). *Taxus baccata* en la zona oriental de las Sierras Béticas. En: CEDER-Axarquía (Ed.), *10 años de estudio sobre Taxus baccata (tejo) y la Sierra de Tejada* (pp. 308-315). Málaga, España: CEDER-Axarquía.
- Morales, M. J. (1992). Asientos corológicos. *Fontqueria*, *33*, 196-200.
- Muñoz-Sobrino, C., Ramil-Rego, P., Gómez-Orellana, L. y Díaz, R. A. (2005). Palynological data on major Holocene climatic events in NW Iberia. *Boreas,* 34, 381-400.
- Navarro, R. M. y Pulido, A. (2003). Regeneración natural del tejo (*Taxus baccata* L.) en el parque natural de las Sierras Tejeda, Almijara y Alhama (Málaga, Granada). Aplicación a la restauración. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For*., 15, 159-164.
- Nogués-Bravo, D. (2009). Predicting the past distribution of species climatic niches. *Global Ecology and Biogeography,* 18, 521-531.
- Olmedo-Cobo, J. A. (2011). *Análisis biogeográfico y cartografía de la vegetación de la Sierra de Baza (Provincia de Granada). El estado actual de las fitocenosis de una montaña mediterránea intensamente humaniza* (Tesis Doctoral), Universidad de Granada, Granada, España.
- Olmedo-Cobo, J. A. y Gómez-Zotano, J. (2014). El tejo en el sur de España: análisis geoecológico y propuesta de conservación de una población mediterránea en peligro crítico de extinción. *Bosque, 35*(1), 23-36.
- Oyonarte, C., Pérez-Pujalte, A., Aranda, V. y Pérez-López, T. (2006). *Mapa digital de suelos. Provincia de Granada: Moreda-992*. Madrid, España: Dirección General para la Biodiversidad.
- Pérez-Latorre A. V., Galán de Mera, A. y Cabezudo, B. (1999). Propuesta de aproximación sintaxonómica sobre las comunidades de gimnospermas de la provincia Bética (España). *Acta Botánica Malacitana, 24*, 257-262.
- Pérez Latorre, A. V., Galán de Mera, A., Carrión, J. y Cabezudo, B. (2001). El papel de las gimnospermas en la vegetación forestal de Andalucía. En *III Congreso Forestal Español* (6 pp.). Granada, España: Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Proyecto Lucdeme (1995-1998). *Mapa de suelos, escala 1:100.000. Hojas: 1009, 991, 1010*. Granada-Madrid, España: Universidad de Granada, Icona, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Regato, P., Gamisans, J. y Gruber, M. (1995). A syntaxonomical study of *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* forest in

the Iberian Peninsula. *Phytocoenologia, 25*(4), 561-578.
- Rivas-Martínez S. (2008). *Clasificación Bioclimática de la Tierra*. Madrid, España: Centro de Investigaciones Fitosociológicas; Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics-2008_00.htm.
- Rivas-Martínez S. (2011). Memoria del Mapa de Vegetación Potencial de España. *Itinera Geobotánica, 18*, 5-800.
- Rivas-Martínez, S., Asensi, A., Díez-Garretas, B., Molero, J. y Valle, F. (1997). Biogeographical synthesis of Andalusia (southern Spain). *Journal of Biogeography, 24*: 915-928.
- Rivas-Martínez, S. y Loidi, J. (1999). Bioclimatology of the Iberian Peninsula. *Itinera Geobotánica, 13*, 41-47.
- Ruiz-Labourdette, D., Nogués-Bravo, D., Ollero, H. S., Schmitz, M. F. y Pineda, F. D. (2012). Forest composition in Mediterranean mountains is projected to shift along the entire elevational gradient under climate change. *Journal of Biogeography, 39,* 162-176.
- Sanz, R., Pulido, F. y Nogués-Bravo, D. (2009). Predicting mechanisms across scales: amplified effects of abiotic constraints on the recruitment of yew (*Taxus baccata*). *Ecography, 32*, 993-1000.
- Serra, L. (2007). *I Jornadas* sobre el *tejo* en el *Mediterráneo Occidental. Alcoy, España: Generalitat Valenciana.*
- Serra, L. y García, X. (2008). Distribución de tejo (*Taxus baccata* L.) en España. En A. Caritat (Dir.), *II Jornadas sobre el tejo en el Mediterráneo Occidental* (pp. 11-34). Gerona, España: *Annals de la Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural*.
- Socorro, O. (1977). *Estudio florístico y fitosociológico de la Sierra de Harana* (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, Granada, España.
- Svenning, J. C. y Magard, E. (1999). Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew (*Taxus baccata*) Denmark. *Biological Conservation, 88*, 173-182.
- Thomas, P. A. y Polwart, A. (2003). *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology, 91,* 489-524.
- Torres, J. A., Cano, E. y García-Fuentes, A. (1996). Aportaciones al estudio fitosociológico de las comunidades de boj (*Buxus sempervirens*) en el sector subbético (Andalucía, España). *Acta Botánica Malacitana, 21,* 319-321.
- Valle, F. (2003). *Mapa de Series de Vegetación de Andalucía*. Madrid, España: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Valle, F., Mota, J. F., y Gómez-Mercado, F. (1988). Datos sobre la vegetación orófila de Andalucía Oriental (España). *Documents Phytosociologiques, 11*, 459-464.
- Vidakovic, M. (1991). *Conifers: Morphology and Variation*. Zagreb, Croatia: Graficki Zavod Hrvatske.

LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE JÉREZ DEL MARQUESADO (GRANADA) LA CONVIVENCIA DEL PATRIMONIO Y EL MEDIO NATURAL

JUAN CARLOS GUERRERO RUIZ; JOSÉ MARÍA MARTÍN CIVANTOS
juanca.guerrero.ruiz@gmail.com; josemaría.martin@civantos.com
Universidad de Granada

RESUMEN

El municipio de Jérez del Marquesado se encuentra en la cara Norte de Sierra Nevada. La orografía del terreno y la presencia de agua propiciaron la posibilidad de obtener aprovechamientos hidráulicos para la instalación de hasta seis minicentrales hidroeléctricas de agua fluyente y una de aire comprimido en dos barrancos de corto recorrido pero gran desnivel. La instalación se inició a finales del siglo XIX. Estas obras de ingeniería históricas actualmente abandonadas están inmersa en el Parque Nacional y Natural y son un testimonio del trabajo del hombre en la montaña donde compaginó las labores del campo y la industria conviviendo con el entorno natural. La discusión se plantea en hacer compatible hoy la protección del medio ambiente con el reconocimiento de su patrimonio industrial y cultural generador de desarrollo y energía.

Palabras clave: Canales, Centrales Hidroeléctricas, Sierra Nevada, Patrimonio, Medio ambiente.

ABSTRACT

The municipality of Jérez del Marquesado is located on the North of Sierra Nevada. The orography of the land and the presence of water led to the possibility of obtaining hydraulic uses for the installation of up to six mini hydroelectric power stations of flowing water and one of pressurized air in two ravines of short route but great unevenness. The installation began in the late nineteenth century. These historical engineering works currently abandoned are immersed in the National and Natural Park ,and they are a testament to the work of man in the mountain where I combine the work of the field and industry coexisting with the natural environment . The discussion arises in making compatible today the protection of the environment with the recognition of its industrial and cultural heritage generator of development and energy.

Key words: *Canals, Hydroelectric stations, Sierra Nevada, Heritage, Environment.*

1. Introducción

Las minicentrales hidroeléctricas están distribuidas en dos barrancos: unas se utilizaban para abastecer de energía eléctrica a las minas de hierro de Alquife, la de aire comprimido servía a las minas de cobre de Santa Constanza y otras se conectaron a la red eléctrica y abastecían a los pueblos.

Todo este conjunto de centrales hidroeléctricas y de aire a presión representan un conjunto patrimonial que enriquece al Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada ya que se basaban en una fuente natural de energía que proviene de la propia sierra y permitió el desarrollo de la comarca del Zenete, situada en la cara septentrional.

El trabajo y la vida de hombres y mujeres en esas centrales, con sus costumbres y hábitos, forman parte del entorno. Sus vidas y sus nombres están unidas al territorio y representan una de las formas de relación con la naturaleza, el trabajo y la lucha por una vida mejor.

Como indican los objetivos del congreso, “Proponemos que se integren diferentes visiones que ayuden a garantizar la sostenibilidad económica, la riqueza y variedad ecológica y el respeto al medio a través del conocimiento de sus paisajes naturales y humanos”.

Desde el punto de vista histórico, se trata de un conjunto patrimonial en el que asistimos a los inicios de la industrialización de la comarca y la II Revolución Industrial, un conjunto además pionero para la época, porque nos conecta con la última tecnología que en ese momento se desarrollaba en el mundo:

- La central de aire comprimido y eléctrica de Santa Constanza fue creada en 1891 conecta con Francia e Italia. Empresario Pierre Manhès e ingeniero Paul David.
- La central hidroeléctrica Alhorí I fue construida en 1911 y está en relación con Inglaterra, Escocia y Estados Unidos a través de la tecnología de Nikola Tesla.
- La central hidroeléctrica del Sabinar de 1913, está conectada con Bélgica y Estados Unidos a través de Zenobe T. Gramme y Thomas Alva Edison.

Las casas de máquinas, casillas de maquinistas y guardas y el resto de instalaciones contienen un valor patrimonial material e inmaterial que tenemos la responsabilidad de conservar porque “nada que haga una sociedad en términos de producción debe quedar al margen de recrearla como memoria viva”[3]. Representa la historia de muchas familias que trabajaron y vivieron dentro de lo que actualmente es el Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada desde 1891 hasta 1969, a lo largo de 78 años, y significó para la época el origen de la electricidad en la comarca del Zenete. Se modernizaron los procedimientos industriales de las minas de Santa Constanza, la fuerza animal de las minas de Alquife fue sustituida por la fuerza motriz de los motores eléctricos y llego la luz eléctrica a las casas. Con ello asistimos a la llegada de la industria eléctrica a un pueblo eminentemente rural.

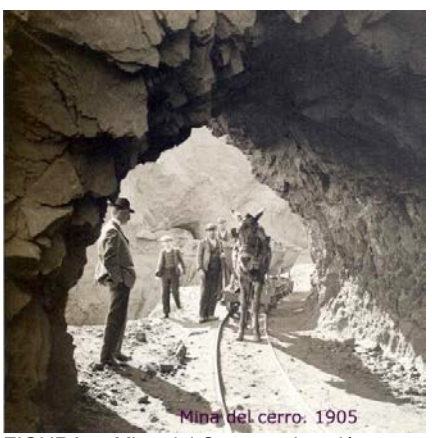


FIGURA 1: Mina del Cerro explotación con mulas
Fuente:
http://www.spanishrailway.com/2012/05/10/minas-de-alquife/

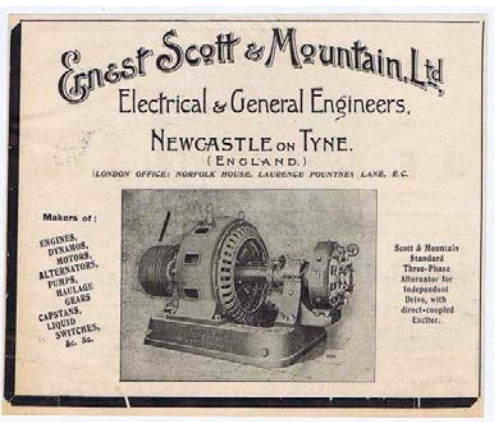


FIGURA 2: Fabricante del generador de Alhorí I
Fuente:
https://www.gracesguide.co.uk/Ernest_Scott_and_Mountain

2. Historia de la tecnología eléctrica y sus centrales en Jérez del Marquesado

Las centrales hidroeléctricas de Jérez del Marquesado son siete. En estos pueblos a las centrales se les llamaba popularmente “canales”, identificándolos con el nombre de la familia que trabajaba en el. Están distribuidas de la siguiente forma entre los dos barrancos y en orden topográfico descendente.

En el barranco Alcázar se localizan:

[3] Wiley Ludeño Urquizo. Discurso otorgamiento del Grado de Doctor Honoris Causa. Trujillo (Perú)

1. Sabinar, conocida como el Canal del Rata. Potencia: 590 KW
2. Alcázar Superior, conocida como el Canal de los Caballeros. Potencia: 340 KW
3. Alcázar Inferior, conocida como el Canal de Evaristo. Potencia:180 KW
4. Natalio Zurita, conocida como el Canal de Salvero. Potencia: 270 KW

En el barranco Alhorí se localizan:

5. Alhorí I conocida como Canal de los Sevillas. Potencia de 360 KW
6. Alhorí II conocida como Canal del Pérez. Potencia de 240 KW
7. Eléctrica Jérez del Marquesado, conocida como Canal de la Urrutia. Potencia de 47 KW

Todas ellas generaban una potencia por debajo de 1MW y por tanto se consideran en la actualidad como microcentrales hidroeléctricas y fuente de energías renovables. Estaban divididas en dos grupos:

- Las que abastecían de energía eléctrica a las dos compañías mineras del vecino pueblo de Alquife, para convertirla en energía motriz mediante los motores y desplazar las vagonetas, maquinaria en general y alumbrado eléctrico de las minas. Estas son las del Sabinar, Alcázar Superior, Alhorí I y Alhorí II.
- Las que se conectaban a la línea eléctrica para suministrar energía a los pueblos, que se utilizaba fundamentalmente para iluminación. Se trata de las de Alcázar Inferior, Natalio-Zurita[4] y Eléctrica de Jerez del Marquesado[5].

3. Funcionamiento

Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía potencial del agua para transformarla en energía eléctrica a través de dinamos o alternadores. Las que hay instaladas en estos barrancos son de agua fluyente y funcionan del siguiente modo: Se deriva parte del caudal de un río con una pequeña presa o azud y se lleva mediante un canal a la cámara de carga situada a cierta altura de la casa de máquinas. Esta cámara de poca capacidad se utiliza para regular el caudal. Desde aquí se hace circular el agua por gravedad a través de una tubería forzada emplazada con una elevada pendiente, que recorrerá toda esa altura hasta llegar a la casa de máquinas. La energía potencial del agua se convierte en energía cinética al provocar en el interior de una turbina un movimiento giratorio tras impactar el chorro del agua a presión en los alabes del rodete. Esta turbina, unida por el eje a un generador eléctrico (dinamo o alternador), hará que gire a su vez el rotor produciendo electricidad en las bobinas del estator, conectado al transformador se eleva la tensión para reducir perdidas y se conecta a la línea exterior para transportarla hasta el lugar de consumo [6].

Este tipo de centrales no tienen ningún tipo de emisión de gases contaminantes a la atmosfera ni vertido de sustancias toxicas en el agua y se les considera hoy en día sistemas de energías renovables según el plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, máxime tratándose de microcentrales hidroeléctricas.

4. Descripción de las principales centrales

Por motivos de espacio, de las siete centrales hidroeléctricas solo mostramos un breve resumen de la información de las más representativas y singulares. Desde el punto de vista técnico, en las centrales hidroeléctricas de los canales de Jérez se pueden encontrar las dos tecnologías que entraron en conflicto a finales del siglo XIX:

[4] Originalmente generó aire comprimido para la mina de Santa Constanza, denominada entonces sociedad Jérez-Lanteira
[5] Inicialmente suministró energía eléctrica al pueblo de Jérez de manera aislada.
[6] GUERRERO RUÍZ, J.C.: Título, Trabajo Fin de Máster de la Universidad Politécnica de Cartagena, 2014.

A nivel mundial primero se generó corriente eléctrica continua DC con las dinamos que se distribuía por la red para el consumo y después se impusieron los generadores de corriente alterna AC. Sin embargo, en las centrales de Jérez fue a la inversa pues se trataba de un uso industrial: primero se instaló la corriente alterna trifásica en las centrales de Alcázar Superior y Alhorí I conectadas entre sí para suministrar energía eléctrica a la mina del cerro [7], que entraron en funcionamiento en 1906 y 1911, y posteriormente se instaló la corriente continua con la puesta en funcionamiento de la central del Sabinar en 1915 y la del Alhorí II en 1923 conectadas entre sí [8] que suministraban energía eléctrica a la mina de los pozos [9].

4.1 La Central Hidroeléctrica de Natalio Zurita

Denominación	***Central Hidroeléctrica de Natalio Zurita***
Otras denominaciones	*Canal de Salvero. Central de la mina de Santa Constanza*
Año de construcción	*1889*
Caracterización	*Patrimonio Industrial*
Provincia	*Granada*
Municipio	*Jérez del Marquesado*
Situación	*Parque Natural de Sierra Nevada*
Tipo de Central	*Microcentral de aire comprimido* *Microcentral hidroeléctrica de agua fluyente*
Potencia	*270 KW*

FIGURA *3:*
Imágenes de la central hidroeléctrica Natalio Zurita

Fuente: Fotografías de los autores

Es la central más antigua que se conoce en los barrancos de Jérez. Data de 1888 cuando se da a conocer el proyecto de ingeniería y se inician los trabajos para la construcción de la central que se llevará a cabo en Jérez del Marquesado, utilizando las grandes y casi constantes caídas de agua de Sierra Nevada, una fuerza natural que generará aire comprimido para conducirlo mediante una tubería de 30 cm de diámetro a la mina y fábrica de cobre de Santa Constanza[10]. Allí alimentaba la maquinaria de la mina y la máquina soplante del nuevo convertidor Manhés en la fábrica, con la que se obtenía el cobre.

[7] The Alquife Mine and Railway, posteriormente AGRUMINSA (Altos hornos de Vizcaya)
[8] *Informe de la inspección de aprovechamientos hidroeléctricos Comisaría de Aguas del Guadalquivir 23 de Junio de 1960*. Archivo Minas de Alquife.
[9] Willian Bair Mining o Baird Mining Company Limited, posteriormente CAM (Compañia Andaluza de Minas)
[10] Denominada en aquella época Sociedad Jérez-Lanteira

Técnicamente tuvo un interés muy grande en España, pues se sustituye con fuerza hidráulica la mayor parte del combustible que necesita una mina, fundamentalmente el carbón, del que en estas tierras no se dispone.

FIGURA *4:*
Ficha de identificación en suelo no urbanizable de Natalio Zurita

Fuente: Ayuntamiento de Jérez del Marquesado

La central se utilizará en un futuro también para generar electricidad y realizar un afino del cobre en la fábrica a través de la electrometalurgia, concretamente de la desplatación eléctrica del cobre. La energía eléctrica que se obtenía era muy barata comparada con las centrales térmicas. Tenía cuatro turbinas de 80 caballos (59 KW), que se utilizan para los compresores y, además, para generar electricidad.

En su última etapa funcionó como central hidroeléctrica conectada a la red, en 1924 con la compañía *Fuerza Motriz del Valle de Lecrin S.A,* y finalmente en 1942 con la compañía *Eléctrica del Chorro*.

4.2. La Central Alhorí I

Denominación	***Central Hidroeléctrica Alhorí I***
Otras denominaciones	*Canal de los Sevillas*
Año de construcción	*1911*
Caracterización	*Patrimonio Industrial*
Provincia	*Granada*
Municipio	*Jérez del Marquesado*
Situación	*Parque Nacional*
Tipo de central	*Microcentral Hidroeléctrica de agua fluyente*
Potencia	*360 KW*

En el año 1900 se instaló en la comarca la sociedad Escocesa con domicilio en Manchester [11] *The Alquife Mines and Railway company limited* para explotar las minas de Alquife[12]. En julio de ese mismo año se solicitaron a las autoridades Granadinas las primeras concesiones hidráulicas. Prácticamente todas las centrales hidroeléctricas se pusieron en

[11] Periódico el Accitano, Guadix 22 de Julio de 1900
[12] (Cohen Amselem, 1987)

funcionamiento entre 1906 y 1915, excepto Alhorí II, que lo hizo en 1923. Aparecieron entonces las líneas eléctricas de transporte desde Jérez hasta Alquife y la central transformadora.

FIGURA ***5***:
Imágenes de la central hidroeléctrica Natalio Zurita

Fuente: Fotografías de los autores

FIGURA 6:
Ficha de identificación en suelo no urbanizable de Alhorí I

Fuente: Ayuntamiento de Jérez del Marquesado

La construcción y puesta en marcha de los primeros generadores de corriente alterna polifásica de Nikola Tesla se produjo en el Niágara en 1896 y la instalación de un generador con la misma tecnología en estos barrancos se produjo en la central Alcazar Superior solo diez años después, en 1906.

Alhorí I se construyó en el año1911 conectada a la central de Alcázar Superior para incrementar la potencia eléctrica demandada por la llamada “mina del cerro” perteneciente a la compañía The Alquife Mines. Dispone de una maquinaria y equipos eléctricos similares a la central de Alcázar Superior, prácticamente son una réplica. En la actualidad es la única de las siete centrales que conserva la turbina y el generador, verdaderas piezas de museo del patrimonio industrial hidroeléctrico de la II Revolución Industrial.

FIGURA 7:
Nikola Tesla

Fuente:
http://dineroclub.net/nikola-tesla-el-genio-que-cambio-nuestro-mundo-alvarodabril/

4.3. La Central Hidroeléctrica del Sabinar

Denominación	*Central Hidroeléctrica Sabinar*
Otras denominaciones	*Canal del Rata*
Año de construcción	*1913*
Caracterización	*Patrimonio Industrial*
Provincia	*Granada*
Municipio	*Jérez del Marquesado*
Situación	*Parque Nacional de Sierra Nevada*
Tipo de Central	*Microcentral de agua fluyente*
Potencia	*590 KW Corriente Continua DC*

FIGURA 8:
Central Hidroeléctrica Sabinar.

Casa de máquinas

Casilla de los maquinistas

Canal de descarga

Casilla del guarda

Esta central está catalogada y protegida por el BIC Minas de Alquife[13] y reconocida dentro del Patrimonio Histórico Andaluz como patrimonio inmueble[14], pero no se han tomado

[13] Decreto 333/2010, de 13 de Julio, por el que se inscribe en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz como bien de interés cultural, con la tipología de lugar de interés industrial, Las Minas de Alquife, en los términos municipales de Alquife, Lanteira y Jérez del Marquesado, Granada. 26/07/2010,30.

medidas para su protección y conservación y sigue abandonada con el riesgo de su destrucción y desaparición.

FIGURA 9:
Ficha de identificación en suelo no urbanizable del Sabinar

Diputación de Granada

FICHA EDIFICACIÓN EN SUELO NO URBANIZABLE

Servicio de Ordenación del Territorio y Urbanismo

Municipio: JÉREZ DEL MARQUESADO

DATOS CATASTRALES
Polígono: 10 — Coordenada X (UTM): 483.566,000 m
Parcela: 41 — Coordenada Y (UTM): 4.110.268,000 m
Superficie: 33,0504 Ha — Paraje: SIERRA

ORDENACIÓN
Clasificación del suelo: No Urbanizable
Categoría del suelo:

EXPEDIENTE ADMINISTRATIVO
Licencia de Obras ☐ No solicitada ☐ Concedida ☐ Denegada ☐ Pendiente
Disciplina Urbanística ☐ Expediente restablecimiento orden perturbado ☐ Expediente de disciplina

DATOS DE LA EDIFICACIÓN
Uso actual: Ganadero — Estado de conservación: Regular
Nº de edificaciones: 1 — Superficie aproximada edificación: 100 m²
Nº de plantas: 1 — Fecha terminación de la construcción:

SERVICIOS BÁSICOS URBANÍSTICOS
☐ Acceso rodado ☐ Abastecimiento de agua ☐ Saneamiento ☐ Energía eléctrica ☐ Telecomunicaciones

OBSERVACIONES
ANTIGUA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Fotografía

Situación

Fuente: Ayuntamiento de Jérez del Marquesado

Las demás centrales no están catalogadas ni protegidas, sus aparatos están desapareciendo por robo y los edificios se están derrumbando hasta que se conviertan en otras ruinas más dentro del espacio protegido. Todas estas centrales tienen un valor como conjunto cultural industrial de Jérez del Marquesado que estamos en la obligación de proteger y conservar para dejar como legado de nuestra historia a las futuras generaciones.

Según Miguel Ángel Álvarez Areces Presidente de TICCIH-*España "La recuperación de esta riqueza de patrimonio industrial es un factor de autoestima para los habitantes de zonas afectadas por el declive industrial, y una herramienta contra el fatalismo tendencial a que parecen abocados estos territorios"*[15].

Es necesarios pues su inscripción en el catálogo general del Patrimonio Histórico Andaluz y la incorporación al inventario de bienes culturales del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada.

5. Los hombres y mujeres de los canales

La construcción y puesta en marcha de las centrales ayudo a combatir la pobreza de la población campesina. Una parte de la población rural más prospera, dueños de sus tierras, siguieron siendo campesinos y mantuvieron sus tareas tradicionales agrarias. Los más pobres trabajaron para las compañías eléctricas y mineras y fueron al mismo tiempo campesinos y mineros que compaginaban las labores del campo en el entorno de la central con la actividad industrial. Entre ellos se encontraban los maquinistas y guardas de las centrales eléctricas que eran trabajadores de la mina en la sierra[16].

El desarrollo de la industria minera e hidroeléctrica provocó un impacto en la economía rural y en la forma de vida de estos pueblos. Fue positivo para el desarrollo económico pues iniciamos un proceso de industrialización que tuvo que venir del exterior. Sin embargo, el

[14] http://www.iaph.es/patrimonio-inmueble-andalucia/resumen.do?id=i192198
[15] Patrimonio industrial. Un futuro para el pasado desde la visión europea. Miguel Ángel Álvarez-Areces.
[16] (Checa Olmos, 1991)

cierre de las minas ha sido un factor determinante en la comarca que impide su salida de la crisis. Estos pueblos quedaron sujetos al pasado de una época industrial minera y provoco un éxodo rural de los operarios y sus familias hacia zonas industrializadas.

FIGURA 10:
Familia de Evaristo en la Casa de Maquinistas de la Central Hidroeléctrica Alcazar Inferior (Sierra Nevada)

Fuente: Foto familiar de Pepe Hidalgo Buges

6. El Patrimonio Industrial Hidroeléctrico de Jérez del Marquesado

Este patrimonio, actualmente abandonado y prácticamente desconocido, incluye los canales de derivación que conducían el agua hasta las cámaras de carga, las tuberías forzadas, las casas de máquinas y las casillas de los guardas y maquinistas, con unas interesantísimas instalaciones desde el punto de vista tecnológico compuesto por turbina, generador y transformador que aún se conserva en una de las centrales. En ellas es posible reconocer los inicios de la historia de la producción eléctrica a nivel industrial, ya que las compañías extranjeras trajeron de manera temprana la tecnología a zonas remotas de la Península Ibérica en el contexto de una economía colonial basada en la extracción minera.

FIGURA 11:
Turbina y Generador de la Central Alhorí I

Fuente: Fotografía de los autores

FIGURA 12:
Juan Hidalgo " El Rubio " Maquinista de la Central Alhorí I realizando una visita

Fuente: Fotografía de los autores

A pesar de la presencia de un importante patrimonio minero que incluye las cercanas minas de Alquife, declaradas BIC[17], la conservación y defensa del Patrimonio Industrial no ha conseguido el reconocimiento e interés que merece, ni se ha considerado de utilidad e

[17] DECRETO 333/2010, de 13 de Julio, por el que se inscribe en el Catálogo del Patrimonio Histórico Andaluz con la tipología de lugar de interés industrial.

importancia para la zona. En Jérez del Marquesado se conservan también, además de las centrales hidroeléctricas, los importantes restos de las minas de Santa Constanza, el edificio del Seminario Menor, la almazara, una importante cantidad de molinos hidráulicos o, hasta hace poco, las herrerías del Marqués del Zenete. Sin embargo, son varias las razones, dificultades y obstáculos para su protección.

Uno de los primeros pasos que tendríamos que dar para proteger este patrimonio en peligro de desaparecer es incluir en el catálogo general del Patrimonio Cultural de Andalucía todos los canales de Jérez, compuestos cada uno por la casa de máquinas (edificio y maquinaria), casillas de los maquinistas y guardas y el canal y azud (canalización del agua y presa).

Uno de los valores importantes del patrimonio de los canales de Jérez es el paisaje valioso del que forman parte en Sierra Nevada y en el que están integrados, que podría generar un beneficio para estos lugares industriales, dándole nuevos usos como ruta montañera, de descanso y ocio y como espacio de sensibilización hacia el patrimonio industrial y el respeto al medio ambiente. Estas microcentrales hidroeléctricas son modelos de recreación didáctica donde la ingeniería ofrece fuentes de energía renovable para contribuir al desarrollo sostenible. En definitiva aumentaríamos la riqueza cultural y natural de Sierra Nevada.

7. Propuesta de rehabilitación de la central hidroeléctrica del Alhorí I y recreación histórica de su patrimonio industrial

Además del estudio histórico y técnico que estamos realizando, analizamos la viabilidad de la puesta en marcha de estas instalaciones abandonadas y proponemos la recuperación de una de ellas, propiedad del Ayuntamiento, con una potencia de 370 KW.

En una primera etapa esta central serviría para reducir costes y generar ingresos. Para ello la conectaríamos a la red eléctrica vertiendo su energía e incrementado el porcentaje de energías renovables en el sistema eléctrico. Sería una pequeña contribución que, sumada a otras por millones, son las que consiguen grandes acciones, según las recomendaciones del Plan de Energías Renovables (PER 2011-2020)[18].

En una segunda etapa se plantea como sistema de generación de energía hidroeléctrico para el autoconsumo del pueblo, con alguna fuente de respaldo fotovoltaico para cubrir la demanda. Ahora no se trata de invertir en grandes infraestructuras, sino en tecnología; no en plantas de generación centralizada, sino en muchos y pequeños generadores junto a los puntos de consumo; ni en largas cadenas para asegurar el suministro externo, sino en fuentes autóctonas, como el agua de nuestra sierra. En definitiva queremos contribuir a la transición energética desconectándonos de la red eléctrica.

De esta forma contribuimos a la reducción de la contaminación del planeta, mitigando el cambio climático que tanto afecta a Sierra Nevada. Todo ello, claro está, teniendo en cuenta los valores patrimoniales de las instalaciones y respetándolos para darle, al mismo tiempo, un uso cultural y didáctico.

Los motivos para hacer la propuesta están justificados en el proyecto desarrollado para la rehabilitación de esta central[19]., y resumidamente son los siguientes:

---

[18] El plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), dependiente del Ministerio de Industria Turismo y Comercio del Gobierno de España, propone el "desarrollo de potencial hidroeléctrico de tipo sostenible: Rehabilitación de centrales abandonadas de agua fluyente de mínimas afecciones medioambientales". http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_PER_2011-2020_def_93c624ab.pdf (página 316)

[19] El estudio técnico que justifica la viabilidad de la rehabilitación de la Central Hidroeléctrica Alhorí I se encuentran desarrollados en Proyecto fin de Master: *Estudio de alternativas y diseño de una central minihidráulica sobre la base de un antiguo aprovechamiento en Jérez del Marquesado (Granada)* 3 de Octubre de 2014 de la Universidad Politécnica de Cartagena cuyo autor es Juan Carlos Guerrero Ruiz.

a) Energéticos. La energía eléctrica que se produciría en la microcentral hidroeléctrica es renovable y sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Por estas razones el PER (2011-2020) propone invertir en la rehabilitación y puesta en funcionamiento de este tipo de centrales hidroeléctricas abandonadas. Se trata de una central que todavía cuenta con la obra civil integrada en el entorno natural del parque. Su impacto medioambiental sería reducido pues la obra civil ya está realizada desde inicios del siglo XX, y cuenta con una maquinaria antigua con un importante valor patrimonial que se restauraría para exponerla, desplazándola a otro espacio próximo, La turbina sería sustituida por una nueva, así como el generador, transformador y equipo de control.

   La central del Alhorí I está situada en uno de los mejores aprovechamientos hidráulicos de estos barrancos (37º08'54.39''N 3º12.95'' O elev. 1551 m) con un caudal promedio de 0,19 m3/s y una altura del salto de 251,63 m, que produce una potencia de 370 KW y genera una energía de 2424,56 MWh anual, según los cálculos realizados en el proyecto de rehabilitación mencionado anteriormente, donde se estudian los recursos hidráulicos[20].

b) Económicos. Ayuda al desarrollo de la población, generando energía en una central hidroeléctrica municipal de la que obtendríamos ingresos para el presupuesto del ayuntamiento.

c) Medioambientales. Se conserva en el río el caudal ecológico, puesto que de los 250 l/s que bajarían por el río Alhorí en este punto donde se encuentra el azud, derivaríamos por el canal 200 l/s para ser turbinados en la central, dejando fluir los 50 l/s restantes a lo largo de un pequeño tramo para que se conserve el ecosistema del río. Aproximadamente respetamos un 20% que podría ser ajustado, para retornar el agua al río en el canal de descarga de la central, recuperando su cauce normal.

Como hemos dicho, la central produciría una potencia media de: 370 KW y generaría una energía anual de: 2426,56 MWh. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), en el caso de la energía hidroeléctrica y eólica, se utiliza el factor de conversión Eurostat (1 MWh = 0,086 tep). Por tanto nuestra toneladas de petróleo equivalente serán:

tep = 2426,56 Mwh . 0,086 tep /Mwh = 208,68 tep

Es decir, la energía producida equivaldría a 209 toneladas de petróleo, pero al tratarse de una minicentral hidroeléctrica no tiene ninguna emisión de CO_2 a la atmosfera. Para valorar la cantidad de contaminación que dejamos de emitir supongamos que la energía eléctrica que generamos en Jérez del Marquesado con la central Alhorí I la generamos con la *Central Térmica de Carboneras*, que es la más próxima.

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) y consultando la tabla de factores de conversión de energía final-energía primaria y factores de emisión de CO2[21]. Indica que el factor de emisión de la Tecnología del Carbón tCO2 / MWh = 1.09

En nuestro caso:

2426,56 Mwh . 1,02 tCO2 / Mwh = 2.475 tCO2 en un año

Esto supone que para producir esa misma energía se generarían emisiones de CO2 a la atmosfera de 2.475 tCO2 en un año. Con la puesta en funcionamiento de la microcentral

---

[20] Para determinar el caudal de equipamiento se han utilizado dos fuentes: por un lado los datos obtenidos de la estación de aforo 5051: Río Alhorí en Jérez del Marquesado de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir http://ceh-flumen64.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-datos_descarga.asp y por otro el histórico de datos obtenidos del anterior concesionario en la explotación de la central.

[21] http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Factores_Conversion_Energia_y_CO2_2011_0a9cb734.pdf

dejaríamos de emitir una cantidad considerable de CO_2, gases de efecto invernadero, a parte de otros gases nocivos (óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre...) causantes del cambio climático y la lluvia ácida[22] y responsables en su medida del deterioro medioambiental también en Sierra Nevada. Contribuiríamos así a la descarbonización y entendemos que su puesta en marcha, lejos de producir impacto medioambiental negativo, sería beneficiosa para la conservación del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada[23].

8. Legislación ambiental: La difícil convivencia entre la protección natural y patrimonial

De las siete centrales hidroeléctricas que hay en los barrancos de Jérez, todas están paradas excepto la de Central de Jérez (Canal de la Urrutia) que está emplazada fuera de Parque Nacional y Natural. Dos de ellas están situadas en el Parque Nacional de Sierra Nevada, Sabinar y Alhorí I. Las otras cuatro, Alcázar Superior, Alcázar Inferior, Alhorí II y Natalio Zurita se encuentran situadas en el Parque Natural.

La rehabilitación de Alhorí I tiene tendría la ventaja de que la concesión de aguas está vigente[24]. Sin embargo la detracción del agua del río estaría prohibida ya que los aprovechamientos hidroeléctricos son actividades incompatibles con el espacio protegido según la ley de Parques Nacionales[25] y el PORN[26]. No obstante, en la zona del Parque Nacional y Natural existen en estos momentos cinco centrales hidroeléctricas en funcionamiento: una en el río de Dílar (Canal de la Espartera), otra en el río de Dúrcal (Central de la Sevillana) y otras tres centrales hidroeléctricas en la Alpujarra, en Pampaneira, el Duque y Poqueira. Esta última tiene 10,4 MW de potencia, con la cámara de carga y la tubería forzada en parque Nacional y realiza una detracción de caudal muy superior de la que se realizaría en el río Alhorí. Además, recientemente también se puso en funcionamiento una enorme central termosolar de 150 megavatios de 5,2 km^2 al norte de Sierra Nevada que, aunque está fuera del espacio protegido tiene un impacto ambiental, según el análisis del Ciclo de Vida (ACV) ISO 14040.

En el caso de los canales de Jérez, las instalaciones están presentes desde principios del siglo XX, mucho antes de la declaración de Parque Nacional y Natural, y la concesión no ha caducado. Aun así, solo en el caso de que la actuación fuera considerada como de “interés social” o se aplicara de manera excepcional una interpretación que tuviera en cuenta la existencia previa de la central y la concesión, podría llevarse a cabo un proyecto de rehabilitación.

La situación óptima sería protegerlas por sus valores históricos, preservando sus valores arquitectónicos, técnicos, sociales e industriales, y permitir en algún caso su rehabilitación y puesta en funcionamiento para generar energía renovable. Esto haría que se mantuvieran en buen estado, preservando su arquitectura, renovando la maquinaria y conservando la antigua una vez recuperada para musealizarla. Esto a su vez generaría recursos económicos para su mantenimiento y para el desarrollo económico del pueblo y, al mismo tiempo, otras

---

22 La reducción de las precipitaciones y el incremento de las temperaturas son consecuencia del efecto del cambio climático, pero en Sierra Nevada se produce otro factor determinante: el aumento de la deposición de polvo sahariano, un evento que tiene su raíz en persistentes sequías de la región del Sáhara y el Sahel, y que actúa de forma combinada con los efectos del cambio climático, según destaca este estudio encabezado por las investigadoras del Instituto del Agua de la Universidad de Granada, Laura Jiménez y Carmen Pérez.
https://canal.ugr.es/noticia/cambio-climatico-sierra-nevada/

23 (Guerrero Ruiz, 2014)

24 Según el plan PER 2011-2020 existe una oposición al otorgamiento de nuevas concesiones de agua de tipo fluyente por parte de determinados Organismos de Cuenca. Actualmente, la interpretación de la Directiva Marco Europea del Agua (DMA) está provocando sensibilidades en algún Organismo de Cuenca contrarias a la explotación de aprovechamientos hidroeléctricos existentes y al futuro desarrollo de los mismos. http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua/default.aspx

25 *Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales*

26 PORN: *Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de Sierra Nevad*a DECRETO 238/2011, de 12 de Julio, por el que se establece la ordenación y gestión de Sierra Nevada. Punto 4 apartado a) y f).

instalaciones podrían tener un uso cultural, turístico o bien como infraestructura del propio Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada.

Ya existen precedentes en el reconocimiento y puesta en valor del Patrimonio Industrial en otros entornos naturales protegidos a nivel nacional. En el Parque Nacional de Picos de Europa[27] tenemos un ejemplo donde se lleva a cabo una restauración y musealización del patrimonio industrial de una mina histórica abandonada[28].

FIGURA **13:**
Minas de Buferrera. Parque Nacional de Picos de Europa.

Fuente: https://visitarasturias.blogspot.com.es

FIGURA **14**
Refugio libre de la Gola

Fuente: http://travelphotobox.blogspot.com.es

En Cataluña tenemos el Parque Natural de l´Alt Pirineu[29], dentro de su patrimonio natural y cultural se considera y reconoce el Patrimonio Industrial y lo clasifica en dos grupos, la tecnología e industria y la producción hidroeléctrica. De este último se dice: "La Companyia" (Empresa hidroeléctrica histórica) estableció numerosas construcciones de todo tipo, especialmente en la alta montaña, que cambiaron la fisonomía del paisaje y afectaron numerosos cursos de agua y lagos. Muchas de estas construcciones se pueden apreciar todavía**,** aunque una parte importante ya no se utiliza, y algunas están siendo restauradas por ENDESA con la colaboración del Parque Natural. Otras, incluso, han pasado a ser emblemáticas".

Un ejemplo de estas instalaciones rehabilitadas se encuentra en la ruta al Estany de la Gola. Este paraje de alta montaña ubicado en el municipio de la Guingueta d'Àneu, en el Pallars Sobirà, forma parte del parque y a él sólo se puede acceder a pie. Aquí se rehabilitó la antigua sala de máquinas, como refugio libre con capacidad para diez personas, conocido actualmente como refugio libre de la Gola[30].

Dentro del Espacio Protegido de Sierra Nevada, falta una catalogación como patrimonio cultural de Andalucía y estas instalaciones han de ser recogidas en los bienes culturales del parque. Solo en un caso dentro de Jérez existe un cartel informativo, el de la Central Hidroeléctrica de Natalio Zurita, donde se sitúa la cámara de carga denominada Casilla Morales, en la que vivía el guarda. Se le asigna erróneamente el nombre de la casilla a la central, pero se da una información resumida en la que se describe la central y su historia, concluyendo de este modo:

---

27 http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/picos-europa/

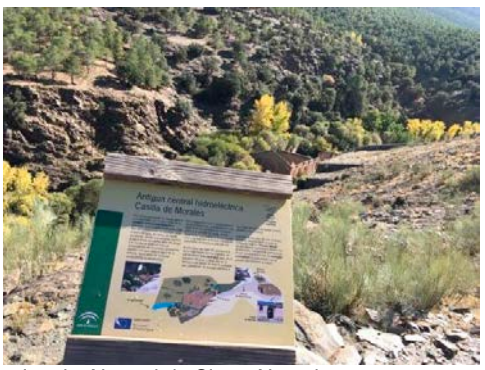
28 REAL DECRETO 384/2002, de 26 de abril, por el que se aprueba el Plan Rector de uso y gestión del Parque Nacional de los Picos de Europa (BOE, nº 119, de 18 de mayo de 2002). 2º Uso público. B) Infraestructuras de acogida de visitantes. d) Se restaurará en su totalidad la explanada de Campo la Tiese, completándose el sendero peatonal interpretativo que incluye el centro de visitantes «Pedro Pidal», el museo de sitio de la minería, el lago Ercina y el lago Enol, cerrando un itinerario de inicio y término en el propio aparcamiento de Buferrera.

29 http://parcsnaturals.gencat.cat/es/alt-pirineu/coneixeu-nos/patrimoni-natural-cultural/cultura-historia/patrimoni_industrial/

30 http://travelphotobox.blogspot.com.es/2014/07/de-cerbi-lestany-de-la-gola-pallars.html

"…A finales de los años 60, las centrales se fueron abandonando cuando la compañía inglesa Alquife Mines decidió dejar la explotación y vender sus propiedades. Actualmente permanecen en pie recordándonos que las energías renovables no solo pueden ser el pasado sino también el futuro".

FIGURA **15**
Panel informativo de la antigua central hidroeléctrica " Casilla Morales "



Fuente: fotografía en el Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada

Esta conclusión, que compartimos con el Parque, es precisamente lo que proponemos hacer con la central Alhorí I para que se convierta también en futuro. Pero además, existe también la posibilidad de utilizarlas desde una perspectiva cultural y turística. Estas centrales están situadas en pleno parque Nacional y Natural y recorrerlas nos permitiría disfrutar de la flora y fauna con la que cuenta el parque, así como visitar el patrimonio industrial hidroeléctrico del pueblo, un atractivo turístico singular en la comarca. Su recorrido no resultaría dificultoso, puesto que se puede aprovechar la obra civil de los distintos canales que se realizó en la época y que permitían hacer circular el agua de un canal a otro, recorriendo todas las centrales para trazar nuestro sendero que sería fácil de transitar. Algunas de estas casillas y casa de máquinas se pueden rehabilitar para convertirlas en refugios de montaña respetando su arquitectura como memoria viva de un pasado industrial. De este modo surge en colaboración con el *Ayuntamiento de Jérez del Marquesado* la Ruta de los Canales que se iniciaría y finalizaría en Jérez del Marquesado y que recorrería todas las antiguas centrales hidroeléctricas tal y como aparece en el mapa adjunto.

Para lograr este objetivo iniciaremos un proceso de homologación y finalmente lo incluiremos en el calendario anual del *club de Montaña Barranco Alcázar* de Jérez del Marquesado, para que se pueda recorrer dos veces al año en otoño y primavera, además se organizará un grupo de voluntariado para realizar un mantenimiento del sendero.

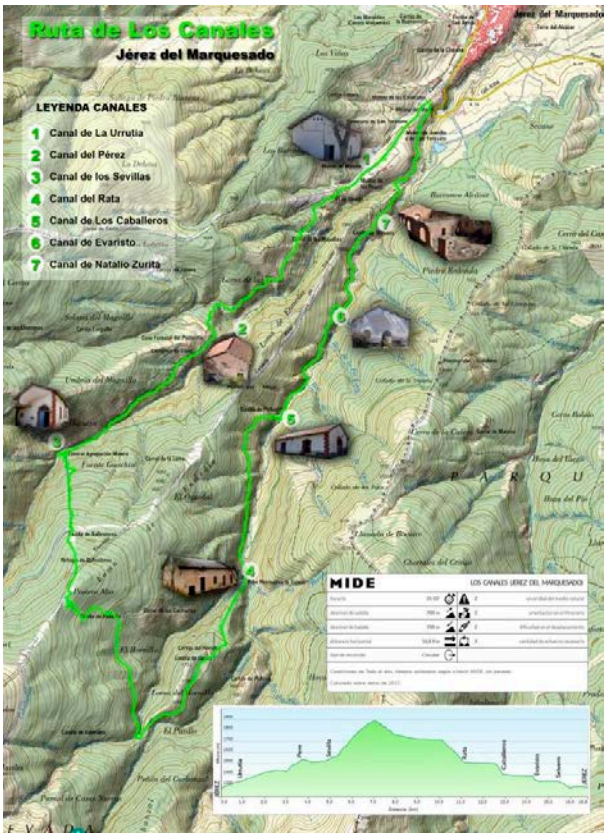
9. Conclusiones

¿Qué hacer con este patrimonio cultural? Se plantean varias posibilidades: En primer lugar su abandono y desaparición. Esta puede producir impactos en el medio ambiente y deteriora el paisaje natural que contendrá edificios e infraestructuras ruinosas en desuso, a parte de la perdida de nuestra historia y patrimonio que sería irrecuperable. Si aplicamos la Ley de Patrimonio Histórico de Andalucía[31], protegeremos y catalogamos los edificios y maquinarias dándole un uso patrimonial y cultural. Pero si aplicamos exclusivamente la legislación de

[31] Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía. **Artículo 67.** *Especial protección.* Serán especialmente protegidos aquellos conocimientos o actividades de carácter técnico, fabril o de ingeniería que estén en peligro de desaparición, auspiciando su estudio y difusión, como parte integrante de la cultura tecnológica andaluza. A tal fin se promoverá su investigación y la recogida de los mismos en soportes materiales que garanticen su transmisión a las futuras generaciones.

parques nacionales y naturales, sin contemplar ninguna excepcionalidad[32], perderemos en alguna de las centrales la posibilidad de generar desarrollo económico y sostenible a través del uso de las energías renovables.

FIGURA 16
Proyecto de Sendero de Pequeño Recorrido (PR)



Fuente: Joaquín Nollet – Técnico de Senderos FEDME

Creemos factible rehabilitar los edificios y utilizarlos como infraestructuras del Parque Nacional y Natural para refugios, áreas recreativas, aulas de medioambiente y rutas senderistas. En concreto, sería importante actuar en una de las centrales hidroeléctricas, musealizando sus equipos, y creando un centro de interpretación como actividad de turismo industrial.

Además, como ya hemos dicho, proponemos la rehabilitación de alguna central como instalaciones industriales de energía renovable, respetuosas con el medio ambiente, generando riqueza para ayudar al desarrollo sostenible de la comunidad y para financiar y mantener ese patrimonio. En concreto, planteamos una actuación en Alhorí I, siempre dentro del marco de la legislación ambiental y patrimonial, haciendo compatible la protección del medio ambiente y la del patrimonio cultural, según se recoge en el Plan Nacional de Patrimonio Industrial[33].

---

[32] *Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales. Articulo 7,3,* Se consideran actividades incompatibles las siguientes: b) Los aprovechamientos hidroeléctricos, vías de comunicación, redes energéticas y otras infraestructuras, salvo en circunstancias excepcionales debidamente justificadas por razones de protección ambiental o interés social, y siempre que no exista otra solución satisfactoria. En el caso de que dichas actividades o instalaciones, estén presentes en el momento de la declaración y no sea posible su supresión, las administraciones competentes adoptarán las medidas precisas para la corrección de sus efectos, dentro del plazo que a tal efecto establecerá la ley declarativa.

[33] Los centros productivos que dependen de unas materias primas locales o de una determinada geografía, como en el caso de la minería y sus centrales hidroeléctricas que están concentradas en un determinado territorio, crean unos paisajes industriales que actualmente se han revalorizado y concretamente tanto UNESCO como ICOMOS los ha promovido como Patrimonio de la Humanidad.

En Jérez del Marquesado, después del cese de la actividad minera y sus centrales hidroeléctricas, tampoco ha habido un desarrollo industrial sostenible, ni un desarrollo turístico patrimonial. El pueblo parece abocado a la despoblación paulatina en el marco de una economía que en un amplio porcentaje es subsidiada y subvencionada, compuesta por minifundios y unas tierras muy parceladas, con baja productividad, donde se abandonan la actividad agraria por falta de rentas. Todo esto implica una falta de desarrollo económico y desempleo que sigue provocando un éxodo rural, con un envejecimiento de la población debido a índices de natalidad bajos y no se vislumbran perspectivas de mejoría en un futuro.

El que la administración no contribuya de manera clara al desarrollo de la comarca es un hecho muy grave, ya que nunca ha habido un plan alternativo tras el declive de la minería que fue traumático. Estamos en una comarca donde la industria aprovechó sus recursos naturales que dejaron su huella en el patrimonio que hoy queremos poner en valor. El territorio está inmerso en una gran depresión económica y sus ciudadanos merecen una compensación por haber sufrido la pérdida de esta industria minera y el hundimiento de su economía. Se trata también, de saldar una deuda por el esfuerzo de sus trabajadores y, en buena medida, la esquilmación de sus recursos.

Hay que reclamar de la administración que la población rural sea atendida en sus necesidades de recuperación económica para que estos pueblos no mueran y desaparezcan, cambiando además los equilibrios, valores y servicios de estos paisajes culturales. Los proyectos que se pongan en marcha pueden ser de fondos Europeos, administración central, autonómica o local. Un pueblo con una baja actividad empresarial de servicios o negocios no dispone de fondos económicos que le permitan desarrollarse por sí mismo y no podemos seguir viviendo en una economía exclusivamente subsidiada y subvencionada, donde el aprovechamiento de los recursos de manera responsable y sostenible se encuentra en muchos casos extremadamente limitada. La recuperación y puesta en valor de un bien que nos identifica y pertenece, que forma parte de nuestro paisaje y de la historia es una de sus posibles oportunidades de desarrollo. Este patrimonio interpretado de manera integral, dinámica y sostenible, desplegando todas sus posibilidades industriales, patrimoniales, y medioambientales contribuiría en su medida a la recuperación económica del pueblo de Jérez y a un mejor futuro para el territorio y para nuestro planeta.

Referencias bibliográficas

- Checa Olmos, F. (1991): *Labradores, pastores y mineros*. Universidad de Granada. Granada
- Cohen Amselem, A. (1987): *El Marquesado del Zenete, tierra de minas*. Diputación Provincial de Granada, Granada
- Guerrero Ruiz, J.C. (2014): *Estudio de alternativas y diseño de una central minihidráulica sobre la base de un antiguo aprovechamiento en Jérez del Marquesado (Granada)*. TFM. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Guzmán Álvarez, J.R. (2010): “Usos del agua y paisaje en el Marquesado del Cenete”, en Guzmán Álvarez, J.R. (ed.): *El agua domesticada. El paisaje de los regadíos de montaña en Andalucía.* Junta de Andalucía, Sevilla pp. 304-315.
- Martín Civantos, J.M. (2004): “Alcázar: Una alquería en la cara norte de Sierra Nevada”, *Edad Media*, 6, pp. 227-258.
- Martín Civantos, J.M. (2007): *Poblamiento y territorio medieval en el Zenete (Granada)*. Universidad de Granada. Granada

4. Montaña: evolución, conservación y cambio climático

- Cambios en la vegetación, clima e impacto humano durante los últimos 11.500 años en Sierra Nevada
- Construcción de una serie climática de nubosidad en una montaña mediterránea: el caso de Calar Alto (Sierra de los Filabres, Almería)
- Caracterización del aerosol biológico de Sierra Nevada (Granada, España)
- La consideración del medio natural como espacio deportivo en la nueva Ley del deporte de Andalucía y la consiguiente obligación para los municipios de fomentar las actividades deportivas en la naturaleza.

CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN, CLIMA EN IMPACTO HUMANO DURANTE LOS ÚLTIMOS 11.500 AÑOS EN SIERRA NEVADA

GONZALO JIMÉNEZ-MORENO[1]; R. SCOTT ANDERSON[2]; MARÍA J. RAMOS-ROMÁN[1]; JON CAMUERA[1]; JOSE MANUEL MESA-FERNÁNDEZ[1]; SAUL MANZANO[3]; ANTONIO GARCÍA-ALIX[1]; FRANCISCO J. JIMÉNEZ-ESPEJO[4]; JOSÉ S. CARRIÓN[3]; JAIME L. TONEY[5]
gonzaloj@ugr.es, scott.anderson@nau.edu, mjrr@ugr.es, jcamuera@ugr.es, jmesa@iact.ugr-csic.es, saul.manzano.rodriguez@gmail.com, agalix@ugr.es, fjjspejo@jamstec.go.jp, carrion@um.es, Jaime.Toney@glasgow.ac.uk
[1]*Departamento de Paleontología y Estratigrafía, Universidad de Granada, España,*
[2] *School of Earth Sciences and Environmental Sustainability, Northern Arizona University, EEUU,*
[3]Departmento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Murcia, España,
[4] *Department of Biogeochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Japón,*
[5] *School of Geographical and Earth Sciences, University of Glasgow, UK.*

RESUMEN

El estudio palinológico del registro sedimentario de los últimos 11500 años de las lagunas y borreguiles de Sierra Nevada indica un máximo de temperatura y humedad entre los 10500 y 7000 años. Esto se deduce por la abundancia de especies arbóreas en Sierra Nevada y la abundancia de algas en los humedales alpinos durante ese periodo de tiempo. A partir de los últimos 7000 años, y sobre todo después de un periodo de transición entre 7000 – 5000 años, se produce un proceso de aridificación progresiva con la disminución de especies arbóreas y el aumento de hierbas xerófitas en esta región. El proceso de aridificación progresiva se encuentra interrumpido por oscilaciones climáticas entre las que se identifican varios periodos de sequías importantes y periodos húmedos. A partir de los últimos 3000 años se observa un gran impacto del hombre en Sierra Nevada, a través del aumento en los incendios, pastoreo y la eutrofización de algunos humedales así como el cultivo masivo de Olea a altitudes más bajas y la reforestación por Pinus.

Palabras clave: Clima, vegetación, polen, carbones, Holoceno, Sierra Nevada

ABSTRACT

The palynological study of the sedimentary record of the last 11500 years of the alpine lakes and bogs of Sierra Nevada indicates a maximum of temperature and humidity between 10500 and 7000 years. This is deduced by the abundance of tree species in Sierra Nevada and the abundance of algae in alpine wetlands during that period of time. Since the last 7000 years, and especially after a period of transition between 7000; 5000 years, a process of progressive aridification occurred with the decrease in tree species and the increase in xerophytic herbs in this region. The process of progressive aridification was interrupted by climatic oscillations between which several periods of important droughts and wet periods are identified. Enhanced human impact is observed in Sierra Nevada in the last 3000 years through grazing and the eutrophication of some wetlands as well as the widespread cultivation of Olea at lower altitudes and Pinus reforestation.

Keywords: *Climate, vegetation, pollen, charcoal, Holocene, Sierra Nevada*

1. Introducción

Debido a la naturaleza compleja del cambio global, se hacen necesarios estudios para comprender las interacciones entre la actividad antropogénica y los cambios en la biosfera, geosfera e hidrosfera. La huella del cambio climático natural y antropogénico queda registrada en los sedimentos de lagos y borreguiles a través de los restos de organismos, entre los que se encuentran el polen y partículas de carbones. A partir de estos análisis obtendremos información sobre cambios en la vegetación y en la frecuencia de incendios.

El objetivo principal de este estudio es describir el cambio en la vegetación y en la frecuencia de incendios para descifrar cambios en el clima e influencia antrópica en los ecosistemas alpinos de Sierra Nevada y, en lo posible, contribuir así a predecir el impacto del efecto del cambio climático futuro sobre estos ecosistemas.

2. Métodos

Los objetivos de este trabajo se llevaron a cabo mediante el estudio del polen y carbones a alta resolución de los sedimentos de lagos y borreguiles durante el Holoceno (los últimos 12000 años). Para la obtención de los sedimentos de lagos y borreguiles se tomaron testigos de sedimento en las zonas de máxima profundidad de lagunas mediante una sonda de gravedad y una sonda Livingstone (Fig. 1). Los testigos se muestrean posteriormente en intervalos de 0.5 cm (Fig. 2). Los sedimentos se dataron principalmente a partir de la técnica del carbono 14.

La separación del polen del resto de los sedimentos se realizó a partir del ataque químico con HCl, HF y acetolisis que produce la destrucción de las partículas minerales y del material celulósico. El residuo final, rico en granos polen, se monta en preparaciones junto con glicerina que serán analizadas al microscopio óptico (Jiménez-Moreno & Anderson, 2012). En cada muestra se identificaron 300 granos de polen generalmente a nivel de familia y género. La clasificación se realizó por comparación con colección de pólenes actuales y utilizando diferentes atlas a través de microscopios de luz transmitida a 400 aumentos. Las abundancias de las diferentes especies se transformaron en porcentajes con respecto al total (sin incluir especies acuáticas; p.e., Cyperaceae). La zonación de los diagramas polínicos se realizó a partir de un análisis de cluster mediante el software CONISS (Grimm et al., 1987). El porcentaje de algas se calculó con respecto al total de granos de polen.

FIGURA 1
Muestreo de sedimentos utilizando una sonda Livingstone en la Laguna de Río Seco

Con respecto al estudio de los carbones, se tomaron un volumen de 1 cm^3 cada 0.5 cm a lo largo de los testigos de sedimento. Las muestras se procesaron siguiendo el análisis a alta resolución de partículas de carbón descrito en Millspaugh and Whitlock (1995). A las muestras

se le añadió una solución al 10% de metafosfato de sodio [$Na(PO_3)_3$] hasta que se conseguió la total disgregación del sedimento. Más tarde, las muestras se tamizaron a través de tamices a 125-μm y 250-μm y la muestra restante se transfirió a placas de petri, en las cuales a partir de una lupa binocular (x10-20) se procedió al recuento de carbones en las distintas fracciones de sedimento (Anderson et al., 2011).

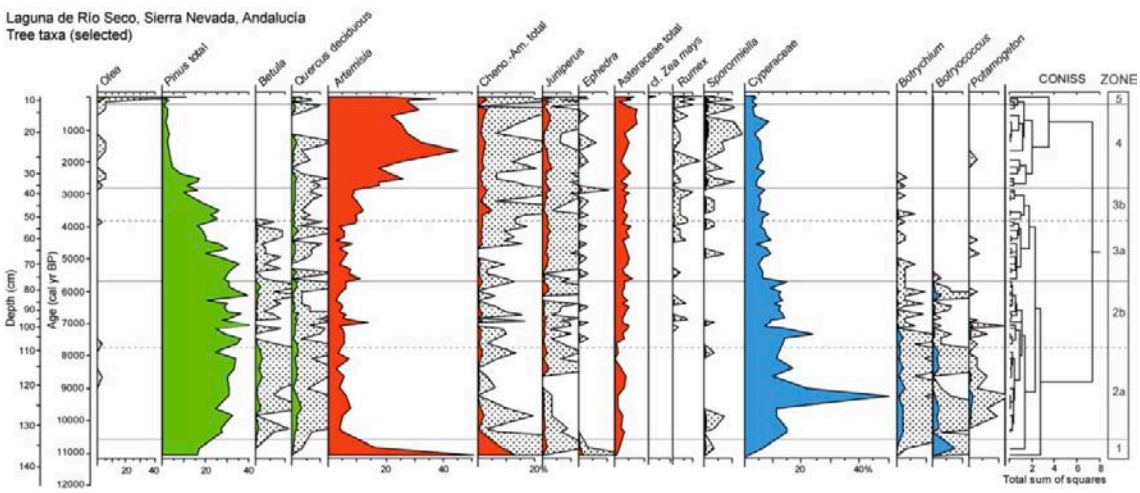
FIGURA 2
Ejemplo de parte más superficial de un testigo de sedimento obtenido de los Borreguiles de la Virgen

3. Resultados

3.1. Tendencias generales para el Holoceno.

- 11500 – 10500 años. Los espectros de polen de la Laguna de Río Seco de esta edad están caracterizados por la abundancia de *Artemisia*, *Ephedra* y Amaranthaceae y en menores proporciones Poaceae, *Juniperus*, *Salix*, *Herniaria*, and tipo *Silene* (Fig. 3; Anderson et al., 2011). También se alcanzan los máximos porcentajes de *Botryococcus* de todo el registro.

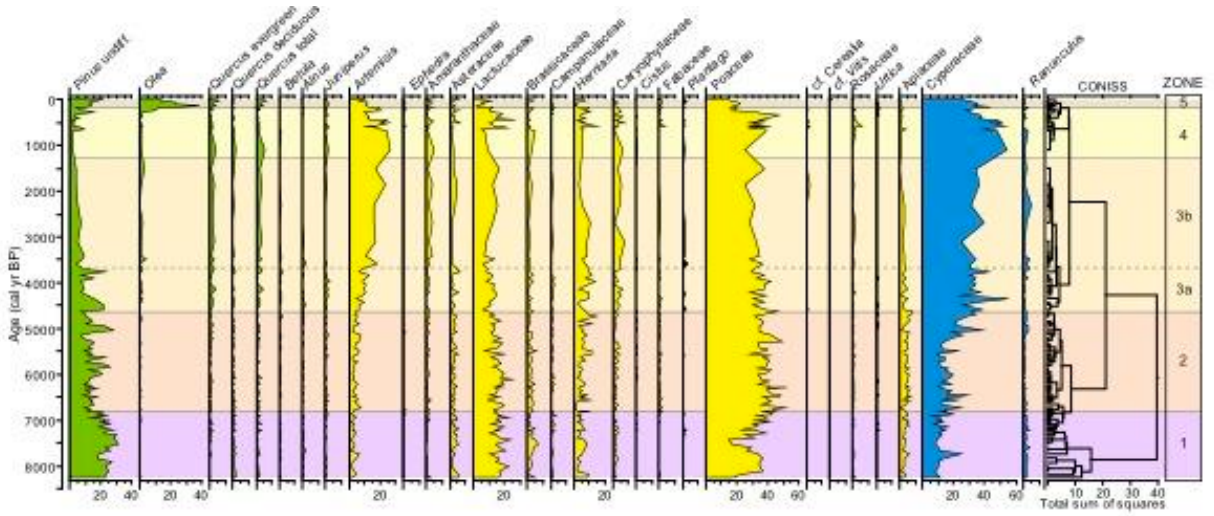
FIGURA 3
Diagrama de polen sintético de la Laguna de Río Seco. En verde las especies arbóreas, rojo las herbáceas y en azul las acuáticas. A la derecha se muestran las zonas polínicas identificadas a través del tiempo. Modificado de Anderson et al. (2011).



- 10500 – 7000 años. Tanto en Laguna de Río Seco como en el Borreguil de la Virgen (Figs. 3 y 4) se alcanzan los máximos porcentajes de especies arbóreas, sobre todo en *Pinus* y *Quercus* (de hoja caduca), pero también en *Betula, Alnus* y *Salix* (Anderson et al., 2011; Jiménez-Moreno & Anderson, 2012). Por otro lado, *Artemisia*, *Juniperus* y Amaranthaceae registran porcentajes mínimos. Las especies acuáticas, como *Botryococcus*, *Pediastrum* y Cyperaceae, alcanzan máximos durante este periodo.

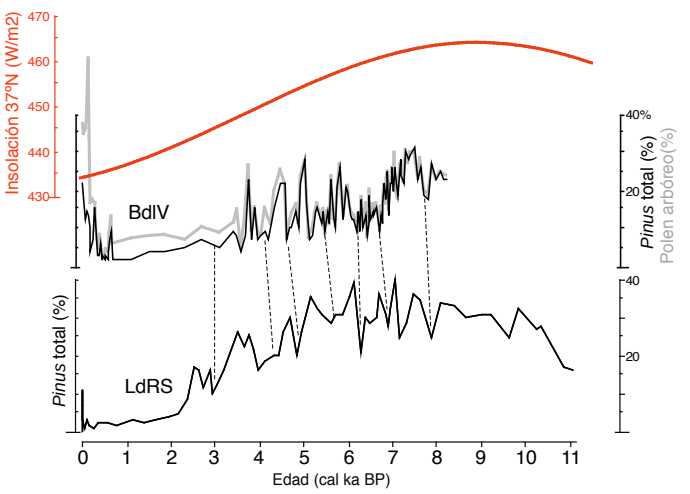
- 7000 – 5000 años. *Pinus* se mantiene abundante, pero otras especies forestales como *Quercus* de tipo caduco y *Betula* disminuyen. Las especies acuáticas también disminuyen considerablemente.
- 5000 – 3000 años. *Pinus* disminuye progresivamente (Fig. 5) y por el contrario *Artemisia*, Amaranthaceae, aumentan.

FIGURA 4
Diagrama de polen sintético de los Borreguiles de la Virgen. En verde las especies forestales, en amarillo las herbáceas y en azul las acuáticas. A la derecha se muestran las zonas polínicas identificadas a través del tiempo. Modificado de Jiménez-Moreno et al. (2012).



- 3000 – actualidad. *Pinus* sigue disminuyendo hasta el año ca. 1950 en el que tanto en la Laguna de Río Seco, como en el Borreguil de la Virgen se registran aumentos considerables. *Artemisia* y Amaranthaceae siguen aumentando. La frecuencia de incendios incrementa a partir de este momento. *Sporormiella*, un hongo asociado a las heces de herbívoros aumenta considerablemente tanto en el registro de Río Seco (últimos 3000 años) como en Borreguiles de la Virgen (últimos 200 años). La abundancia de tecamebas (Protozoa, Rhizopoda) en el Borreguil de la Virgen en los últimos 200 años indica eutrofización (Jiménez-Moreno & Anderson, 2012).

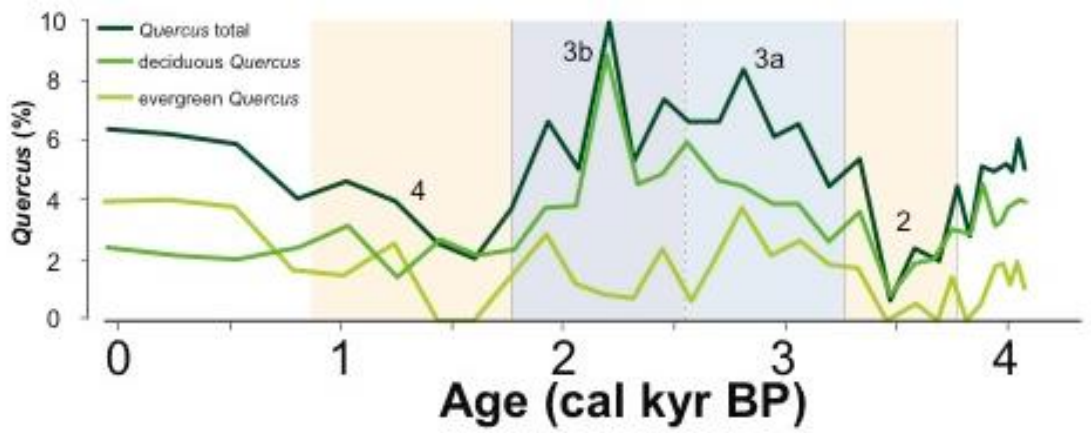
FIGURA 5
Comparación entre el porcentaje de *Pinus* de la Laguna de Río Seco y de los Borreguiles de la Virgen (Anderson et al., 2011 y Jiménez-Moreno et al., 2012) con la curva de insolación de verano a 37ºN. La tendencia a partir de los 7000 años (7 ka) es a una deforestación (aridificación).



Cambios en la vegetación a escala de milenios

Además de la tendencia general a la disminución en especies arbóreas a partir de los 7000 años, se observan importantes variaciones cíclicas en las abundancias polínicas, sobre todo en *Pinus* y *Quercus*. En las secuencias de Río Seco y Borreguil de la Virgen se observan mínimos en *Pinus* alrededor de 6500, 5200 y 4000 años. Y en la secuencia de la Laguna de la Mula se observan mínimos en *Quercus* (de hoja caduca y perenne) entre 3800-3100 y 1800-600 años (Fig. 6; Jiménez-Moreno et al., 2013).

FIGURA 6
Evolución del porcentaje de *Quercus* (de hoja caduca y perenne) en los últimos 4000 años registrado en la Laguna de la Mula (Jiménez-Moreno et al., 2013). Los máximos porcentajes de *Quercus* de hoja caduca se registran durante el periodo húmedo ibero-romano (en azul). En amarillo se muestran dos periodos relativamente áridos.



4. Discusión

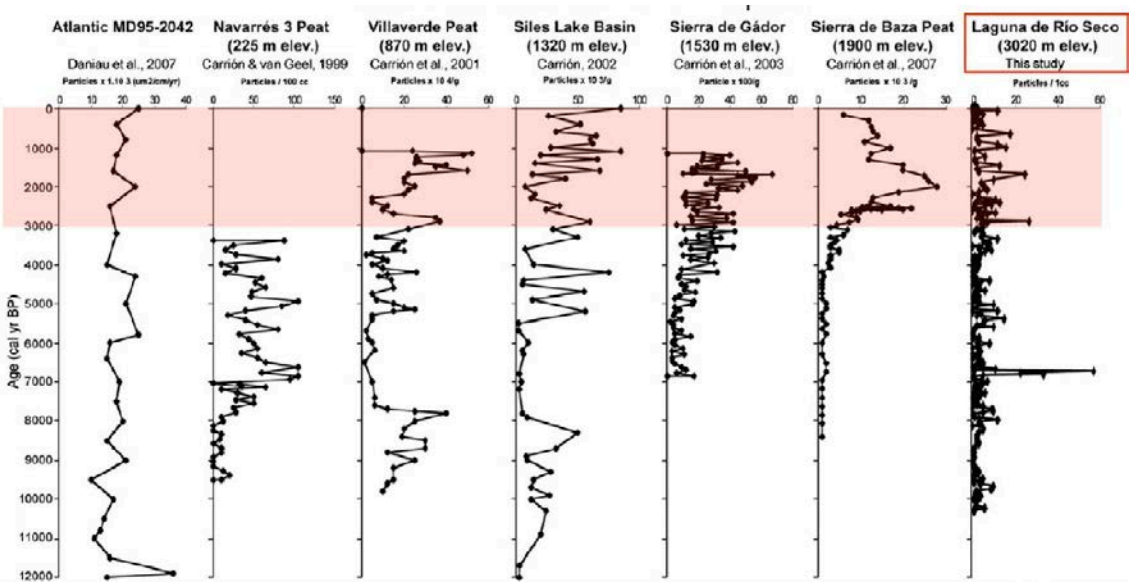
4.1. Deglaciación en Sierra Nevada (11500 – 10500 años)

El registro sedimentario más antiguo de Laguna de Río Seco indica una vegetación de tipo esteparia (*Artemisia*, Amaranthaceae, *Ephedra*), lo que indica condiciones muy áridas y frías en esta región. Similares datos de polen se han registrado en la turbera de Padul (Pons & Reille, 1988) y en la Cueva de la Carihuela (Fernández et al., 2007), así como en registros marinos del Mar de Alborán (Dormoy et al., 2009; Fletcher et al., 2010).

4.2. Holoceno temprano cálido y húmedo (10500 – 7000 años)

La abundancia de especies forestales (*Pinus*, *Quercus*, *Betula*) y taxones acuáticos (*Botryococcus*, *Pediastrum*) durante el Holoceno temprano en Sierra Nevada indica las condiciones más cálidas y húmedas de las registradas durante los últimos 12000 años en esta región. Abundan los estudios tanto regionales (Pons & Reille, 1988; Burjachs et al., 1997; Fletcher & Sánchez Goñi, 2008) como globales que muestran un Holoceno temprano húmedo y cálido (Jalut et al., 2009; Brayshaw et al., 2011). Un Holoceno temprano muy cálido podría ser explicado por el máximo de insolación en verano que se alcanza en este momento y que produciría un calentamiento climático. El máximo de humedad se podría explicar por un aumento en esta época del contraste de temperatura tierra/mar en la región Mediterránea durante el otoño, lo que favorecería el aumento de precipitaciones durante el otoño/invierno (Tuenter et al., 2003; Meijer & Tuenter, 2007).

FIGURA 7
Datos de carbones de la Laguna de Río Seco comparados con otros registros de incendios del sur de la Península Ibérica. La franja rosa señala el aumento de incendios a partir de aproximadamente 3000 años. Modificado de Anderson et al., (2011).



4.3. Enfriamiento y aridificación durante el Holoceno medio y tardío (7000 – actualidad)

En los registros polínicos de Sierra Nevada se observa un proceso progresivo de deforestación y disminución de las especies acuáticas en el registro sedimentario de los humedales. Esta tendencia, que empieza a partir de 7000 años y se intensifica a partir de los 5000 años, podría ser explicada por un progresivo enfriamiento climático y, sobre todo, por un aumento en la aridez. Este proceso de aridificación ha sido observado en otros registros polínicos de esta región (p.e., Sierra de Cazorla; Carrión, 2002; Mar de Alborán; Fletcher et al., 2010) y a partir de muchos otros indicadores paleoclimáticos para toda la región Mediterránea (espeleotemas, niveles de lagos, aportes fluviales y eólicos; Jalut et al., 2009). Este cambio climático, disminución de la temperatura y aumento en la aridez, se explica por la disminución en la insolación en verano (Cacho et al., 2002; Rensen et al., 2003).

4.4. Variaciones climáticas a escala de milenios

La tendencia hacia un incremento en la aridez está caracterizada en los registros de polen de Sierra Nevada por cambios cíclicos de escala más corta. Se pueden reconocer grandes sequías alrededor de 6500, 5200 y 4000-3500 y 1500 años. Algunas de estas sequías son regionales y mundialmente reconocidas (ver resumen en Jiménez-Moreno & Anderson, 2012). Un ejemplo, muy bien documentado, es la sequía que caracteriza la época medieval (Moreno et al., 2012), muy evidente en el registro de la Laguna de la Mula (Jiménez-Moreno et al., 2013). Entre periodos áridos hay otros relativamente más húmedos, como el observado en la Laguna de la Mula coincidiendo con el máximo de humedad de la época romana (Jiménez-Moreno et al., 2013). Estas variaciones climáticas probablemente tengan que ver con cambios cíclicos de gran escala en la frecuencia del fenómeno de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO en inglés) y periodos áridos se deberían a fases más largas de NAO + y los periodos más húmedos a fases más largas de NAO;. Estos últimos producirían un aumento de la precipitación en la región Mediterránea (Trouet et al., 2009).

4.5. Impacto del hombre en la vegetación, pastoreo y cultivo

Múltiples evidencias muestran que a partir de los 3000 años y hasta la actualidad se intensifica la actividad del hombre en Sierra Nevada. A partir de este momento se produce un aumento de la frecuencia de incendios en esta región (Fig. 7; Anderson et al. 2011; Jiménez-Moreno et al., 2013), así como evidencias de pastoreo y de minería (García-Alix et al., 2013) y más recientemente el cultivo de olivo a gran escala a altitudes más bajas así como la reforestación.

5. Conclusiones

Los humedales alpinos de Sierra Nevada han reaccionado muy rápidamente y son muy sensibles con respecto al cambio medioambiental y climático durante todo el Holoceno, reflejando eventos climáticos de escala regional y global. Sierra Nevada es, por tanto, especialmente sensible al cambio global e importantes cambios acontecerán en estos ecosistemas alpinos (p.e., eutrofización, aridificación, aumento de incendios) si no se frena el aumento de temperatura actual.

Referencias bibliográficas

- Anderson, R. S., Jiménez-Moreno, G., Carrión, J.S., Pérez-Martínez, C., 2011. Holocene vegetation history from Laguna de Río Seco, Sierra Nevada, southern Spain. Quaternary Science Reviews 30, 1615-1629.
- Brayshaw, D.J., Rambeau, C.M.C., Smith, S.J., 2011. Changes in Mediterranean climate during the Holocene: insights from global and regional climate modelling. The Holocene 21, 15–31.
- Burjachs, F., Giralt, S., Roca, J.R., Seret, G., Julià, R., 1997. Palinología holocénica y desertización en el Mediterráneo occidental. In: Ibáñez, J.J., Valero, B.L., Machado, C. (Eds.), El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo. Implicaciones en la desertificación. Geoforma Editores, Logroño, pp. 379–394.
- Cacho, I., Grimalt, J.O., Canals, M., 2002. Response of the Western Mediterranean Sea to rapid climatic variability during the last 50,000 years: a molecular biomarker approach. Journal of Marine Systems 33–34, 253–272.
- Carrión, J.S., 2002. Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe. Quaternary Science Reviews 21, 2047–2066.
- Dormoy, I., Peyron, O., Combourieu Nebout, N., Goring, S., Kotthoff, U., Magny, M., Pross, J., 2009. Terrestrial climate variability and seasonality changes in the Mediterranean region between 15,000 and 4000 years BP deduced from marine pollen records. Climates of the Past 5, 615-632.
- Fernández, S., Fuentes, N., Carrión, J.S., González-Sampériz, P., Montoya, E., Gil, G., Vega-Toscano, G., Riquelme, J.A., 2007. The Holocene and upper Pleistocene pollen sequence of Carihuela cave, southern Spain. Geobios 40, 75-90.
- Fletcher, W.J., Sanchez Goñi, M.F., 2008. Orbital- and sub-orbital-scale climate impacts on vegetation of the western Mediterranean basin over the last 48,000 yr. Quaternary Research 70, 451–464.
- Fletcher, W.J., Sanchez Goñi, M.F., Peyron, O., Dormoy, I., 2010. Abrupt climate changes of the last deglaciation detected in a Western Mediterranean forest record. Climates of the Past 6, 245–264.
- García-Alix, A., Jimenez-Espejo, F.J., Lozano, J.A., Jiménez-Moreno, G., Martinez-Ruiz, F., García Sanjuán, L., Aranda Jiménez, G., García Alfonso, E., Ruiz-Puertas, G., Anderson, R.S., 2013. Anthropogenic impact and lead pollution throughout the Holocene in Southern Iberia. Science of the Total Environment. 449, 451-460.
- Grimm, E.C., 1987. CONISS: a Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. Computers and Geosciences 13, 13–35.
- Jalut, G., Dedoubat, J.J., Fontugne, M., Otto, T., 2009. Holocene circum-Mediterranean vegetation changes: climate forcing and human impact. Quaternary International 200, 4–18.
- Jiménez-Moreno, G., Anderson, R.S., 2012. Holocene vegetation and climate change recorded in alpine bog sediments from the Borreguiles de la Virgen, Sierra Nevada, southern Spain. Quaternary Research 77, 44-53.
- Jiménez-Moreno, G., García-Alix, A., Hernández-Corbalán, M.D., Anderson, R.S., Delgado-Huertas, A., 2013. Vegetation, fire, climate and human disturbance history in the southwestern Mediterranean area during the late Holocene. Quaternary Research 79, 110-122.
- Meijer, P.Th., Tuenter, E., 2007. The effect of precession-induced changes in the Mediterranean freshwater budget on circulation at shallow and intermediate depth. Journal of Marine Systems 68, 349–365.
- Moreno, A., Pérez, A., Frigola, J., Nieto-Moreno, V., Rodrigo-Gámiz, M., Martrat, B., González-Sampériz, P., Morellón, M., Martín-Puertas, C., Corella, J.P., Belmonte, A., Sancho, C., Cacho, I., Herrera, G., Canals, M., Grimalt, J.O., Jiménez-Espejo, F.,
- Martínez-Ruiz, F., Vegas-Villarrúbia, T., Valero-Garcés, B.L., 2012. The Medieval Climate Anomaly in the Iberian Peninsula reconstructed from marine and lake records. Quaternary Science Reviews 42, 16–32.
- Pons, A., Reille, M., 1988. The Holocene- and Upper Pleistocene pollen record from Padul (Granada, Spain): a new study. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 66, 243–263.

- Trouet, V., Esper, J., Graham, N.E., Baker, A., Scourse, J.D., Frank, D.C., 2009. Persistent positive north Atlantic oscillation mode dominated the Medieval climate anomaly. Science 324, 78–80.
- Tuenter, E., Weber, S.L., Hilgen, F.J., Lourens, L.J., 2003. The response of the African summer monsoon to remote and local forcing due to precession and obliquity. Global and Planetary Change 36, 219–235.
- Renssen, H., Brovkin, V., Fichefet, T., Goosse, H., 2003. Holocene climate instability during the termination of the African Humid Period. Geophysical Research Letters 30, 1184

CONSTRUCCIÓN DE UNA SERIE CLIMÁTICA DE NUBOSIDAD EN UNA MONTAÑA MEDITERRÁNEA: EL CASO DE CALAR ALTO (SIERRA DE LOS FILABRES, ALMERÍA)

JOSE ANTONIO QUESADA MORENO; EMILIO MARTÍNEZ IBARRA
jaquesadamoreno@hotmail.es, emibarra@ugr.es
Universidad de Granada

RESUMEN

En el presente trabajo se ha realizado la construcción de una serie de nubosidad para el observatorio de Calar Alto (2.168 m.), emplazado en la Sierra de los Filabres, provincia de Almería. Para ello se ha partido de la serie de datos de temperatura y humedad registrados en dicho observatorio durante el periodo 1970-2017. A partir de esta información y siguiendo el "criterio experto" se ha elaborado una serie de nubosidad nocturna. Posteriormente, a partir de los anteriores datos junto con los obtenidos de imágenes MODIS y los resultados del trabajo de Calbó y Sánchez-Lorenzo, se ha podido componer una base de datos de nubosidad anual para el periodo 1958-2017. De esta forma se ha creado una serie climatológica de nubosidad inédita para una estación de montaña mediterránea, y se ha realizado una aproximación a la evolución de dicho parámetro a escala estacional y anual.

Palabras clave: Climatología de montaña, observatorio astronómico de Calar Alto (Sierra de los Filabres), construcción de series de nubosidad, tendencia

ABSTRACT

In the present work, the construction of a serie of cloudiness has been carried out for the observatory of Calar Alto (2.168 m.), located in the Sierra de los Filabres, province of Almería. To this end, the series of temperature and humidity data recorded in this observatory for the period 1970-2017 has been used. From this information and following the "expert criterion" a series of night cloudiness has been elaborated. Subsequently, from the previous data together with those obtained from MODIS images and the results of the work of Calbó and Sánchez-Lorenzo, has been possible to generate a database of annual cloudiness during 1958-2017. In this way, has been created an unpublished climate serie of cloudiness for a mediterranean mountain observatory and an approximation has been realized to the evolution of said parameter on a seasonal and annual scale.

Keywords: *Mountain climatology, Calar Alto (Sierra de los Filabres) astronomical observatory, construction of cloudiness series, trend*

1. Introducción

En el contexto del cambio climático, se ha comprobado como la región mediterránea constituye uno de los espacios del mundo con menor elasticidad climática ante el calentamiento global (Giorgi et al., 2001). Así, la zona del mediterráneo junto con el Noreste de Europa, aparecen como los principales "hot-spots" del planeta (Giorgi, 2006). En el caso del Mediterráneo, ello es debido al decrecimiento de la precipitación y el incremento de la variabilidad de las lluvias durante la estación seca (Giorgi, 2006). Además, en algunos trabajos y para determinados fenómenos, como las olas de calor, se ha demostrado como las zonas montañosas dentro del mediterráneo son de las menos resilentes ante el cambio climático (Gómez-Martín, et al., 2014).

En ese marco, el estudio del clima y su evolución en los espacios montañosos es de indudable interés. A pesar de ello los trabajos climáticos en este ámbito no suelen ser frecuentes, sobre la base de las dificultades asociadas con la accesibilidad, la instalación de estaciones

meteorológicas en estos entornos, y la complejidad vinculada con el registro continuo de datos, especialmente, cuando se presentan condiciones meteorológicas extremas (Martínez-Ibarra, 2006).

Esta falta es aún más patente en parámetros como la nubosidad, incluso a nivel general, y, por tanto, no sólo para los ámbitos montañosos. Así, Curto et al. (2009), Calbó y Sánchez-Lorenzo (2009), Sánchez-Lorenzo et al. (2012) o Sánchez-Lorenzo et al. (2016) denuncian la escasez de estudios sobre nubosidad en la península Ibérica.

Ante la necesidad de conocer mejor el clima de montaña, y dada la disponibilidad de datos de temperatura y humedad inéditos, para un periodo de 48 años (1970-2017), del observatorio astronómico de Calar Alto (Sierra de los Filabres, Almería), se ha construido una serie de nubosidad para dicha zona por criterio experto, validando la serie elaborada mediante la comparación tanto con otras fuentes como con otros resultados obtenidos en diferentes investigaciones.

1.1. Área objeto de estudio

Los datos meteorológicos analizados provienen del observatorio astronómico de Calar Alto, situado a 2.168 m., en la Sierra de los Filabres, provincia de Almería, a unos 70 Km al noreste de Sierra Nevada (Andalucía, España). Se trata de un centro Astronómico Hispano-Alemán consorciado por el Instituto Max-Planck de Astronomía alemán y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Desde el punto de vista astronómico, es el observatorio óptico más importante en la Europa continental desde los años 70 del s.XX.
El área objeto de estudio se sitúa en la parte axial de la cordillera Bética, en su sector sur-oriental, al abrigo aerológico (anticiclónico) y orográfico (sector más septentrional y occidental de la cordillera bética) de los sistemas baroclínicos asociados a la Circuación General del Oeste. De acuerdo con los trabajos de Gómez et al. (2015 y 2016), este ámbito, desde el puno de vista climático, pertenece a los “climas de alta montaña” de la región andaluza, concretamente al inicio altitudinal del “clima mediterráneo periglaciar seco-subhúmeo de altas cumbres béticas”. En el caso concreto del sector culminante de la Sierra de los Filabres, aparece un clima frío y seco, con unas temperaturas medias anuales en torno a los 7ºC (Tabla 1), y unos valores de precipitación medios anuales que, probablemente, rondan los 400-500 mm, con una humedad relativa media alrededor del 65-70%. Es de destacar la dilatada estación seca presente en el ámbito, fundamentalmente por su posición tan meridional respeto a la Circulación General del Oeste. En cuanto a los extremos, las temperaturas mínimas y máximas absolutas rondan los;20ºC y los 29ºC (Tabla 1), con unos valores de humedad mínimos que pueden alcanzar cifras ínfimas, inferiores al 5%, por lo que en ocasiones, en invierno, el punto de rocío se puede situar francamente bajo, inferior a;25ºC (Tabla 1).

Tabla 1
Parámetros climáticos medios y extremos absolutos en el observatorio de Calar Alto (Sierra de los Filabres, Almería) durante el periodo 2002-2017.

Variables	Max	Min	Media	Desviación típica
Temperatura (ºC)	29	-19,7	7,2	1,9
Punto de rocío (ºC)	17,5	-29,0	0,4	2,35
Humedad relativa (%)	100	3	67,3	9,28
Velocidad del viento (m/s)	58,6	0,4	5,2	1,9
Presión atmosférica (hPa)	832,8	743,0	776,3	1

Fuente: Datos estación automática del observatorio de Calar Alto (http://www.caha.es/WDXI/STAT/stat.html).

2. Fuentes y metodología

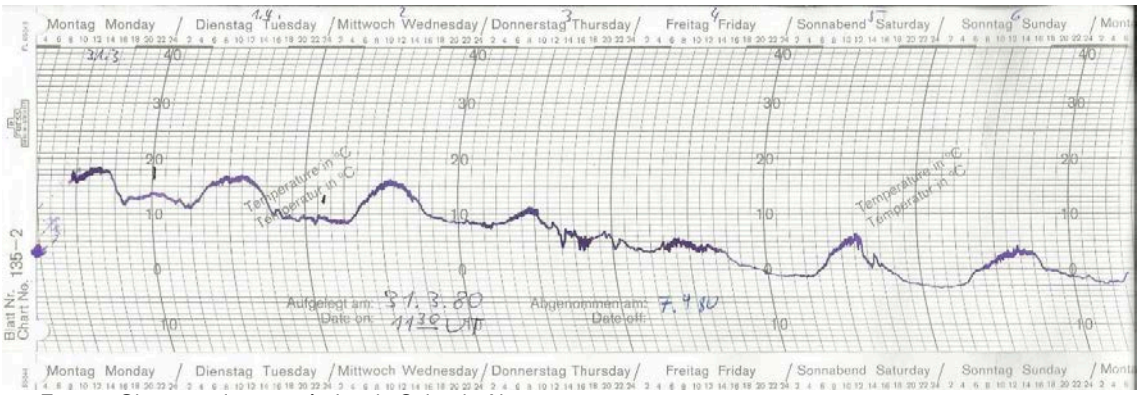
Se parte de los datos de temperatura y humedad relativa de las bandas del termo-higrógrafo del observatorio de Calar Alto, del periodo 1970-1996, y datos de la estación automática del mismo observatorio de temperatura y humedad relativa para el periodo 1997-2017. Así se ha completado una serie de temperatura y humedad relativa para el observatorio de Calar Alto durante 1970-2017.

Con estos datos de temperatura y humedad se han deducido las noches claras o despejadas para el periodo 1970-2017. Para la conversión de los datos termo-higrométricos a noches claras debe tenerse en cuenta, en primer lugar, la experiencia de uno de los autores como observador en Calar Alto. Ciertamente, Quesada-Moreno ha deducido noches claras a partir del análisis de termo-hidrogramas de Calar Alto durante 20 años. Por tanto, el "criterio experto" en este sentido está respaldado en una amplia experiencia.

Al respecto, téngase en cuenta que las noches claras tipo reproducen las siguientes características en las bandas analizadas: 1) La temperatura muestra un ciclo diario (día y noche), con máximos en el centro del día y mínimos durante la noche, tal y como se observa claramente para el lunes, martes, miércoles, sábado y domingo del termo-hidrograma que aparece en la figura 1. En ocasiones se manifiestan dientes de sierra, pero se mantiene el ciclo, con un máximo diurno y mínimo nocturno. Estas últimas circunstancias, menos nítidas, aparecen, por ejemplo, ante la presencia de nubosidad de evolución diurna durante el periodo cálido; 2) Se ha fijado también un control a partir de la oscilación térmica, que depende de la estación y de particulares meteorológicas, como, por ejemplo, la presencia de calima, para discriminar las noches claras; 3) Se ha tenido en cuenta también el contexto de días previos y posteriores, pues la oscilación térmica en situaciones de cielo claro no siempre es la misma, depende, también, del marco atmosférico reinante; 4) Se han descartado las noches con más del 95% de humedad, por estar asociadas frecuentemente con la presencia de niebla; 5) Los escasos hiatos encontrados en las bandas analizadas han sido rellenados a partir de las observaciones realizadas en los observatorios completos de Almería y Granada, disponibles en los Boletines Diarios del antiguo Instituto Nacional de Meteorología (INM); 6)

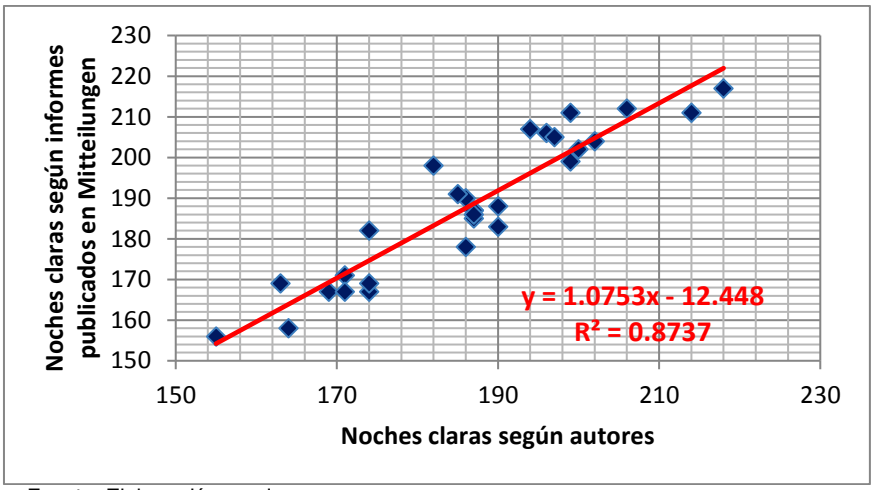
Así se creado para el periodo 1970-2017 una serie de noches claras o despejadas. Téngase en cuenta que, desde el punto de vista astronómico, esta definición implica que el cielo estuvo despejado o con nubosidad muy escasa o nula (inferior al 20% de cielo cubierto en el sector central del cielo, esto es, el comprendido entre los 15-90º sobre el horizonte) al menos durante seis horas seguidas; 7) Se han contrastado los datos a nivel mensual con los inducidos por otro observador para el mismo observatorio y que realizó el mismo procedimiento de deducir noches claras a partir de termo-hidrogramas. Este último observador disponía, con frecuencia, de informes de observación realizados durante la noche por astrónomos. El cotejo de estas dos series se ha realizado a lo largo del periodo común, comprendido entre 1970-2001. Los datos mensuales del otro observador se han obtenido de la revista Mitteilungen, disponible en http://www1.astronomische-gesellschaft.de/RDS/en/publikationen/mitteilungen. Concretamente aparecen en los siguientes números y páginas: Nº 29 p. 78, nº 31 p. 315, nº 35 p. 94, nº 39 p. 103, nº 41 p. 122, n º44 p. 123, nº 46 p. 157, nº 49 p. 187, nº 53 p. 183, nº 56 p. 203, nº 59 p. 181, nº 61 p. 177, nº 64 p. 159, nº 66 p. 160, nº 69 p. 153, nº 71 p. 157, nº 72 p. 1723, nº 73 p. 173, nº 74 p. 237, nº 75 p. 249, nº 76 p. 272, nº 77 p. 299, nº 78 p. 335, nº 79 p. 383, nº 80 p. 359, nº 81 p. 399, nº 82 p. 439, nº 83 p. 439, nº 84 p. 451, nº 85 p. 451 y nº 86 p. 425). El coeficiente de determinación, a resolución anual, obtenido para dicho periodo respecto a las dos series de noches claras, la creada por nosotros y por el observador antes nombrado, para el caso del observatorio de Calar Alto, ha sido muy elevado, con un valor de 0.8737 (Figura 2). Ello sustenta la robustez del procedimiento utilizado en nuestro trabajo para generar el producto de noches claras a partir de termo-hidrogramas.

FIGURA 1
Termograma del observatorio de Calar Alto



Fuente: Observatorio astronómico de Calar de Alto

FIGURA 2
Correspondencia entre la serie de noches claras realizada por los autores del presente trabajo y las publicadas en la revista Mitteilungen durante el periodo 1970-2001



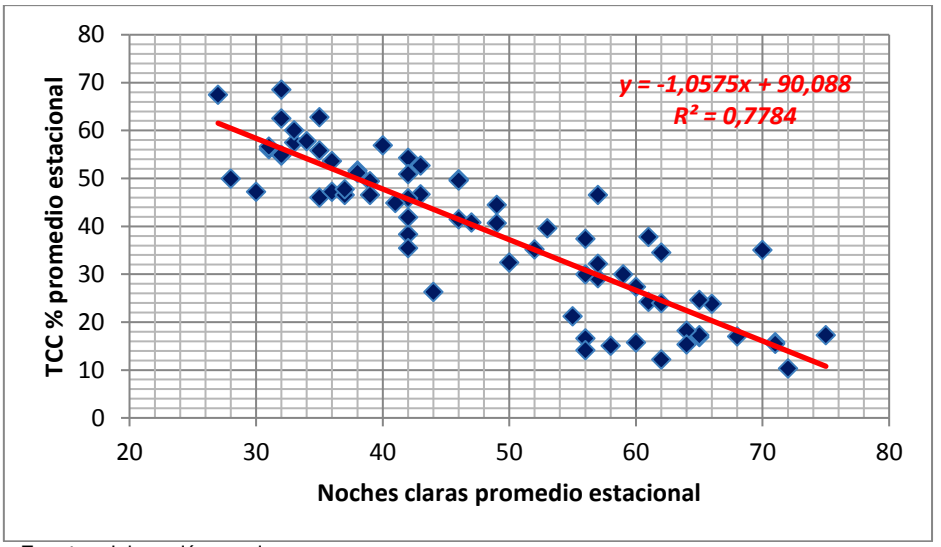
Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos hemos analizado nuestra serie de noches claras a nivel anual y estacional, concretamente sus estadísticos básicos y las tendencias durante el periodo 1970-2017. El análisis estacional se ha abordado con el objeto de comprobar si los resultados anuales atenuaban los obtenidos a lo largo de las distintas estaciones.

A continuación, hemos construido una serie de cobertura nubosa ("Total Cloud Cover", TCC). Para crearla hemos correlacionado a escala mensual las noches claras obtenidas por nosotros con el producto TCC (formato geotiff) de las imágenes MODIS, con una resolución espacial de 11x11km. El TCC ofrece el valor medio entre la pasada diurna y nocturna. Hemos seleccionado únicamente el pixel de nuestra zona. Las imágenes se han obtenido a partir de la siguiente dirección electrónica:
https://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=MODAL2_M_CLD_FR
(datos mensuales de TCC). Únicamente para consultar datos puntuales se ha accedido a https://worldview.earthdata.nasa.gov/. Esta información mensual se ha reducido a escala anual con el programa QGIS para el periodo 2000-2017.

Posteriormente, se ha correlacionado por estaciones los valores del TCC con las noches claras obtenidas por nosotros. Los resultados para el periodo 2000-2017 ofrecen un R^2 bastante elevado, de 0.778 (Figura 3). Se ha extrapolado el valor de noches claras a TCC porque los estudios enfocados desde la perspectiva climática analizan esta última variable.

FIGURA 3
Correspondencia entre la serie de noches claras creada por los autores y el TCC obtenido de imágenes MODIS durante el periodo 2000-2017

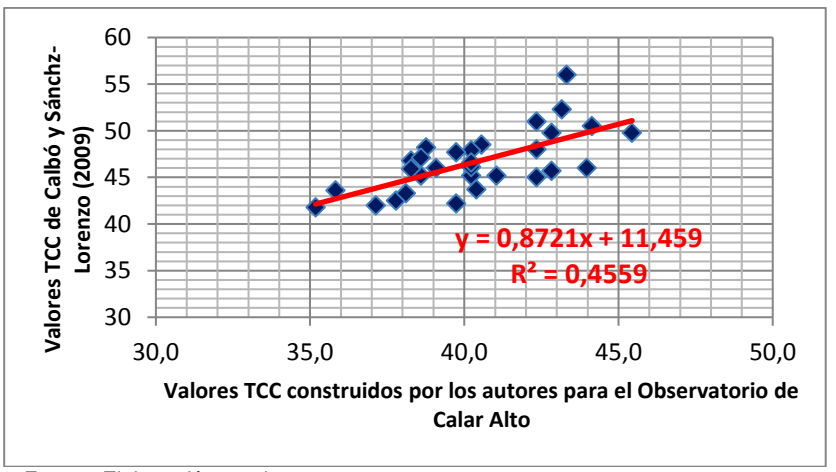


Fuente: elaboración propia.

A partir de la recta de regresión obtenida (y=-1,057x+90,08) se ha generado con nuestros datos de noches claras a escala anual el TCC para el observatorio del Calar Alto durante el periodo 1970-2017.

Por último, hemos extendido la serie de TCC para el Calar Alto desde 1958 a 1970 con el apoyo de los datos del trabajo de Calbó y Sanchez-Lorenzo (2009). Estos autores ofrecen en su investigación valores de TCC anual para el periodo 1958-2002. Sus datos provienen de la información que ofrece el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (CEPMPM), denominada ERA-40. Específicamente, se corresponden con datos TCC anuales promediados para el conjunto de la península Ibérica. Estos datos los hemos correlacionado con los nuestros, a resolución anual, para el periodo común, esto es, 1970-2002. El R^2 estimado ha sido aceptable, con valor de 0.455 (Figura 4), lo que implica un coeficiente de correlación de Pearson de prácticamente el 0,7. Con la recta de regresión obtenida, y=0,872x+11,45, hemos construido hacia atrás nuestra serie, desde 1970 hasta 1958.
Así, finalmente hemos logrado una serie de nubosidad diurna (TCC) a escala anual para el caso del Calar Alto a lo largo del periodo 1958-2017.

FIGURA 4
Correspondencia entre la serie de TCC elaborada en el presente trabajo y los datos promediados para la península Ibérica del trabajo de Calbó y Sánchez-Lorenzo (2009)

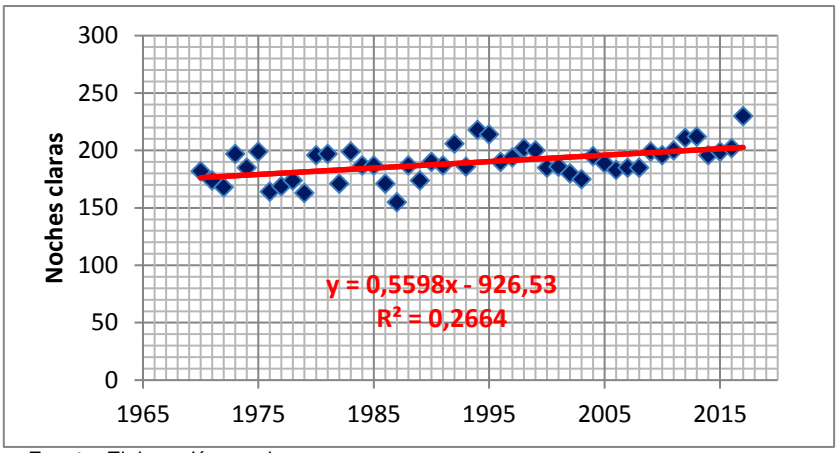


Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados

La serie construida a partir de termo-hidrogramas a nivel anual para el caso de las noches claras durante el periodo 1970-2017 muestra un promedio anual de algo más del 50% los días, lo que representa un total medio anual de 189 días. A este respecto, la variabilidad anual hallada ha sido baja, pues apenas supera los 15 días, con un coeficiente de variación igualmente bajo, de un 8%. Estos datos demuestran la idoneidad del observatorio del Calar Alto para la realización de observaciones astronómicas y su aptitud para el desarrollo del turismo astronómico.

FIGURA 5
Noches claras obtenidas a partir de termo-hidrogramas (1970-2017)



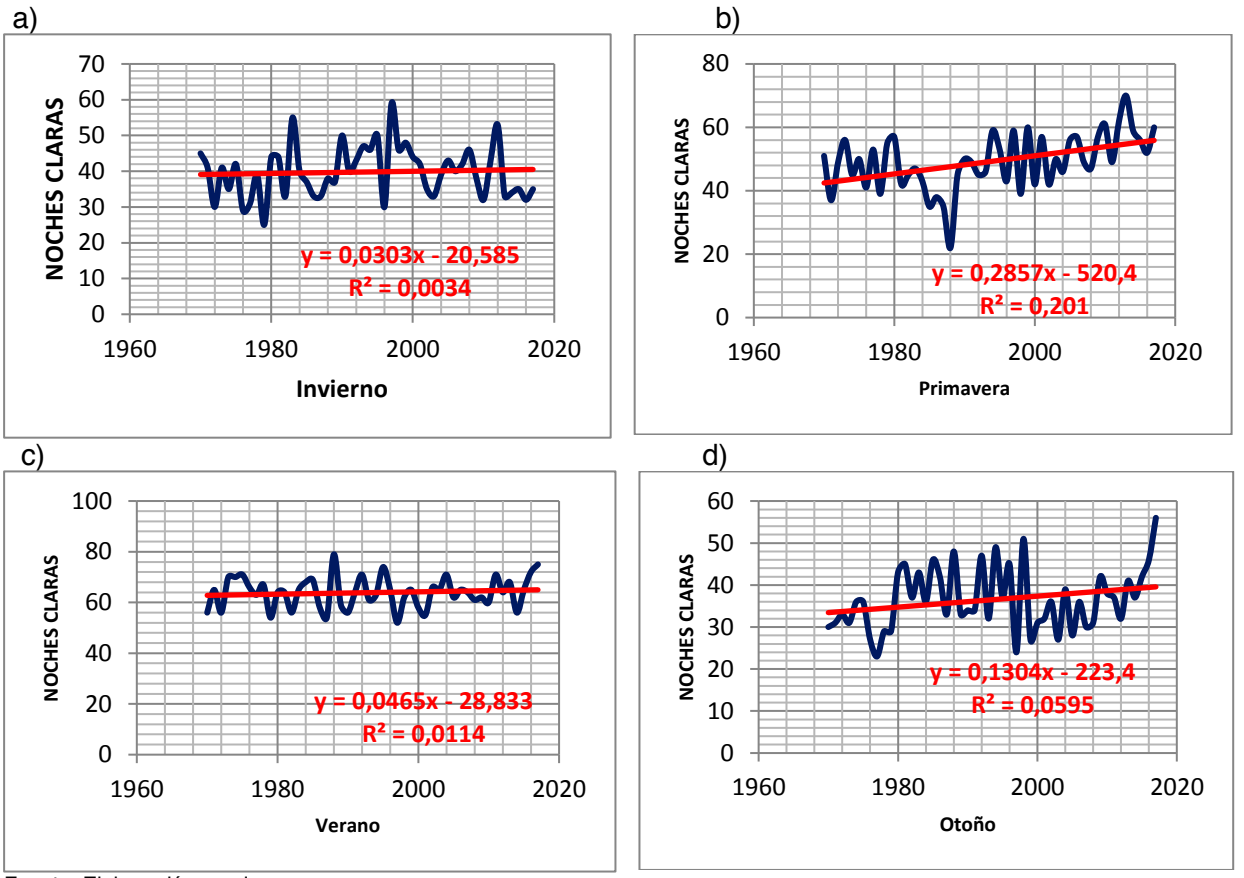
Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la evolución de esta misma variable, las noches claras, a resolución anual y para el mismo periodo, 1970-2017, parecen insinuarse, en primer lugar, ciclos de baja amplitud, de 4-6 años, superpuestos a oscilaciones de mayor periodo, alrededor de 10-13 años. En términos de tendencia cabe advertir que esta denota una pendiente positiva, por lo que se ha producido un incremento anual de las noches claras en el periodo analizado, específicamente, de las 175 a las 200 noches (Figura 5). De acuerdo con el test de Mann-Kendall la tendencia observada es significativa, ya que el p-value obtenido es claramente inferior al parámetro alpha (p-value =0,001 y alpha =0,05).

Estos mismos datos (noches claras) se han analizado a nivel estacional, con el objeto de comprobar si los resultados a nivel anual suavizan o no las tendencias descritas anteriormente para el caso de los valores anuales. En primer lugar, conviene tener presente que el invierno comprendería los meses de enero, febrero y marzo; la primavera los de abril, mayo y junio; el verano los de julio, agosto y septiembre; y el otoño los meses de octubre, noviembre y diciembre. Los resultados, en este caso, denotan que en invierno y en verano prácticamente no ha existido variación de noches claras en la serie de 48 años analizada: únicamente se ha observado un tímido incremento de entre 2-3 noches claras a lo largo del todo el periodo estudiado (Figura 6). Sin embargo, en primavera y otoño se ha obtenido un incremento de noches claras más evidente a lo largo del periodo 1970-2017, de 7 noches en otoño y del orden de 13 en primavera. Por lo que parece insinuarse un alargamiento de las condiciones de estabilidad atmosférica del estío.

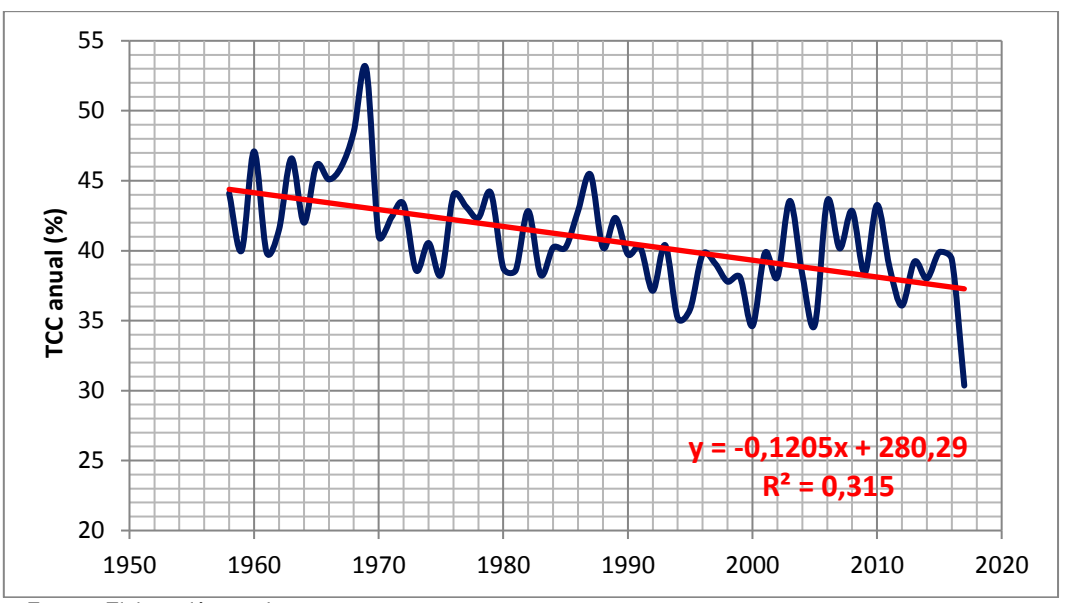
Por otro lado, se ha creado una serie de nubosidad (variable “Total Cloud Cover”, TCC), en este caso sólo a resolución anual, ampliada hasta 1958, por lo que cubre el lapso temporal 1958-2017. Los resultados muestran una media de nubosidad del 41% en la zona objeto de estudio, con una desviación típica del 3,4%, lo que implica un coeficiente de variación muy modesto, que supera ligeramente el valor del 8%.

FIGURA 6
Noches claras obtenidas a partir de termo-hidrogramas por estaciones (1970 2017)



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 7
Nubosidad (TCC) (1958-2017)



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la tendencia del TCC para el periodo 1958-2017, aparece una pendiente decreciente. Según el test de Mann-Kendall la tendencia observada es significativa (p-value

=0,000 y alpha =0,05). Estos datos son congruentes con los alcanzados para el caso de las "noches claras" construidas.

4. Discusión

El análisis de las series de nubosidad (noches claras y TCC) obtenidas para el observatorio de Calar Alto (Sierra de los Filabres, Almería) reflejan una tendencia decreciente de este hidrometeoro desde 1970 y 1958, respectivamente. Estos resultados son consistentes con los obtenidos en la región mediterránea para las últimas décadas y este mismo elemento climático por Maugeri et al. (2001), Calbó y Sánchez-Lorenzo (2009) y Sánchez-Lorenzo et al. (2009, 2012, 2016). A nivel estacional parece que dicho decrecimiento es más evidente en primavera, tal y como se ha comprobado en el presente estudio y en el de Sánchez-Lorenzo et al. (2016). Además, debe tenerse en cuenta que las proyecciones sobre nubosidad de cara al futuro son coherentes con los resultados que han demostrado una tendencia negativa durante los últimos lustros. Efectivamente, Wild et al. (2015) y Enriquez-Alonso et al. (2016) vaticinan un decrecimiento de la cobertura nubosa a lo largo del siglo XXI.

5. Conclusiones

En el presente trabajo se ha generado una serie de nubosidad de notable fiabilidad a partir de "criterio experto" para el periodo nocturno (noches claras) y el TCC (en %) para el caso del observatorio astronómico de Calar Alto, emplazado en la Sierra de los Filabres, Almería. Los datos así obtenidos para esta variable son de notable interés y ayudan a completar el déficit presente en el estudio del clima de montaña, en general, y de la nubosidad, en particular.
Los resultados obtenidos reflejan el alto potencial astronómico de la zona analizada, con una media para el periodo 1970-2017 que supera ligeramente las 189 noches claras/año. Ello también se refleja en el caso del valor del TCC medio anual, ya que se sitúa alrededor del 41% a lo largo del periodo 1958-2017.

Respecto a la tendencia de los valores nuestros resultados manifiestan una reducción de la nubosidad durante las últimas décadas, al igual que ha sido descrito en otros trabajos realizados en la zona mediterránea. En términos estrictamente astronómicos ello implica un incremento del potencial para la observación del cielo, que a su vez puede significar un aumento de la rentabilidad científica del aprovechamiento astronómico del observatorio de Calar Alto.

6. Referencias bibliográfias

- Calbó, J. y Sanchez-Lorenzo, A. (2009). Cloudiness climatology in the Iberian Peninsula from three global gridded datasets (ISCCP, CRUTS 2.1, ERA-40). *Theoretical and Applied Climatology*, 96, 105-115.
- Calbó, J. y Sánchez-Lorenzo, A. (2009). Cloudiness climatology in the Iberian Peninsula from three global gridded datasets (ISCCP, CRUTS 2.1., ERA-40). *Theoretical Applied Climatology*, 96: 105-115.
- Curto, J., Pallë, E., Sole, G. (2009). Sunshine and synoptic cloud observations at Ebro Observatory, 1910-2006. *International Journal of Climatology*, 29:2183-2190.
- Enriquez-Alonso, A., Sanchez-Lorenzo, A., Calbó, J., González, J. A. & Norris, J. (2016). Cloud cover climatologies in the Mediterranean obtained from satellites, surface observations, reanalyses, and CMIP5 simulations: validation and future scenarios. *Climate Dynamics*, 47, 249-269.
- Giorgi, F. (2006). Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters*, 33(8), 1-4.
- Giorgi, F., P. W. Whetton, R. G. Jones, J. H. Christensen, L. O. Mearns, B. Hewitson, H. vonStorch, R. Francisco y C. Jack (2001). Emerging patterns of simulated regional climatic changes for the 21st century due to anthropogenic forcings. *Geophysical Research Letters*, 28, 3317-3320.
- Gómez-Martín, M.B., Armesto-López, X.A. y Martínez-Ibarra, E. (2014). The Spanish tourist sector facing extreme climate events: a case study of domestic tourism in the heat wave of 2003. *International Journal of Biometeorology*, 58(5), 781-797.
- Martínez-Ibarra, E. (2006). Distribución estacional y horaria de la humedad relativa y la niebla en una montaña mediterránea: resultados preliminares en Aitana (Alicante). En J.M. Cuadrat Prats, M.A. Saz Sánchez, S.M. Vicente Serrano, S. Lanjeri, M. de Luis Arrillaga y J.C. González-Hidalgo (Eds.), *Clima, sociedad y medio ambiente*. Zaragoza, España: Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC).

- Maugeri, M., Bagnati, Z., Brunetti, M. y Nanni, T. (2001). Trends in Italian total cloud amount, 1951–1996. *Geophysical Research Letters*, 28, 4551-4554.
- Sánchez-Lorenzo, A., Calbó, J. y Wild, M. (2012). Increasing cloud cover in the 20th century: review and new findings in Spain. *Climate of the Past*, 4(8): 1199-1212.
- Sanchez-Lorenzo, A., Calbó, J., Brunetti, M. y Deser, C. (2009). Dimming/brightening over the Iberian Peninsula: Trends in sunshine duration and cloud cover and their relations with atmospheric circulation. *Geophysical Research Letters*, 114, 1-17.
- Sánchez-Lorenzo, A., Enriquez-Alonso, A., Calbó, J., González, J.A., Wild, M., FolIni, D., Norris, J.R. y Vicente-Serrano, S.M. (2016). Fewer clouds in the Mediterranean: consistency of observations and climate simulations. *Scientific Reports*, 7:41475.
- Wild, M., Folini, D., Henschel, F., Fischer, N. & Müller, B. (2015). Projections of long-term changes in solar radiation based on CMIP5 climate models and their influence on energy yields of photovoltaic systems. *Solar Energy*, 116, 12-24.

CARACTERIZACIÓN DEL AEROSOL BIOLÓGICO DE SIERRA NEVADA

DIANA URESTI DURÁN[1]; PALOMA CARIÑANOS GONZÁLEZ[1,2]; LUCAS ALADOS ARBOLEDAS[1]; HASSAN LYAMANY[1]
durestid21@gmail.com, palomacga@ugr.es, alados@ugr.es, hlyamani@ugr.es.
[1]*Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IISTA-CEAMA), Universidad de Granada, 18071 Granada, España,*
[2] *Departamento de Botánica, Universidad de Granada, 18071 Granada, España*

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados del análisis aerobiológico realizado durante la campaña SLOPE en Sierra Nevada, en verano de 2016, en la cual el material particulado de origen biológico presente en el entorno atmosférico a 2500 m s.n.m.fue caracterizado. Los resultados obtenidos se han comparado con el espectro aerobiológico presente en la ciudad de Granada durante ese mismo periodo. Los registros más elevados de polen en la sierra se corresponden con Pinus, debido a la proximidad del captador a las poblaciones de Pinus sylvestris. También ha sido abundante la presencia de Artemisia y de Poaceae, bien representadas en las comunidades edafohigrófilas nevadenses. La presencia de ciertas concentraciones de polen de olivo, planta no presente a esa altitud, sugiere un traslado de polen a partir de procesos de transporte vertical, facilitado por los vientos y la capa límite planetaria (PBL). Puede concluirse que este trabajo pone de relieve la importancia de realizar el muestreo de las emisiones polínicas en el entorno de Sierra Nevada como medida de seguimiento del desarrollo de las comunidades vegetales de la sierra, y de la interpretación de los procesos físicos y meteorológicos que participan en el transporte vertical de este aerosol.

Palabras clave Material Biológico Particulado (BPM), Aerosol biogénico, polen atmosférico, Capa límite planetaria (PBL), transporte vertical atmosférico, Sierra Nevada,

ABSTRACT

This paper presents the results of the aerobiological analysis carried out during the SLOPE campaign in Sierra Nevada, in the summer of 2016, in which the particulate material of biological origin present in the atmospheric environment at 2500 m s.n.m. was characterized. The results obtained have been compared with the aerobiological spectrum present in the city of Granada during that same period. The highest pollen records in the sierra correspond to Pinus, due to the proximity of the collector to Pinus sylvestris populations. The presence of Artemisia and Poaceae has also been abundant, well represented in the edaphohigrophile communities of Sierra Nevada. The presence of certain concentrations of olive pollen, a plant not present at that altitude, suggests a transfer of pollen from vertical transport processes, facilitated by winds and the planetary boundary layer (PBL). It can be concluded that this work highlights the importance of sampling pollen emissions in the Sierra Nevada environment as a measure to monitor the development of the plant communities of the sierra, and the interpretation of the physical and meteorological processes that participate in the vertical transport of this aerosol.

Keywords *Biological Particulate Matter (BPM), Biogenic Aerosol, polen atmosférico, Planetary Boundary Layer (PBL), atmospheric vertical transport, Sierra Nevada*

1 Introducción

Por definición, los aerosoles atmosféricos son un coloide de partículas sólidas o líquidas presentes en suspensión en la atmósfera. El origen de estas partículas puede ser natural o derivado de las actividades antropogénicas. Las principales fuentes naturales de partículas

primarias serían las emisiones fugitivas de los suelos, el aporte procedente de transporte a larga distancia procedente de erupciones volcánicas o tormentas de arena, aerosol marino y fuentes biogénicas. Las principales fuentes antrópicas se encuentran en zonas urbanas, destacando el tráfico, la actividad industrial, la construcción y las emisiones procedentes del sector residencial y servicios. En cuanto a su mecanismo de formación, el aerosol puede ser emitido de forma directa a la atmósfera desde su fuente de emisión (partículas primarias), o pueden ser generados a partir de precursores gaseosos (partículas secundarias). El tamaño del aerosol puede ser muy variable, desde 0,002 μm a más de 100 μm, lo que va a condicionar la vida media, el tiempo de permanencia en la atmósfera y la distancia de transporte desde su fuente de origen. En base al máximo de concentración de partículas que puedan producirse, el tamaño puede distribuirse en regiones o modas de tamaño granulométricos considerando su diámetro, así se consideran partículas en modo nucleación todas las que presentan un diámetro inferior a 0,1μm; partículas finas las de diámetro hasta 1 μm; gruesas las que miden hasta 10 μm de diámetro y super-gruesas las que superan este tamaño. Este tamaño va ser importante a la hora de determinar el impacto del aerosol en diferentes ámbitos como el de la salud y el clima.

Los principales efectos del aerosol sobre la salud están relacionados con el tamaño respirable de este material. Tradicionalmente sus efectos han estado relacionados con la exacerbación de enfermedades de tipo respiratorio, en particular con el asma y la alergia, si bien recientemente también se han demostrado su participación en dolencias de tipo cardiovascular.

En cuanto a sus efectos sobre el clima, los aerosoles pueden tener una influencia directa, mediante la absorción y dispersión de la radiación solar incidente, e indirecta, actuando como núcleos de condensación de nubes o modificando sus propiedades ópticas. Los cambios en el flujo neto de energía radiativa que llega a la superficie de la tierra a consecuencia de la presencia de aerosoles y otros materiales en la atmósfera es lo que se denomina forzamiento radiativo, que será positivo cuando tiende a calentar el sistema y negativo cuando lo enfría. Su participación como núcleos de condensación viene determinada porque la sobresaturación en las nubes no es suficiente para iniciar la nucleación homogénea. El incremento en el número de núcleos tiene efectos sobre las propiedades físicas y químicas de las nubes, y sobre el ciclo global del agua.

La vegetación de Sierra Nevada puede considerarse una importante fuente de emisión de aerosol natural de origen primario, ya que durante el proceso reproductivo de las plantas son emitidos a la atmósfera elevadas cantidades de granos de polen. Si bien el tamaño de estos granos de polen puede oscilar entre las 10 y las 100 μm, siendo por tanto considerado como de tamaño muy grueso, está ampliamente demostrada la participación de estas partículas en procesos de dinámica atmosférica como el transporte a larga distancia o episodios de contaminación ambiental. Es en este último aspecto en el que mayor número de estudios se han realizado, dada la implicación directa de los alérgenos polínicos sobre la salud, como agente causante de alergias y otras enfermedades respiratorias. Menor dedicación ha tenido el estudio de las propiedades ópticas y físicas del aerosol, no obstante hay algunos estudios que ponen de relieve que durante el periodo de máxima presencia de polen en la atmósfera, puede haber una disminución de la visibilidad debida a la dispersión de la luz solar. Este proceso se hace visible a través de la forma que adquiere la corona de luz solar (Noh et al., 2013). También se ha observado que ante la presencia de elevadas concentraciones de polen, se puede observar una fuerte despolarización de la luz de láser emitida por un LIDAR de polarización a 694 nm, y de cómo los cambios en el ratio de desporalización de las partículas puede explicar las variaciones verticales del contenido polínico de la atmósfera (Noh et al., 2012).

La campaña SLOPE (Sierra Nevada Lidar AerOsol Profiling Experiment), iniciada en verano de 2016, es una campaña que se ha diseñado para recoger datos con el objetivo de testear esquemas de inversión para la generación de perfiles de coeficiente de absorción, mediante la

combinación de sistemas de teledetección activa y pasiva en la columna atmosférica vertical, con medidas in situ a diferentes niveles. Para ello, se medirán flujo de aerosoles de forma simultánea tanto en la ciudad de Granada como en una estación ubicada a una altitud de 2,500 m en Sierra Nevada. En este contexto, se analizará el material particulado de origen biológico que puede existir en ambas ubicaciones en base a los siguientes objetivos:

1. 1.- Caracterizar cualitativa y cuantivamente el material biológico particulado (BPM), sus fuentes de emisión y las diferencias que pueden existir entre el espectro urbano y el de Sierra Nevada,
2. 2.- Establecer las relaciones que puedan existir entre las concentraciones de BPM y las variables ópticas y físicas del aerosol, en particular la influencia de la PBL y algunos parámetros meteorológicos en el transporte de polen.

2. Materiales y Métodos

2.1 Descripción Zona de estudio

El estudio se ha realizado en el área urbana y periurbana de Granada, ciudad localizada en el sureste de la Península Ibérica, en la depresión intrabética formada por el río Genil y el valle del macizo de Sierra Nevada. Esta ubicación condiciona fuertemente su climatología, mediterranea continentalizada, fresca y con heladas invernales y calurosa en verano, con una temperatura media anual de 15.1ºC, según datos del periodo 1971-2000. En cuanto a las precipitaciones, se caracterizan por ser escasas e irregulares, con un promedio de 357 mm para el mismo periodo de años. La ubicación geográfica de la ciudad y la suavidad de sus condiciones climáticas permiten que el número de especies de flora del territorio sea de los más elevados del continente, y que además, el periodo de floración de las distintas especies se prolongue a lo largo de varios meses al año (Alba, 1996). Esto tiene incidencia en la calidad biológica del aire, que se ve frecuentemente afectada por las emisiones polínicas realizadas por la flora urbana, natural y procedente de las extensas plantaciones agrícolas del entorno. Son también frecuentes los episodios en los que las concentraciones de polen en el aire son consideradas de riesgo para la salud de la población (Díaz de la Guardia et al., 2003).

Sierra Nevada se localiza al oeste de la ciudad, extendiéndose en dirección este-oeste a lo largo de 90 km. Su altitud máxima supera los 3,400 m, por lo que no sólo es una de las Cordilleras más elevadas de España, sino de Europa, donde sólo es superada por los Alpes .Su gradiente altitudinal, en el que es posible encontrar 5 de los 6 pisos bioclimáticos descritos en la Región Mediterránea (Rivas-Martínez, 2007), la diversidad de ambientes ecológicos, la naturaleza de sus suelos y su ubicación geográfica, han favorecido una diversidad florística con más de 2.100 taxones catalogados, de los cuales un porcentaje muy elevado son plantas endémicas del territorio (Blanca et al., 2001). Las principales unidades de vegetación que pueden encontrarse en la Sierra están dominadas por los pinares y encinares en las zonas en las que pueden desarrollarse especies arbóreas; y enebrales, sabinares y pastizales en las zonas cacuminales, donde las duras condiciones ambientales sólo permiten el porte rastrero de las especies. Una de las unidades de vegetación más típicas de este territorio lo constituyen los borreguiles, pastizales higrófilos nevadenses presentes en las proximidades de los cursos de agua (Lorite, 2007).

2.2 Técnicas de muestreo del aerosol biológico

Para el muestreo y posterior caracterización del aerosol biológico (granos de polen), se han utilizado dos muestreadores volumétricos de succión tipo Hirst (Lanzoni s.r.l., Bolonia, Italia), uno de ellos instalado en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada (37º10´38´´N, 3º35´2´´W), y el segundo en el Albergue Universitario, en el paraje Hoya de Pedraza (37º05´45´´N, 3º23´13´´W), a 2.500 m de altitud. Estos muestreadores funcionan bajo el principio de impacto por succión, en el que un volumen fijo de aire (10 litros/min), es

succionado hacia el interior de un compartimento, donde hay una superficie adhesiva sobre la que impactan todas las partículas de tamaño comprendido entre 1-100 μm que se encuentren suspendidas en el aire. El funcionamiento permanente del equipo permite la obtención de resultados en granos de polen/m3 de aire en un tiempo determinado, hora, dia o semana. El análisis a microscopía óptica de las muestras permite la caracterización cualitativa del material, diferenciando los tipos polínicos existentes. Para este estudio se han considerado los resultados diarios y horarios obtenidos por ambos captadores durante el periodo comprendido entre el 15 de junio y el 25 de septiembre de 2016.

2.3 Técnicas de medición de las propiedades ópticas de aerosoles

Para determinar el *coeficiente de absorción* de los aerosoles se tomaron medidas *in-situ* en la estación de fondo urbano IISTA (N 37.16°, O 3.58°) y en la estación del Albergue en Sierra Nevada. Estas medidas del coeficiente de absorción de los aerosoles (σap; en unidades de Mm^{1}) han sido obtenidas mediante un *Aetalómetro* (modelo AE33; Aerosol d.o.o., Magee Scientific Company, Berkeley, USA), en siete longitudes de onda: 370 nm, 470 nm, 520 nm, 590 nm, 660 nm, 880 nm y 950 nm con una resolución temporal de 1 min. Este instrumento se basa en la medida de la razón de cambio de la atenuación de la luz (ATN) a través de un filtro de fibra a medida que las partículas se depositan en el mismo (Hansen, 2005). El cambio de ATN en un intervalo de tiempo (ATN/t) se utiliza en la ecuación (1) para estimar el coeficiente de absorción:

$$\sigma ap(\lambda)=\frac{\Delta ATN.S}{\Delta t.Q} \qquad (1)$$

donde: S es el área de la muestra del spot y Q es la tasa del flujo de muestreo.

Para obtener información sobre la evolución de la *Capa Límite Planetaria* (Planetary Boundar Layer, PBL), se han utilizado los perfiles verticales de temperatura de la columna atmosférica obtenido por el radiómetro de microondas (RPG-HATPRO, Radiometer Physics GmbH, Alemania) instalado en el IISTA-CEAMA. El radiómetro de microondas es un instrumento de teledetección pasiva que realiza mediciones de la temperatura de brillo del cielo de forma continua y automática, con una resolución radiométrica de entre 0.3 y 0.4 K. Los perfiles verticales de temperatura se obtienen a partir de la temperatura de brillo y de datos meteorológicos en superficie, medidos con el instrumento, mediante el algoritmo de inversión desarrollado por Rose et al., (2005). Los perfiles de temperatura resultantes presentan una resolución de 0.1 K y una precisión con un valor medio de hasta 0.8 K dentro de la capa limite (Navas-Guzmán et al., 2014).

A partir de los perfiles de temperatura obtenidos por el radiómetro de microondas es posible estimar la altura de la capa límite (Planetary Boundary Layer High: PBLH). Para ello se ha utilizado un algoritmo que combina el Método de la Parcela (Holzworth, 1964; Coen, 2014) para determinar la PBL en situaciones convectivas y el Método del Gradiente (Stull, 1988; Coen, 2014) para determinar la PBL en condiciones estables. En el Método de la Parcela se considera que la PBLH es la altura en la que una parcela de aire con una determinada temperatura ambiente T se podría elevar adiabáticamente desde el suelo producto de la convección, o dicho de otro modo, la altura (z) en la que la temperatura potencial θ(z) se iguala con la temperatura potencial de la superficie θ(z0). Dado que es necesario que la temperatura potencial bajo la PBL sea menor que la temperatura de la superficie θ(z0) < θ(z1) (suponiendo que z1 < z0), este método sólo tiene validez en condiciones de inestabilidad. El Método del Gradiente permite detectar la PBLH en situaciones de estabilidad a partir de dos definiciones:

Inversión térmica en superficie (SBI) ➔ Es la primera altura donde T disminuye en función de la altitud.

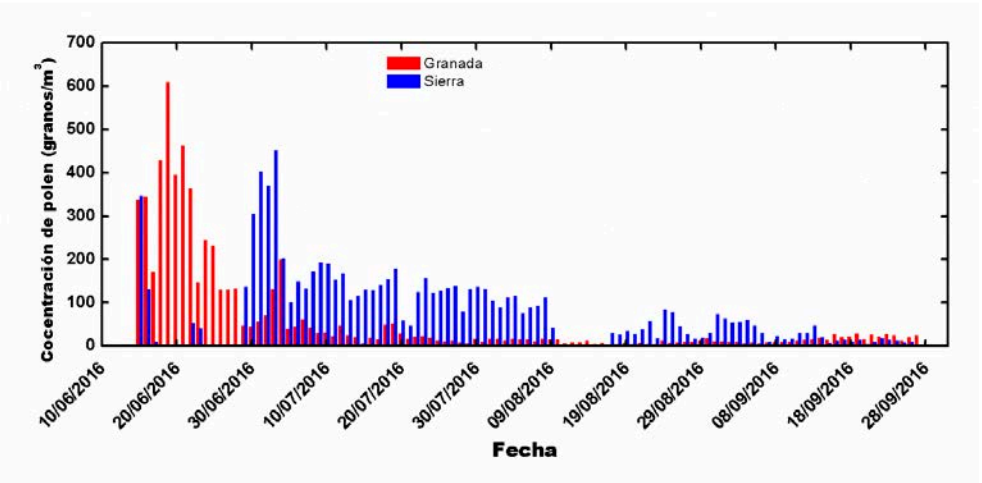
Tope de la capa estable (TSL) ➔ Esta es la región donde θ no cambia en función de z, en otras palabras, dθ / dz = 0.

Para el análisis de las condiciones meteorológicas se han utilizado los datos de temperatura del aire (°C), humedad relativa (%), velocidad del viento (Km/h), dirección del viento (°). Estos datos fueron medidos en el Observatorio de Sierra Nevada (2896 m s. n. m. y 37°03′51″N 3°23′05″O) y en la estación del IISTA en Granada

3. Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestra la evolución temporal de las concentraciones diarias de granos de polen (granos/m^3) registrados desde el 15 de junio hasta el 27 de septiembre del 2016 en los captadores ubicados en Sierra Nevada y en Granada. Como se puede observar, la concentración de polen muestra una gran variación temporal y espacial. De hecho, la concentración diaria de polen en Sierra Nevada varía entre 2 y 454 granos/m^{3}con un valor medio de 18±21 granos/m^3 y en Granada varía entre 2 y 609 granos/m^3, con un valor medio de 58±109 granos/m^3. Esta gran variabilidad se debe en gran parte a la diferente cobertura de vegetación existente en ambas zonas, con incidencia sobre las emisiones polínicas, pero también se debe a la variabilidad en las condiciones meteorológicas y sinópticas. Las altas concentraciones de polen en Sierra Nevada se han registrado durante el mes de julio y la primera mitad del mes de agosto, alcanzándose la máxima concentración diaria el tres de julio con 454 granos/m^3 (Figura 1). En Granada las altas concentraciones de polen se han registrado durante el mes de junio, y la concentración máxima se registró el 19 de junio con 609 granos/m^3. En ambos sitios, a partir de la segunda mitad de agosto se observa una disminución significativa en la concentración de polen hasta alcanzar el mínimo de 2 granos/m^3 a finales de septiembre. Esta diferencia en los periodos de máxima presencia polínica estaría condicionado al diferente desarrollo fenológico de las especies vegetales existentes en ambos sitios, relacionado a su vez con las condiciones climáticas de ambos lugares. Mientras que en la ciudad la mayoría de las especies han finalizado su periodo reproductivo, condicionado por las elevadas temperaturas y la escasez de agua, las especies vegetales de la Sierra inician en verano un periodo óptimo de floración, favorecido por la disponibilidad hídrica tras el deshielo y unas temperaturas menos rigurosas (Cariñanos et al., 2013) Durante los meses de junio y julio y la primera mitad de agosto la mayoría de las plantas están en época de floración por lo que la emisión de polen en ciertos taxones es elevada. (Cariñanos et al., 2013; De Linares et al., 2017). A partir de la segunda mitad de agosto empieza el fin de la época de floración de la mayoría de las plantas por lo que la cantidad de polen empieza a disminuir paulatinamente, registrándose un mínimo hacia finales de mes y principios de septiembre.

FIGURA 1
Evolución temporal de la concentración diaria de polen (granos/m^3) registrada del 15 de junio al 27 de septiembre del 2016 en Sierra Nevada y Granada



El análisis de las muestras permitió identificar 22 taxones (tipos polínicos) en Sierra Nevada y 14 en Granada. En la Figura 2 se muestran las concentraciones totales acumuladas de granos de polen por taxón registradas del 15 de junio al 27 de septiembre del 2016, y en la Tabla 1 se presenta la concentración acumulada del polen durante el periodo de muestreo así como el día de máxima concentración y la concentración para ese día.

De los 22 taxones identificados, 13 de ellos tienen registros frecuentes, tanto en la Sierra como en la ciudad. De ellos, 8 presentaron concentraciones más altas en la Sierra y 5 más altas en la ciudad. Un grupo de 10 taxones sólo fue registrado en la Sierra, en ocasiones de forma esporádica.

FIGURA 2

Indice Polínico de los diferentes taxa registrados en (a) Sierra Nevada y (b) Granada.

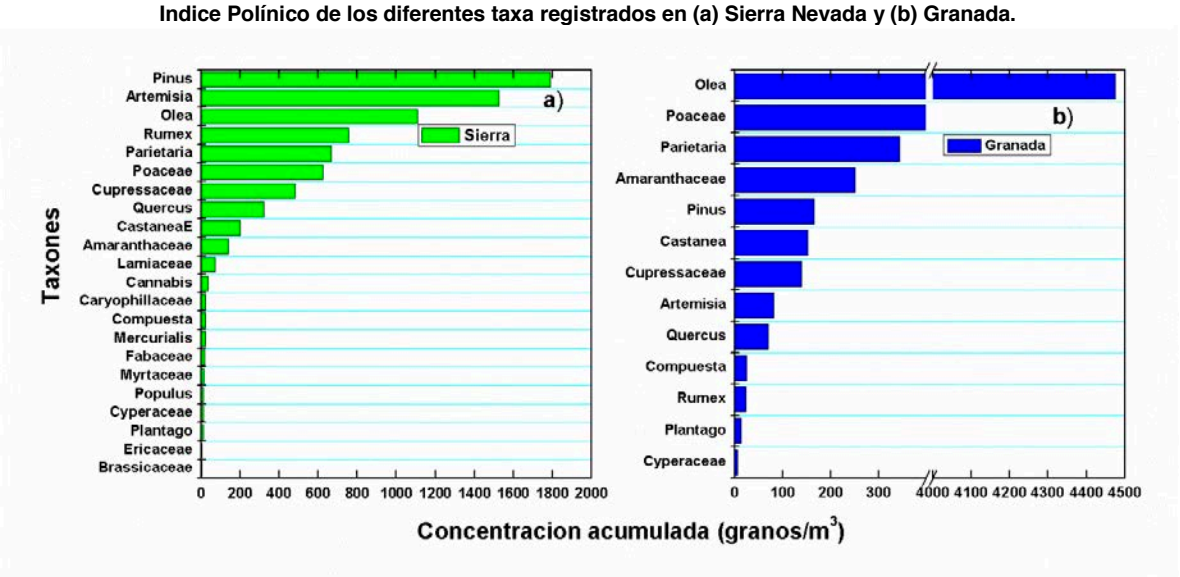


Tabla 1

Concentraciones de polen total, valor máximo y día de máxima concentración de polen para cada tipo polínico registrado en Sierra nevada (SN) y Granada (GR).

	Concentración (granos/m^3)		Día de máxima concentración		Valor máximo (granos/m^3)	
Taxón	**SN**	**GR**	**SN**	**Valor**	**GR**	**Valor**
Pinus	1788	165	03/07	407	21/06	39
Artemisia	1526	81	31/07	85	11/09	8
Olea	1109	4476	15/06	84	19/06	558
Rumex	755	23	18/07	58	09/08	4
Parietaria	667	344	09/07	53	22/06	16
Poaceae	625	429	02/07	67	15/06	56
Cupressaceae	480	140	15/06	194	26/09	10
Quercus	320	70	07/07	16	21/06	14
Castanea	200	153	08/07	39	21/06	16
Amaranthaceae	139	252	11/09	10	24/09	11
Lamiaceae	71	-	25/07	11	-	
Cannabis	36	-	11/07	5	-	
Caryophilaceae	21		05/09	5	-	
Compuesta	21	25	23/07	3	15/06	7
Mercurialis	19	-	13/07	8	-	
Fabaceae	19	-	06/09	7	-	
Myrtaceae	15	-	23/07	3	-	
Populus	12	-	06/07	3	-	
Cyperaceae	11	6	10/07	5	18/07	1
Plantago	11	13	06/07	2	05/08	3
Ericaceae	3	-	05/07	1	-	
Brassicaceae	2	-	15/07	1	-	

Las altas concentraciones de polen de *Pinus* en la estación de sierra se atribuyen a que hay individuos de *Pinus* próximos a esta estación y a que *Pinus* es un género de gimnospermas con una producción y emisión polínica muy elevada (Tormo et al, 1996). En Sierra Nevada, la población de *Pinus sylvestris* pueden alcanzar una altitud de 2000-2200 m s. n. m), si bien en las proximidades del captador (2500 m s. n. m.) existen algunos ejemplares, cuyas emisiones fueron las concentraciones registradas en la estación de la sierra.

Por otro lado, la planta *Artemisia* es un extenso género de plantas herbáceas que está ampliamente distribuida en la sierra. De hecho, existen varias especies de *Artemisia* que son endémicas de Sierra Nevada, adaptadas a condiciones edáficas y ambientales diferentes, algunas de ellas en cotas superiores a los 2500 m (altura de la estación de medida), lo que podría explicar las altas concentraciones del polen de *Artemisia* en la estación de Sierra Nevada. Las especies que componen este género tienen un amplio período de floración que abarca desde julio a principios hasta enero (Cariñanos et al., 2013). En este sentido, las máximas concentraciones de este polen se han registrado en Sierra Nevada de julio a septiembre.

La concentración de polen *Olea* en Sierra Nevada fue alta, con un índice polínico de 1109 granos de polen y una concentración media de 13 ±16 granos/m^3 alcanzando el máximo de 84 granos/m^3 el 15 de junio. Este resultado es algo sorprendente puesto que la principal fuente de polen de *Olea* en la provincia de Granada son los extensos olivares cultivados, que generalmente se encuentra por debajo de los 1000 m s. n. m. (Alba et al., 2006).. Esto apunta a que las elevadas concentraciones de *Olea* registradas en la sierra podrían deberse al transporte de *Olea* desde Granada o sus alrededores dada la existencia de olivares de cierta extensión en el entorno inmediato de la ciudad y en la ladera oeste de la sierra.

En la estación de Granada el polen de *Olea* tuvo la mayor concentración con un total acumulado de 4476 granos/m^3 y una concentración media de 46 ±100 granos/m^3, seguido por el polen de *Poaceae* con un total acumulado de 412 granos/m^3 y una concentración media de 5 ±7 granos/m^3 y el polen de *Parietaria* con 344 granos/m^3 acumulados y una concentración media de 4 ± 4 granos/m^3 (Figura 6b). *Olea* es un taxón cuyo focos de emisión se ubican en el entorno de la ciudad de Granada y zonas inferiores a los 1000 m s. n. m. El periodo de presencia polen de *Olea* en la atmósfera de Granada se extiende principalmente de abril a julio, con las concentraciones más altas en junio (Díaz de la Guardia et al., 2003). Esto explicaría que en el captador ubicado en la ciudad las concentraciones más elevadas se registraran este mes.

Poaceae es una familia muy extensa de hierbas anuales y perennes (gramíneas), cuya distribución es cosmopolita; es decir crecen casi en todas partes desde el nivel del mar hasta las zonas montañosas. El periodo de floración de las gramíneas es muy prolongado y se extiende a menudo durante 7 a 8 meses debido a que numerosas especies florecen sucesivamente. En las zonas de clima Mediterráneo, el periodo más intenso de floración suele coincidircon los meses primaverales, de abril a junio. Sin embargo, las características climáticas de la sierra, más frías en temperaturas y con aporte hídrico estival derivado del deshielo, favorece que un grupo de especies tenga su periodo de floración durante los meses de verano. Estas son las especies formadoras de los conocidos “borreguiles” pastizal psicroxerófilo constituido por especies vivaces, que se desarrollan en los suelos más húmedos (Lorite, 2003). Esto podría explicar las concentraciones relativamente moderadas del polen de *Poaceae* registradas tanto en Granada como en la sierra y sus valores máximos obtenidos en junio.

Por otro lado, *Parietaria* es un género que pertenece a la familia *Urticaceae* muy frecuente en la región Mediterránea y que tiene preferencia ecológica por los suelos más alterados, tanto urbanos como silvestres. Puede llegar a crecer a más de 1000 m s. n. m. de altitud, lo que demuestra su gran plasticidad ecológica. El género *Parietaria* está ampliamente distribuido en Granada y Sierra Nevada, siendo habitual en la ciudad en los muros calizos de edificios

históricos y en la sierra en los suelos alterados con gran contenido en nitrógeno. *Parietaria* se encuentra en flor casi todo el año, concretamente de febrero a noviembre, pero alcanza sus máximos niveles en junio, julio y agosto. La *Parietaria* predomina en gran parte de la costa mediterránea, y en cambio, tiene poca trascendencia en el interior de la península, lo que podría explicar las moderadas concentraciones registradas en Granada y sierra de este polen. Los valores más altos de *Parietaria* se han registrado en junio y julio, coincidiendo con el periodo de máxima floración de los ejemplares que hay en la sierra.

Hay que mencionar que en general las concentraciones del resto de los taxones registrados en Granada y Sierra Nevada han sido muy bajas en comparación con los taxones ya descritos (Figura 6). También cabe destacar, que se registraron taxones en Sierra Nevada, que no se registraron en Granada, bien porque la fuente de emisión se encuentra en las proximidades al captador ubicado en el Albergue Universitario (caso del polen de Lamiaceae, que incluye especies de plantas aromáticas bien representadas en la sierra: tomillos, lavandas, sideritis, nepeta) o por el contrario, procede de fuentes ubicadas a larga distancia, como puede ser el caso de *Cannabis*. Aunque es conocido el cultivo de *Cannabis* en algunas zonas de la ciudad, éste suele realizarse en habitáculos de interior, por lo que el origen de este tipo polínico podría situarse en las extensas plantaciones existentes en el Rift Marroquí, que son trasladadas hacia la Península ante condiciones meteorológicas favorables. Algunos trabajos han puesto de manifiesto el registro de ciertas cantidades de polen en el sur peninsular confirmando su origen en las plantaciones del norte de Marruecos mediante retrotrayectorias (Cabezudo et al., 1997).

3.1 Variación diaria entre las concentraciones polínicas de los taxones encontrados en Sierra Nevada y Granada.

El estudio de las variaciones diarias puede ofrecernos una mayor comprensión de los procesos que controlan la evolución de las concentraciones de los taxones encontrados en Sierra Nevada y Granada. Además, una investigación detallada de las variaciones diarias nos puede ayudar a identificar las fuentes locales y regionales de los distintos taxones. Para realizar este análisis solo vamos a centrarnos en los taxones que registraron concentraciones más altas y regulares a lo largo del periodo de muestreo (*Pinus, Olea, Poaceae, Artemisia, Parietaria, y Quercus*). A continuación, se muestra el patrón diario de la concentración horaria de estos taxones, promediado sobre todos los datos disponibles desde el 15 de Junio hasta el 27 de Septiembre del 2016. Esta concentración horaria esta expresada en porcentaje de la concentración total de polen obtenida durante todo el día ya que así se puede determinar y localizar los periodos del día de máxima concentración polínica (Pérez-Badia et al., 2010).

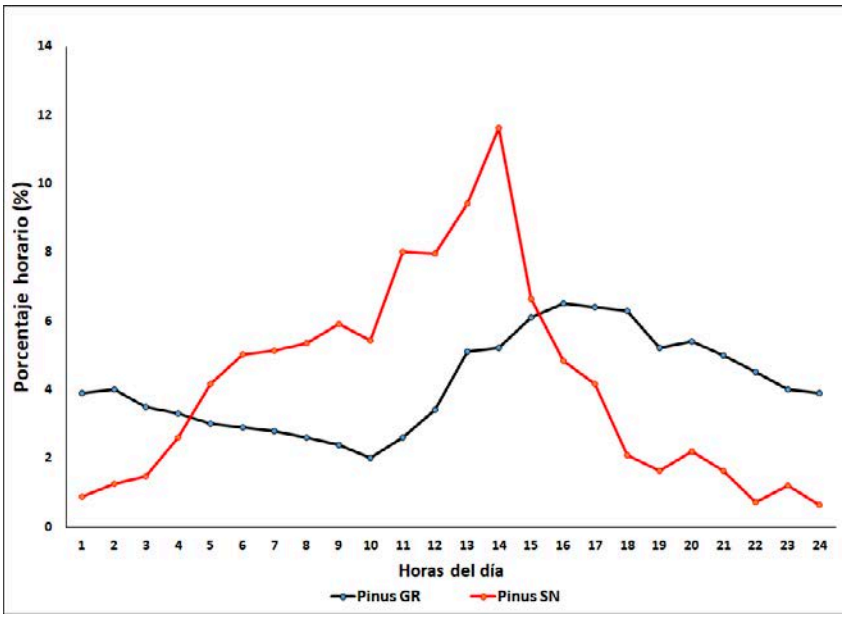
Variación diaria de la concentración de Pinus

Como se observa en la Figura 3 la concentración de *Pinus* en Sierra Nevada muestra un claro patrón diario con mayores concentraciones al mediodía entre las 12 y las 14 horas. La liberación de polen durante esas horas es muy probable ya que la antesis (apertura de anteras) es un proceso dependiente de temperaturas elevadas y baja humedad relativa, situación que se registra en las horas centrales del día (Dahl et al., 2013).

Por otro lado, la concentración de *Pinus* en la ciudad de Granada muestra un patrón distinto al observado en Sierra con valores altos en la tarde-noche. Esto puede deberse a que la estación de la sierra está muy cerca y rodeada de fuentes de emisión de *Pinus* mientras que en el caso de la estación de Granada las fuentes son más lejanas. Por eso, es posible que los valores altos registrados en la tarde-noche en Granada estén asociados con el transporte regional de *Pinus*. Este desfase en los picos diarios máximos registrados en los captadores ubicados en localizaciones a diferente altura ha sido también confirmado en otros lugares, en los que por lo general, las concentraciones de polen más altas se

registraban en el captador más próximo a la fuente de emisión (Bryant et al., 1989; Alcázar et al., 1998).

FIGURA 3
Variación diaria de la concentración de Pinus registrado en Sierra Nevada y en Granada.



Variación diaria de la concentración de Olea

En la Figura 4 se presenta la variación diaria de la concentración de *Olea* en Sierra Nevada y Granada. En ambos casos la curva de *Olea* no se ajusta al patrón diario típico para este taxón, en el que el pico de máxima concentración suele tener lugar en las horas centrales del día (Alba, 1992; De Linares, 2007). Esto pudo estar condicionado por el periodo en el que se hizo el muestreo, meses de junio a septiembre, en el que ya la floración del olivo suele estar muy avanzada e incluso próxima a finalizar. También puede estar relacionado con la lejanía de las fuentes de este taxón de ambos sitios. En el caso de Granada, el pico a últimas horas del día sugiere transporte desde fuentes ubicadas al sureste de la ciudad, ya que esa es la dirección dominante de vientos en esa franja horaria (Figura 5).

FIGURA 4
Variación diaria de la concentración de *Olea* registrado en Sierra Nevada y en Granada.

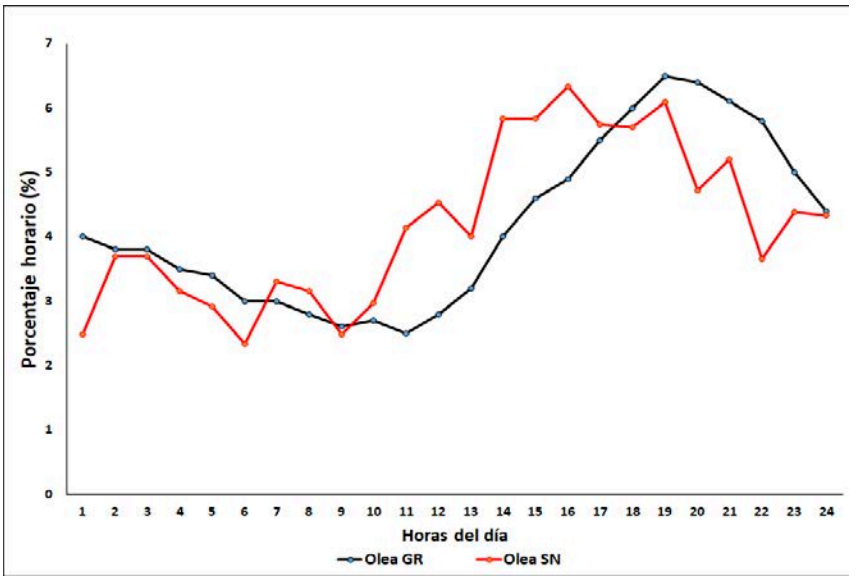
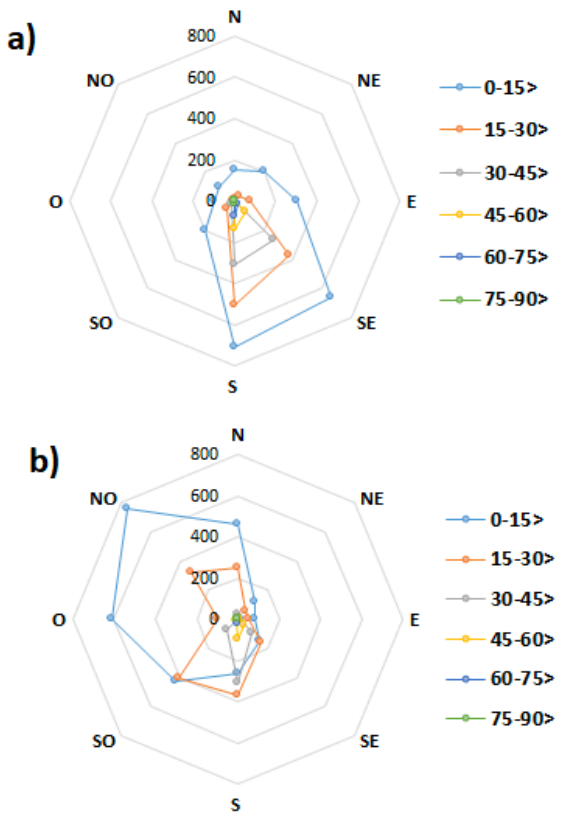


FIGURA 5
Patrón de vientos registrados a) de 00 – 10 am y b) de 11 – 24 horas, durante el periodo del 15 de junio al 27 septiembre



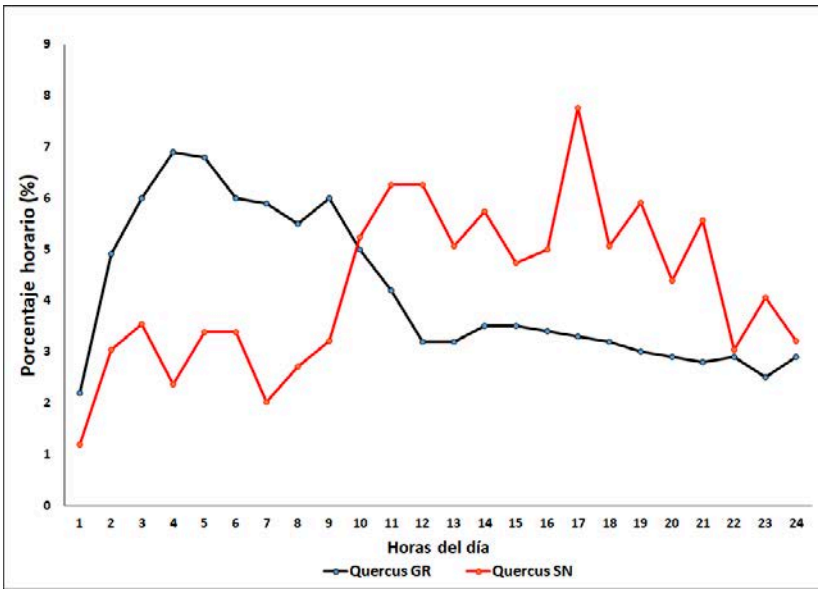
En este caso la dinámica con valores altos en la tarde noche en el captador de la ciudad puede ser que en él se detecta las emisiones de los olivares de la Vega, ubicados al sureste de la ciudad, en la Figura 5 se observa los vientos que se registraron de 00 – 10 am y en b) los vientos de las 11; 24 horas, se puede observar que a primeras horas del día los vientos provienen del sureste y después de media mañana a hasta la noche son provenientes del noreste, lo cual podría inferirse que estos viento son lo que han transportado el polen de *Olea*. En el caso de la Sierra, el pico más temprano sugiere fuentes de emisión más próximas, a mayor altitud, por lo que deben proceder de los olivares ubicados en el término Municipal de Güejar Sierra, últimos en florecer en la comarca debido a condiciones climáticas más frescas y ubicación a 1000 m s. n. m. aproximadamente. El patrón de vientos valle-montaña de la zona vuelve a ser un factor condicionante.

Variación diaria de la concentración de Quercus

El polen de *Quercus* se registró en cantidades moderadas en el captador de la sierra, aunque las poblaciones naturales no se encuentran demasiado próximas, ya que las poblaciones de encinares supramediterraneos no suelen superar los 1800 metros de altitud. Las concentraciones no fueron muy altas como en el resto debido a que sólo *Quercus pyrenaica* florece en las fechas de estudio. Esta especie forma poblaciones en laderas de varias orientaciones, y aprovechan el agua del deshielo durante los meses estivales para llevar a cabo su ciclo (Cariñanos et al., 2016).

La curva de concentración de *Quercus* (Figura 6), muestra una variación intradiurna irregular, indicativa de una fuente de emisión no cercana al muestreador.En este caso, las concentraciones están condicionadas al patrón de circulación de brisas montaña-valle nocturno y valle-montaña diurno.

FIGURA 6
Variación diaria de la concentración de *Quercus* registrado en Sierra Nevada y en Granada



Variación diaria de la concentración de Poaceae

Fuentes de emisión de polen de *Poaceae* pueden encontrarse en las proximidades de ambos captadores, pero están constituidas por diferentes especies que presentan distintos periodos de floración. En torno a la ciudad, es posible encontrar especies ruderales y ornamentales, cuyo ciclo de floración tiene lugar entre finales de primavera y principios de verano. En Sierra Nevada, las *Poaceae* forman parte de los pastizales hidrófilos de la alta montaña, ubicados a partir de los 2500 m de altitud, cuyas especies tienen un ciclo de floración muy corto, dependiente de la fusión del hielo, a principios de julio. Las gramíneas una familia de plantas bien representadas en la sierra que forma parte de una importante área de vegetación como lo son los pastizales de alta montaña, lo cual debido a las condiciones meteorológicas existentes en la sierra presentan un ciclo de floración estival.

La variación diaria de las concentraciones de polen de Poaceae en Granada y en la sierra (Figura 7)muestra unos porcentajes de concentración de polen superiores en Sierra Nevada que en la ciudad, observándose el pico de la concentración por la mañana (10am) y su descenso a partir del mediodía, mientras que en Granada se presentaron bajas concentraciones de manera constante. Un estudio reciente en el que se analizan las emisiones polínicas de las gramíneas de Sierra Nevada ante condiciones ambientales cambiantes, pone de relieve la gran dependencia de este grupo a la disponibilidad hídrica y a la radiación solar, factores que en estas fechas sólo son registrados en la Sierra (Algarra et al., 2018).

Variación diaria de la concentración de Artemisia.

La fuente de emisión de polen de *Artemisia* se localiza principalmente en Sierra Nevada, siendo varias las especies contributivas: *Artemisia granatensis, Artemisia absinthium, Artemisia chamaemelifolia, Artemisia alba y Artemisia umbelliformis*, mostrando un patrón de emisión de polen típico de especies herbáeas, con pico máximo en las horas centrales del día. En estas fechas, las poblaciones ruderales que puedan estar próximas a la ciudad se componen de otras especiews con diferentes periodos de floración, lo que sugiere que el polen detectado en el captador urbano ha sido trasladado desde las poblaciones de la sierra y de ahí que su pico se registre unas horas más tarde. (Cariñanos et al., 2013).

FIGURA 7
Variación diaria de la concentración de *Poaceae* registrado en Sierra Nevada y en Granada

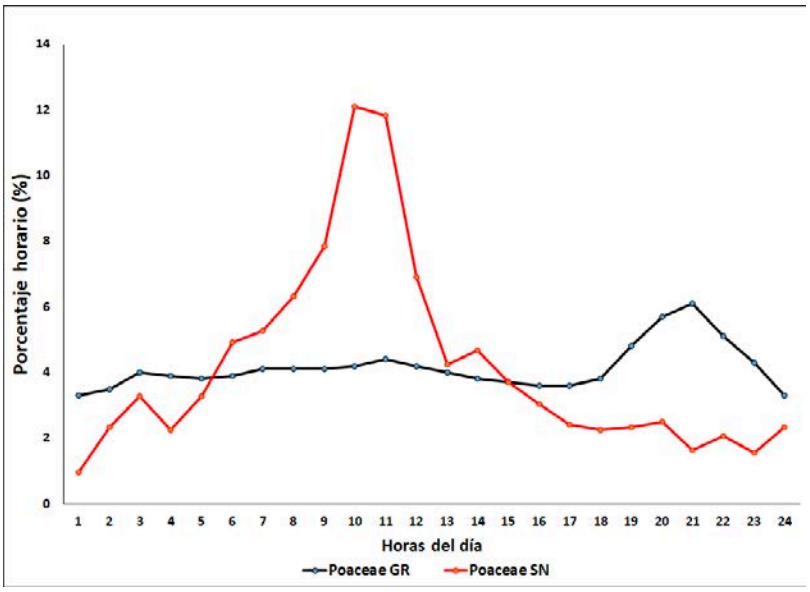
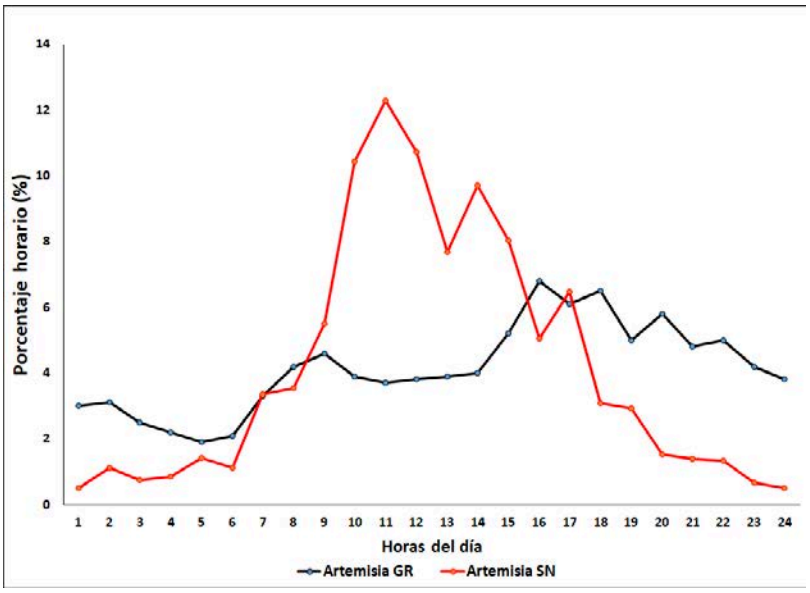


FIGURA 8
Variación diaria de la concentración de *Artemisia* registrado en Sierra Nevada y en Granada



Variación diaria de la concentración de Parietaria

Parietaria es una de las especies vegetales con poblaciones tanto en la ciudad como en la Sierra, por lo que los niveles de polen son similares en ambas zonas. El taxón *Parietaria* incluye especies ampliamente distribuidas tanto en la sierra como en la ciudad, presentando una gran estacionalidad; sin embargo aun así es posible observar mayores concentraciones en la sierra (Figura 9), esto debido a la proximidad de algunas poblaciones al captador, ya que al estar este instalado en las dependencias del albergue, se generan condiciones ecológicas apropiadas para estas plantas, propias de terrenos alterados nitrificados (Gemici, 2017). Respecto a la ciudad es posible observan mayores

concentraciones al principio del periodo de muestreo, fenómeno que podría estar favorecido por las condiciones climáticas urbanas.

FIGURA 9
Variación diaria de la concentración de *Parietaria* registrado en Sierra Nevada y en Granada

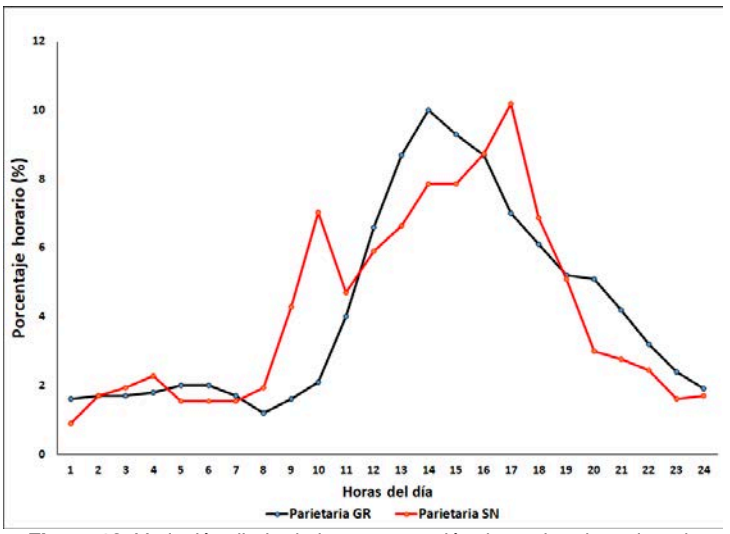


Figura 13. Variación diaria de la concentración de *Parietaria* registrado en Sierra Nevada y en Granada representada en porcentaje horario respecto al total del día.

3.2 Influencia de la PBL en el transporte del polen: casos especiales

El análisis de la concentración de polen y la evolución de la PBL de montaña puede aportar información sobre el transporte de partículas. Para estudiar la relación entre ambas, se han seleccionado algunos casos con altas concentraciones de polen, tanto en valores de polen total como los de algunos tipos polínicos en concreto. La PBL por su alta variabilidad espacial y temporal, es más compleja, sobre un terreno montañoso que sobre un terreno plano. Durante el día, la radiación solar entrante calienta la cima de la montaña más rápido que la llanura, creando una zona media de baja presión en la parte superior. Los vientos soplan hacia la montaña por todos lados, fluyen cuesta arriba y convergen en la parte superior, así el transporte de partículas puede ser posible desde el valle hasta la cima de la montaña. En la Figura 10 se muestra el polen total registrado en la sierra, durante el día 22 de julio el cual tuvo una concentración de 124.20 granos/m^3 de aire/día (promedio 5.18 y desviación estándar ± 2.73) y la evolución de la PBL. En la Figura 11 se presenta la correlación entre ambos parámetros, resultando una correlación positiva moderada con un R^2 de 0.5268. Esto indicaría que a medida que la PBL aumenta, también incrementa la concentración de polen, con lo cual se podría inferir que la PBL tiene una intervención en el transporte de polen.

En un estudio realizado por Smith et al., (2008), indicaron que la una PBL profunda puede promover el transporte a larga distancia, porque generalmente incluyen grandes flujos de calor en la superficie y distribución por convección de los granos de polen, a través de la PBL. Si los granos de polen se elevan a la parte superior de los PBL, la sedimentación de gravitación pura puede tomar varios días. Por lo tanto, el polen puede ser transportado por mucho tiempo y distancia en el flujo de la escala sinóptica. También podemos apreciar que a medida que aumenta la PBL también lo hace la absorción (530 nm), en las mismas horas del día, lo cual indicaría que al ritmo que la PBL incrementa, los aerosoles contenidos en ella, el polen incluido, son transportados por la misma.

FIGURA 10
Concentración de polen, absorción (530 nm) y la evolución de la PBL, para el día 22 de julio del 2016.

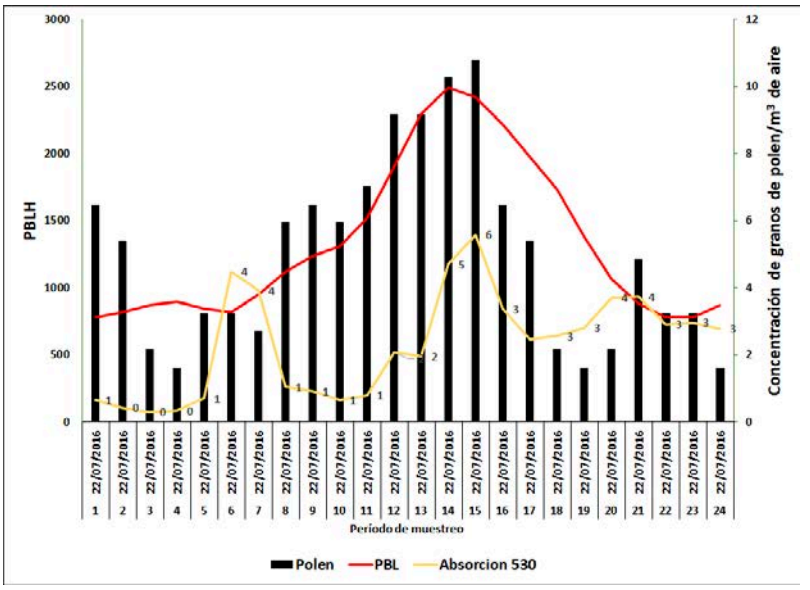
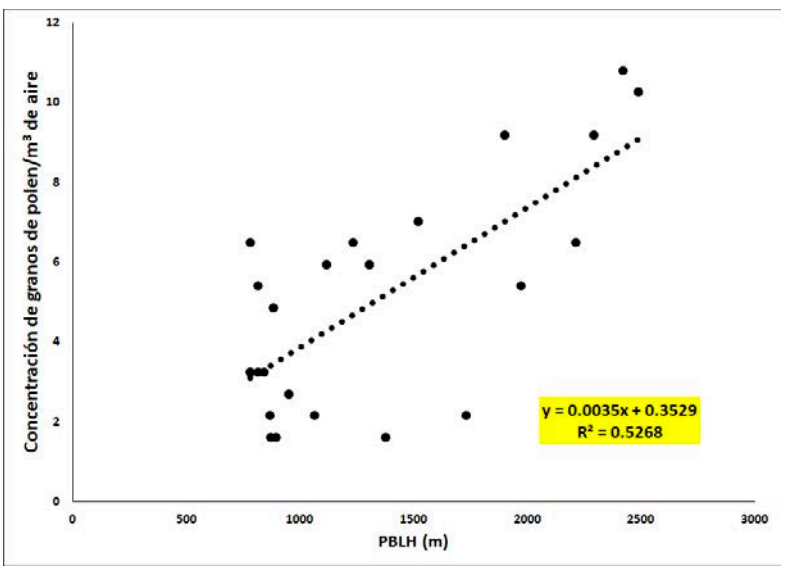


FIGURA 11
Correlaciones entre la PBL y la concentración de polen del día 22 de julio del año 2016



Continuando con observaciones del día 22 de julio, se seleccionó un taxón cuya fuente de emisión no estuviera ubicada en las proximidades del captador de la sierra El polen de olivo procede de los cultivos de la Vega principalmente, situándose algunos de ellos a lturas próximas a los 1,000m. Por tanto, todo el polen que se recoge en el captador de la sierra procede de fuentes ubicadas a una distancia en vertical de más de 1,000 m y son trasladadas allí por diferentes procesos de transporte. En la Figura12 se puede observar que a medida que aumenta la concentración de polen de olivo, también aumenta la PBL llegando hasta la altura en la cual se encontraba el captador de polen. Evidenciado así que la presencia de Olea a esas alturas se debe al transporte del mismo a través de la PBL. En la Figura 113 se muestra una correlación positiva moderada con una R^2 de 0.7242 y entre el polen de *Olea* y la PBL.

FIGURA 12
Concentración de polen de *Olea* y la evolución de la PBL en el día 22 de julio

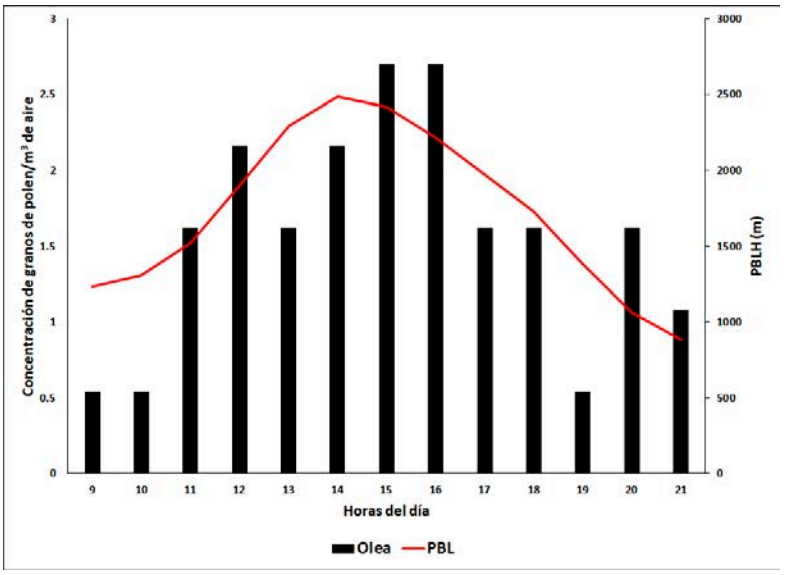
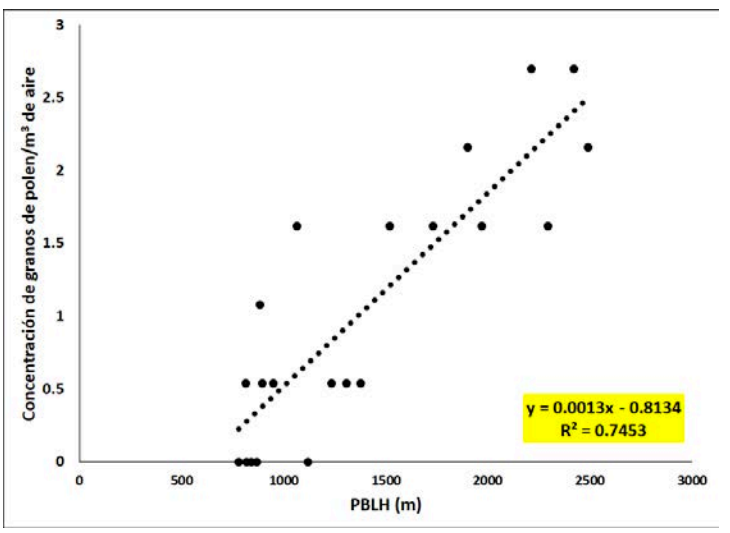


FIGURA 13
Correlación de la concentración de polen de *Olea* y la evolución de la PBLH para el día 22 de julio del 2016



Siguiendo la influencia de la PBL en el transporte de polen. En las siguientes graficas se analizó el comportamiento de taxones que pudieran evidenciar este transporte los cuales son Olea y Pinus, ambos tuvieron una concentración alta en la sierra para los días del uno al cuatro de julio del 2016. Se observa en la Figura 14 que medida que aumenta la PBL, también incrementa la concentración de polen de Olea durante los días 1, 2 y 4 de julio, teniendo la mayor altura a los 3500 m en el día 2 de julio, como ya se mencionó anteriormente este taxón no está representado en la sierra, lo cual supondríamos que un incremento en las concentraciones del mismo podría deberse a que es transportado por la influencia de la PBL. Aunado a esto las temperaturas altas favorecen los procesos convectivos que facilitan el transporte vertical de las partículas e incrementan la permanencia de estas en la atmosfera. También podemos mencionar que la absorción (530) durante los días en los cuales se presentó una relación entre el aumento de polen y la PBL también hay un incremento en la absorción, indicando que está a medida que la PBL incrementa en las horas centrales del día, también la absorción y la concentración de polen,

lo cual indicaría un transporte de estos a través de la PBL. Respecto *Pinus* se puede apreciar que las concentraciones de este taxón son muy independientes de la evolución de la PBL, (Figura 15), debido a que las fuentes de emisiones están en las cercanías del captador. Con lo cual este taxón no pudo haber sido transportado por vientos o PBL.

FIGURA 14
Concentración de polen de *Olea* y evolución de la PBL del 1 al 4 de julio del 2016.

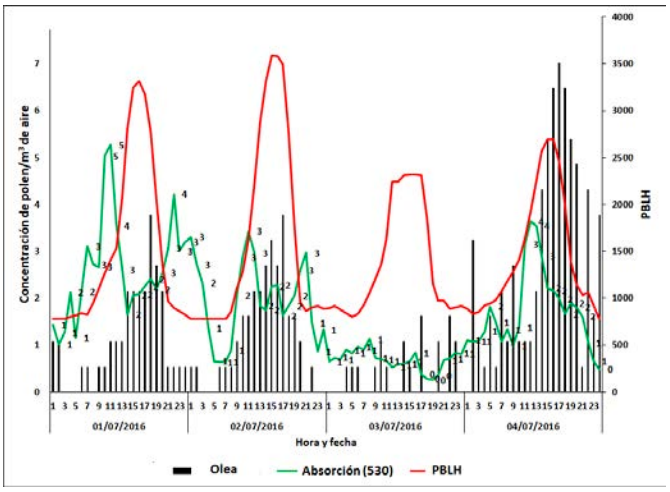
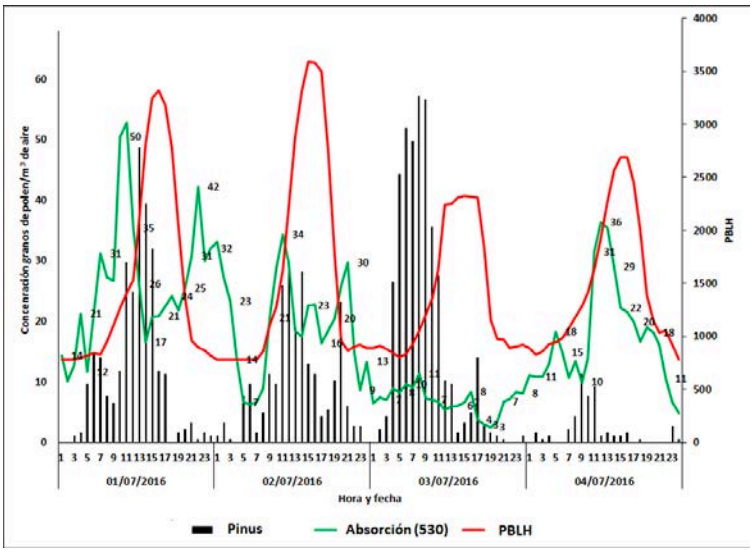


FIGURA 15
Concentración de polen de *Pinus* y evolución de la PBL del 1 al 4 de julio del 2016.



3. Conclusiones

Por primera vez en Granada se ha realizado un análisis del aerosol biológico presente en Sierra Nevada, a una altura de 2500 m s. n. m. Este estudio ha permitido realizar un análisis comparativo entre los resultados aerobiológicos obtenidos en la Sierra y los que se obtienen en la Unidad de Monitorizaje Aerobiológico ubicada en la ciudad, pero además abre una vía para el estudio interdisciplinar del aerosol biológico, cuyos resultados son de interés y tienen aplicación en varias disciplinas, a varios niveles, como puede ser la Botánica, la Biología de la Conservación, la Física de la Atmósfera y los estudios sobre Calidad del aire. Los resultados obtenidos nos permiten extraer varias conclusiones:

1. La mayor parte del espectro polínico presente en Sierra Nevada está dominado por tipos polínicos procedentes de especies de plantas ampliamente representadas en la zona de estudio, con prevalencia de las especies arbóreas, grandes emisoras de polen, sobre las herbáceas. De los 22 tipos polínicos identificados, las máximas concentraciones corresponden a *Pinus*, seguido de *Artemisia*, Cupressaceae y Poaceae, que también son abundantes en el entorno del captador.
2. El polen de *Olea* y *Quercus* también ha sido registrado con cierta frecuencia, pero dado que sus fuentes emisoras no se encuentran en las proximidades del captador, se sugiere un traslado a la sierra con condiciones meteorológicas favorables. En el caso de Olea, concentraciones de polen elevadas se registraron coincidiendo con la evolución de la PBL, lo cual se podría suponer que esta tiene influencia sobre la concentración de polen, transportándolo a alturas más elevadas como es Sierra Nevada.
3. De manera general podemos decir las concentraciones de los taxones muestra un claro ciclo circadiano con valores bajos durante la noche y valores máximos entre 10 y 16 GMT. En general, en la sierra, los picos de concentración más altos se registraron en las primeras horas del día, mientras que en la ciudad los registros más altos se registraron por la tarde. También los valores altos registrados en Sierra Nevada en las horas centrales del día pueden atribuirse a las intensas emisiones polínicas de fuentes cercanas favorecidas por la alta intensidad de la radiación solar en estas horas del día.
4. Los resultados de este trabajo permiten explicar los datos polínicos que suelen registrarse en la ciudad de Granada durante el verano, estación en la que los niveles de polen deberían ser mínimas, y que sin embargo se ven influenciadas por las poblaciones de la Sierra. Las condiciones climáticas favorables en la sierra para la floración de plantas, y el posterior traslado de las emisiones de polen a la ciudad, favorecen que el contenido polínico de la atmósfera siga siendo bastante elevado. Entre los principales tipos polínicos que se registran en el entorno urbano, se encuentran los de *Parietaria*, *Artemisia*, Poaceae y Cupressaceae, cuyas especies sólo florecen en la sierra durante este periodo.

Referencias bibliográficas

- Alba, F. 1997. Caracterización polínica de la atmósfera de Granada: relación con los parámetros meteorológicos y modelos predictivos de los taxones más alergógenos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Alcazar, P., Galán, C., Cariñanos, P., Dominguez-Vilches, E. 1998. Vertical variation in Urticaceae airborne pollen concentrations. Aerobiologia, 14: 131-134.
- Algarra, JA., Cariñanos, P., Herrero, J., Delgado-Capel, M., Díaz de la Guardia, C. 2018. Tracking Montane Mediterranean grasslands: Analysis of the effects of hydro-meteorological conditions and land-use change on pollen emissions. Science of Total Environmenta (In Press).
- Blanca, G., López, O. M. R., Lorite, J., Martínez, L. M. J., Molero, M. J., Quintas, S., Ruiz, G. M., Varo, M. A., Vidal, S., 2001. Flora amenazada y endémica de Sierra Nevada. Editorial Universidad de Granada. Campus Universitario de Cartuja, Granada.
- Cabezudo, B., recio, M., Sánchez-Laulhé, J.M., Trigo, M.M., Toro, F.J., 1997. Atmospheric transportation of marihuana pollen from North Africa to the Southwest of Europe. Atmospheric Environment, 31: 3323-3328.
- Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., de la Guardia, AVD., De la Cruz-Márquez, R., Díaz de la Guardia, C. 2016. Charting trends in the evolution of the La Alhambra forest (Granada, Spain) through analysis of pollen emission dynamics over time. Climatic Change 135: 453-466.
- Collad Coen, M., Praz, C., Haefele, A., Ruffieux, D., Kaufmann, P., Calpini, B. 2014. Determination and climatology of the planetary boundary layer height above the Swiss plateau by in situ and remote sensing measurements as well as by the COSMO-2 model. Atmospheric Chemistry and Physiscs, 14: 13205-13221.
- Dahl, A., Galán, C., Haykova, L., Sikoparija, B., Smith, M., Vokon D. 2013. The onset, course and intensity of the pollen season. In: Sofiev, M., Bergmann, K-C. editors. Allergenic pollen. A review of the production, release, distribution and health impact. Berlin, Springer.
- De Linares, C., Delgado, R., Aira, M.J., Alcázar, P., Alonso-Pérez, S., Boi, M., Cariñanos, P., Cuevas, E., Díaz de la Guardia, C., Elvira-rendueles, B., Fernández-González, D. et al., 2017. Changes in the Mediterranean pine forest: pollination patterns and annual trends of airborne pollen. Aerobiologia, 33: 275-391.
- Díaz de la Guardia, C., Alba-Sánchez, F., Nieto-Lugilde, D-. Sabariego Ruiz, S. 2003. Diez años de control aerobiológico en la atmósfera de la ciudad de Granada: calendario polínico (ten years of aerobiological control in the city of Granada: pollen calendar). Polen 13: 251-260.
- Gemici, C. 2017. Seasonal pollination ecology of Parietaria judaica L. (Urticaceae). Journal of the Faculty of Science 41, Nª 1.
- Hansen, A. D. A.: The Aethalometer TM. Magee Scientific Com- pany, Berkeley, California, USA, available at: http://mageesci. Com/images/stories/docs/Aethalometer_book_2005.07.03.pdf (last access: August 2014), 2005.

- Holzworth, G.C. 1964. Estimate of mean maximum mixing depths in the contiguous United States. Mon. Wea. Rev. 92: 235-242.
- Lorite, J., Valle, F., Salazar, C. 2003. Síntesis de la vegetación edafohigrófila del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada. Monografías de Flora y Vegetación Bética, 13: 47-110.
- Lorite, J. 2016. An updated checklist of the vascular flora of Sierra Nevada (SE Spain). Phytotaxa, 261: 001-057.
- Noh, Y. M., Müller, D., Lee, H., & Choi, T. J., 2013. Influence of biogenic pollen on optical properties of atmospheric aerosols observed by lidar over Gwangju, South Korea. Atmospheric environment, 69, 139-147.
- Perez-Badia, R., Vaquero, C., Sardinero, S., Gracía-Mozo, H., et al. 2010. Intradiurnal variations of allergenic tree pollen in the atmosphere of Toledo (central Spain). Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 17: 269-275.
- Rivas-Martínez, S. 2007. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación potencial de España. Parte 1. Itinera Geobotanica 17: 1-222.
- Rose et al. (2005). A network suitable microwave radiometer for operational monitoring of th cloudy atmosphere. Atmospheric Research 75, 183–200. Doi:10.1016/j.atmosres. 2004.12.005.
- Smith, R.K., Montgomery, M.T., Vogl, S. 2008. A critque of Emanuel´s hurricane model. Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 136A. 1171-11685.
- Stull, R.B. 1988. An Introduction to Boundary Layer Meteorology (Atmospheric Sciences Library). Kluwer Academic. Publishers, Dordrecht, 669.
- Tormo-Molina, R., Muñoz-Rodriguez, A., Silva-Palacios, I., Gallardo-López, F. 1995. Pollen production in anemophilous trees. Grana, 35: 38-46.

LA CONSIDERACIÓN DEL MEDIO NATURAL COMO ESPACIO DEPORTIVO EN LA NUEVA LEY DEL DEPORTE DE ANDALUCÍA Y LA CONSIGUIENTE OBLIGACIÓN PARA LOS MUNICIPIOS DE FOMENTAR LAS ACTIVIDADES DEPORTIVAS EN LA NATURALEZA.

JAVIER LUNA QUESADA
jlunaq@granada.org; jluna@ugr.es
Ayuntamiento de Granada Universidad de Granada

RESUMEN

En la presente comunicación se aborda el estudio del medio natural como espacio de práctica deportiva, analizando las determinaciones que al efecto realiza la nueva Ley del Deporte de Andalucía, que ésta encuadra dentro de la denominación “instalaciones deportivas no convencionales”. La referida norma las considera como como un pilar fundamental dentro del sistema deportivo andaluz.

La apuesta de la nueva Ley se enmarca dentro de un discurso renovado en el urbanismo moderno sobre la ciudad del siglo XXI, que pretende acabar con el modelo de ciudad neoliberal, caracterizada por el boom inmobiliario en el que han predominado en gran medida las políticas especulativas en la construcción de la ciudad, convirtiéndose no pocas ciudades en fábricas de solares para usos residenciales y comerciales.

Los estudios sobre los hábitos deportivos de los españoles y también de los andaluces ponen de manifiesto una tendencia creciente hacia la práctica deportiva en el medio natural, que la nueva Ley sobre deporte no podía desoír. En este sentido, los ayuntamientos están llamados a tener un protagonismo especial en la promoción y organización de actividades deportivas y eventos deportivos en el medio natural, si bien deben actuar siempre de forma coordinada con la Administración autonómica y especialmente con las autoridades de los espacios naturales protegidos, cuando aquellas se realicen en los referidos espacios naturales.

Los pueblos que se ubican en los sistemas de montañas tienen en la nueva Ley del Deporte de Andalucía una oportunidad para el desarrollo social y económico al reconocer ésta los espacios deportivos no convencionales, entre los que se encuentran aquellos, como una pieza clave tanto para el incremento de la práctica deportiva como para el desarrollo económico y social.
La Junta de Andalucía, junto con la colaboración del resto de agentes que intervienen en el sistema deportivo, tiene el reto de reglamentar las actividades deportivas en la naturaleza, especialmente los deportes asociados a la montaña, para garantizar a los deportistas la debida seguridad y calidad así como la preservación del medio natural.

Andalucía que cuenta con el patrimonio natural más importante de la Unión Europea no debe desaprovechar la capacidad que los deportes de montaña y de naturaleza tienen en la actualidad para movilizar recursos y generar riqueza y empleo en las zonas deprimidas, que cuenta con un patrimonio natural excepcional, máxime cuando las tendencias sociológicas apuntan a un crecimiento cada vez mayor de este tipo de actividades deportivas.

Defendemos que las prestaciones deportivas que se desarrollan en el medio natural deben considerarse como una parte esencial en el servicio público deportivo municipal, a la par que constituyen un soporte de gran valor para que el ciudadano pueda disfrutar del medio ambiente y particularmente de la montaña, y así haga realidad el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para su desarrollo personal, reconocido en tal sentido en el artículo 45 de la Constitución.

Palabras claves: Medio natural, instalaciones deportivas no convencionales, sostenibilidad, urbanismo, montaña, espacios naturales protegidos y deporte.

ABSTRACT

The present communication addresses the study of the natural environment as a space for sports practice, analyzing the determinations made for this purpose by the new Sports Law of Andalusia, which falls within the term "non-conventional sports facilities". The referred norm considers them as a fundamental pillar within the Andalusian sports system.

The bet of the new Law is part of a renewed discourse in modern urbanism on the city of the XXI century, which aims to end the neoliberal city model, characterized by the real estate boom in which speculative policies have predominated to a great extent in the construction of the city, becoming many cities in solar factories for residential and commercial uses.

The studies on the sporting habits of the Spaniards and also of the Andalusian show a growing tendency towards the practice of sports in the natural environment, which the new Sports Law could not ignore. In this sense, the city councils are called to have a special role in the promotion and organization of sports activities and sporting events in the natural environment, although they must always act in a coordinated manner with the regional administration and especially with the authorities of the protected natural areas, when those are carried out in the aforementioned natural spaces.

The towns that are located in mountain systems have in the new Sports Law of Andalusia an opportunity for social and economic development to recognize these unconventional sports spaces, among which are those as a key piece for the increase of sports practice as for economic development.

The Junta de Andalucía together with the collaboration of other agents involved in the sports system has the challenge of regulating sports activities in nature, especially sports associated with the mountain to ensure athletes the proper safety and quality as well as the preservation of the natural environment. Andalusia, which has the most important natural heritage in the European Union, should not miss the capacity that mountain and nature sports have today to mobilize resources and generate wealth and employment in depressed areas with an exceptional natural heritage. Especially when the trends point to a growing growth of this type of sports activities. We defend that the sports performance developed in the natural environment should be considered as an essential part of the municipal public sports service, at the same time that they constitute a valuable support for the citizen to enjoy the environment and particularly the mountain, and thus make the right to enjoy an adequate environment for personal development, recognized in that sense in Article 45 of the Constitution.

Keywords: *Natural environment, non-conventional sports facilities, sustainability, urbanism, mountain, protected natural areas and sports.*

1. Introducción

La Comunidad Autónoma de Andalucía dispone del patrimonio natural más importante de la Unión Europea, tanto en número de espacios naturales protegidos y no o protegidos como en superficie, siendo un destino muy demandado, a nivel regional, nacional e internacional para la práctica de actividades deportivas en la naturaleza, que van desde la caza y la pesca hasta el esquí, la vela o el golf, pasando por un sinfín de actividades deportivas, agrupadas en torno a la denominación de "turismo activo", que han convertido a Andalucía en un destino preferido por muchos turistas para la práctica de deportes en la naturaleza.

La tendencia creciente a utilizar el medio natural no sólo se nota en el turismo deportivo sino también en la práctica deportiva de los españoles y especialmente de los andaluces.

Esto último se viene manifestando en las sucesivas encuestas que sobre los comportamientos deportivos de los españoles realiza el Consejo Superior de Deportes desde 1980 hasta la última del año 2015. En 1990, el porcentaje de personas que hacía deporte en espacios públicos era de un 19%; en el año 2005 la cifra ascendía a un 43%; en el año 2010 subió a un 45% y en el año 2015 pasa al 45,9%, representando el campo y o los parques el 69,9%.
Por su parte, la última encuesta de hábitos y actitudes de la población andaluza ante el deporte, publicada en el año 2012, así como la encuesta de hábitos y actitudes de la población en edad escolar en Andalucía ponen de manifiesto que casi el 43% de los andaluces prefieren los espacios naturales para la práctica deportiva. El informe municipal sobre el deporte Andalucía de 2015 pone de manifiesto también esta tendencia creciente.

Según la Encuesta de Hábitos Deportivos en España de 2015, elaborada por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, más de la mitad de la población de 15 años en adelante (53,5%) practicó deporte en el último año. Entre los que practicaron deporte se aprecia una preferencia clara por las actividades que se realizan al aire libre, es decir en la naturaleza.

Las modalidades deportivas más practicadas, según la referida encuesta, no son fútbol, baloncesto o tenis sino ciclismo (38,7%), natación (38,5%), senderismo[34], montañismo (31,9%) y carrera a pie (30,4%). Esta tendencia, a realizar deporte al aire libre, reorienta la promoción de instalaciones deportivas hacia las que sirven al deporte en el medio natural.

En la misma línea, se ha incrementado el interés por las competiciones realizadas al aire libre y, más concretamente, en el medio natural. Desde el año 2000 no ha dejado de crecer el número de carreras por montaña celebradas en España. Este fenómeno es bien visto por la Administración turística y de desarrollo rural y por los municipios y comarcas, ya que estas carreras han servido para poner en valor territorios antes olvidados que han recobrado, gracias a estas pruebas, un cierto dinamismo[35] mediante una actividad deportiva que se convierte en un evento turístico singular, difunde el nombre del territorio y produce un redescubrimiento por parte de sus propios habitantes.

Como causa de esta creciente tendencia a las actividades deportivas en la naturaleza y especialmente en la montaña, entre otras, Camps Povil, Carretero Lestón y Landaberea Unzueta (2009) señalan la cada vez mayor necesidad de la población de salir de la rutina diaria de la urbe junto a la mejora de las comunicaciones y del nivel de vida.

Así es de destacar que la nueva Ley del Deporte en Andalucía, aprobada en el año 2016[36] [3], se enmarca dentro de un discurso renovado en el urbanismo moderno sobre la ciudades del siglo XXI, que pretende acabar con el modelo de ciudad neoliberal, caracterizada por el boom inmobiliario en el que han predominado en gran medida las políticas especulativas en la construcción de la ciudad, convirtiéndose no pocas ciudades en fábricas de solares para usos residenciales y comerciales, fomentando además un consumo de bienes desmedido. O como sostienen González García et *al* (2015) una nueva condición urbanística de la humanidad, en la que, añade Oliva Serrano, (1999) las barreras entre ciudad y campo se confunden,

---

[34] La práctica del senderismo se presenta como la segunda práctica hecha y más demandada por el turista internacional en España. Véase al respecto el estudio "Datos del impacto socioeconómico de senderismo en el medio rural". Sepude consultar en la siguiente dirección web:http://www.redruralnacional.es/documents/10182/427339/07-Antonio_Turmo-DR_y_Activ_Naturaleza_28nov2017.pdf/0c7c5427-4898-4ba4-962d-438bde6d82bb

[35] [1] La práctica del senderismo se presenta como la segunda práctica hecha y más demandada por el turista internacional en España. Véase al respecto el estudio "Datos del impacto socioeconómico de senderismo en el medio rural". Se pude consultar en la siguiente dirección web: http://www.redruralnacional.es/documents/10182/427339/07-Antonio_Turmo-DR_y_Activ_Naturaleza_28nov2017.pdf/0c7c5427-4898-4ba4-962d-438bde6d82bb

[2] De la Rosa Galopa, A. La escalada como motor del cambio rápido en un municipio: Margalef (Tarragona). Recuperado de http://www.redruralnacional.es/documents/10182/427339/11-Abraham_de_la_Rosa-DR_y_Activ_Naturaleza_28nov17.pdf/fcef8bab-6e41-48b3-9296-bfd04588afce

[36] Vid. Ley 5/2016, de 19 de julio, del Deporte de Andalucía. BOJA de 22 de julio de 2016.

reproduciéndose pautas de vida típicamente campesinas en las ciudades y viceversa.

Ello es también consecuencia, como acertadamente nos recuerda Cubells Villaba (2015) del cambio en los últimos años de nuestra percepción sobre la calidad de vida, que se concreta, entre otras tendencias, en la aparición de un movimiento que aboga por alejarse del caos de las grandes ciudades y adoptar hábitos de vida más saludables y menos estresantes.

Es de destacar también en el futuro nuevo escenario, como acertadamente predice Zarzalejos (2018), que pronto se "demonizará el vehículo privado, que dejará su espacio al transporte público con tecnología híbrida y eléctrica en superficie y mayores redes de suburbanos y tranvías. Se producirá definitivamente la eclosión de la bicicleta, tanto por limpieza y rapidez, como por necesidades sanitarias, como medio para vencer el sedentarismo y las enfermedades con que se asocia. La peatonalización hará que las ciudades sean para las personas y se crearán avenidas de paseo y no de coches". Para López Herrerías, (2009) es preciso pues cambiar la dirección y la referencia orientadoras de los faros conocidos en el "truculento siglo XX", que califica como un "tiempo de los máximos destrozos".

En este contexto de crisis y de cambio profundo, los pueblos de montaña, y por ende los deportes asociados a la montaña, han adquirido una nueva dimensión convirtiéndose en el refugio de miles de personas a lo largo de las vacaciones o de los fines de semana;y en el futuro cercano como consecuencia del teletrabajo muchos pueblos hoy abandonados se repoblaran-, practicando deportes asociados a la montaña, en los que se busca a través del contacto con la naturaleza beneficios físicos y emocionales.

La nueva Ley del Deporte de Andalucía se hace eco de esta tendencia y siguiendo las recomendaciones de Jiménez Soto (2015), que revindica el protagonismo que debe tener la legislación deportiva en el medio natural, concebido como espacio para la práctica deportiva, mandata a los poderes públicos en Andalucía a fomentar la práctica del deporte en el medio natural, mediante programas específicos dentro de la programación general sobre actividades y eventos deportivos de aquellos, garantizando en todo caso que dicha práctica se realice de una manera sostenible y compatible con el medio ambiente, mediante una utilización racional de los recursos naturales; todo ello de conformidad con lo dispuesto en la normativa aplicable en materia de medio ambiente.

La mentada norma considera el medio natural como una instalación deportiva no convencional, siempre y cuando se utilice como medio para la práctica deportiva. Dispone asimismo aquella que la normativa que regule la ordenación en materia de medio ambiente deberá tener en cuenta el uso del mismo para la práctica deportiva. Obliga también la referida norma a la Administración autonómica andaluza y a las Administraciones locales que operan en el territorio andaluz a promover la existencia de información actualizada de la regulación, condiciones y lugares donde se puede desarrollar la práctica deportiva en el medio natural, velando en todo caso por su cumplimiento.

Instituye la nueva Ley que las consejerías competentes en materia de deporte, turismo y medio ambiente colaboren entre sí para promover la práctica del deporte en el medio natural, como elemento generador de actividad turística en Andalucía[37].

La nueva Ley concibe las instalaciones deportivas no convencionales, entre las que se encuentra el medio natural, como una pieza clave del sistema deportivo, que constituye un conjunto de elementos básicos, compuesto por las asociaciones deportivas, los deportistas, las instituciones públicas deportivas, los recursos económicos, las instalaciones y espacios

[37] Aunque la anterior Ley andaluza sobre deporte no establecía un mandato como este, en el año 2003 se dictó la Orden de 20 de marzo de 2003, conjunta de las Consejerías de Turismo y Deporte y de Medio Ambiente, por la que se establecen obligaciones y condiciones medioambientales para la práctica de las actividades integrantes del turismo activo (BOJA núm. 65, de 4 de abril de 2003). Esta norma se refiere a todas las actividades deportivas que se relacionan en el Decreto 20/2002, de 29 de enero, de Turismo en el Medio Rural y Turismo Activo (BOJA núm. 14, de 2 de febrero de 2002).

deportivos, los profesionales del deporte y las empresas de servicios deportivos, que relacionados entre sí, según unas normas que se determinan en el Derecho Deportivo, conforman la organización que tiene como finalidad el desarrollo del deporte en todas sus manifestaciones, considerado por la nueva Ley del Deporte en su dimensión práctica, con una clara visión social, como un derecho de la ciudadanía y un elemento esencial de vertebración social y de creación e implantación de valores positivos en los ciudadanos.

Este nuevo texto, de forma acertada, atribuye al medio natural el carácter de instalación deportiva no convencional, dentro una visión omnicomprensiva del deporte, fomentando la utilización racional de los recursos naturales, cuidando de que la práctica deportiva se realice de forma sostenible, tal como así se expone tanto en su exposición de motivos como en su articulado[38]. Este planteamiento es coherente, tal como sostiene Rivera Mateos (2010) con la emergencia de un ocio-deportivo promovido por una amplia gama de prácticas deportivas nuevas o renovadas, como la bicicleta de montaña, escalada, piragüismo, parapente, escalada en roca y en hielo, cañonismo, surf de nieve, entre otras, que tienen en el medio natural y particularmente en la montaña su espacio de práctica.

El reconocimiento de los espacios deportivos no convencionales como un pilar fundamental dentro del sistema deportivo andaluz, que la referida nueva Ley promueve, se enmarca dentro de un discurso renovado sobre la ciudad del siglo XXI que pretende acabar con el modelo de ciudad neoliberal, caracterizada, según Hernández Pezzi (2017) por el boom inmobiliario en el que han predominado las políticas especulativas en la construcción de la ciudad, convirtiéndola en muchos casos, en fábricas de solares para usos residenciales y comerciarles, que han seguido pautas “depredadoras” de paisajes y espacios naturales, por lo que resulta necesario una vuelta a la naturaleza con el espíritu de los primeros clubes deportivos y asociaciones de excursionistas que popularizaron la práctica del montañismo[39], movidos por el disfrute y conservación de la naturaleza. A ello hay que sumar, como consecuencia de una mayor conciencia ecológica, el resurgimiento del campo y de la vida rural, como apunta acertadamente Oliva Serrano (1999).

La ciudad no es sólo una cuestión física, sino una construcción social y en los espacios naturales se pueden y se deben desarrollar actividades de ocio y deportivas, que sin dañar aquellos, contribuyan a mejorar las relaciones sociales y la cohesión social entre quienes habitan las ciudades, al convertirse en punto de encuentro, contribuyendo a así “hacer ciudad”. De esta forma, son también los ciudadanos los principales aliados en la conservación de estos lugares.

Así el medio natural concebido como espacio público en que se realizan actividades deportivas y de ocio se convierte en un instrumento clave para garantizar el derecho a la ciudad que es según Borja (2014) una reivindicación para que la gente vuelva a ser dueña de la ciudad en un escenario de encuentro para la construcción de la vida colectiva, en tanto que el fortalecimiento del espacio público constituye un pilar básico sobre el que se asienta, que claramente se opone a las pautas urbanizadoras, extensivas, excluyentes y privatizadoras que produce espacios fragmentados.

Mathivete (2009) nos recuerda como fue el francés Henri Lefebvre el que tomando en cuenta el impacto negativo sufrido por las ciudades en los países de economía capitalista, con la conversión de la ciudad en una mercancía al servicio exclusivo de los intereses de la acumulación del capital propuso una nueva perspectiva política denominada derecho a la ciudad abogando a través de este por “rescatar el hombre como elemento principal, protagonista de la ciudad que él mismo ha construido”

---

38 Vid artículo 10 de la Ley del Deporte de Andalucía. BOJA de 22 de julio de 2016.

39 En Andalucía, concretamente en Sierra Nevada, se realiza en 1899 la primera excursión de la sociedad excursionista conocida como “*Diez Amigos Limited*”, cuyos asociados se consideran los pioneros de los orígenes del montañismo deportivo granadino, y poco después, en 1912, se constituye formalmente la sociedad excursionista *Sierra Nevada*, como nos recuerdan Titos Martínez y Ruiz de Almodovar Sel (1998).

Reivindicar el espacio público y concretamente el medio natural en las ciudades significa poner fin a las dinámicas urbanizadoras de la ciudad cuya finalidad principal ha sido la de la especulación, frente al urbanismo por y para las personas.

Hoffman (2014) pone de manifiesto como por medio de las actividades deportivas en la naturaleza, como por ejemplo el senderismo, las personas aprenden sobre la flora y la fauna de los lugares que visitan, las especies en peligro de extinción, valoran la vida salvaje y las zonas protegidas; experimentan vivencias espirituales, al estar en contacto con la naturaleza; aprenden acerca de la historia del lugar; aprecian los paisajes; experimentan paz y tranquilidad; reducen la tensión y adquieren una actitud positiva hacia el ambiente. Se trata pues de un medio – la montaña–, tal como nos recuerda Titos Martínez (2004) que es muy sensible y tenemos el deber de conservar.

La apuesta que la nueva Ley del Deporte hace por el medio natural como espacio de práctica deportiva significa una lectura distinta de la apropiación clásica de los espacios naturales en los que todo o casi todo estaba prohibido en un afán de protección de los valores medioambientales presentes en el espacio en cuestión.

En todo caso, las actividades deportivas que se desarrollen en el medio natural deben preservar y garantizar la conservación del espacio y, en su caso, la restauración del medio ambiente, siendo necesario controlar el impacto ambiental como acertadamente sostienen López Bustos (2003) y Camps Povil *et al*, (2009).

Según López Ramón (2005) es posible la explotación de los elementos ambientales, conforme a los principios de utilización racional de todos los recursos naturales que conforman aquellos. De contrario, negar la explotación de aquellos sin motivación o explicación produce un efecto contrario al buscado en tanto que la ciudadanía ve en la protección un enemigo de sus intereses y, en este contexto, es muy difícil cumplir con la obligación de proteger el medio natural, que establece la Constitución en su artículo 45.

El derecho a disfrutar del medio ambiente, que nuestra constitución reconoce, sin la protección especial que el texto reserva para los derechos fundamentales, tal como así lo considera López Ramón (2005) encuentra en la actividad deportiva un “soporte” excelente para hacer realidad de forma efectiva el mismo. De ahí la obligación que la nueva Ley impone a los poderes públicos de fomentar la práctica deportiva en los espacios naturales, tal como veremos más adelante.

2. La consideración del medio natural como instalación deportiva no convencional en la nueva Ley del Deporte de Andalucía.

El espacio deportivo ha ido evolucionando con el tiempo, paralelamente al proceso de cambio en el mundo del deporte. Este proceso viene marcado por dos grandes líneas: por un lado, el aumento y diversificación de las actividades deportivas ha traído como consecuencia inmediata la demanda de más variados espacios de práctica deportiva mientras que, por otro, el perfeccionamiento y la tecnificación del deporte espectáculo han generado un proceso de modernización y evolución tecnológica de los espacios tradicionales.

La primera línea de crecimiento conjuga dos necesidades “modernas”,; estar en forma y respetar el medio;, y conduce a un fenómeno de desarrollo de nuevas actividades deportivas, generalmente ligadas al medio natural, que precisan de espacios difícilmente normalizables. Estos espacios o áreas de actividad, que se agrupan bajo el nombre de espacios deportivos no convencionales son, en muchos casos, difícilmente censables. A pesar de ello, constituyen una importante fuente de recursos en el campo más innovador del deporte. Su impulso y promoción por parte de las entidades competentes, mediante la programación de cursos y actividades adecuadas, genera invariablemente un incremento de los hábitos deportivos de la

poblaciónos espacios deportivos no convencionales, por su carácter intrínseco, son difícilmente clasificables, si bien constituyen la auténtica reserva deportiva de un territorio. En términos generales, los espacios deportivos no convencionales admiten una mayor flexibilidad en su configuración y dimensiones. Se desarrollan en áreas sin un planeamiento urbanístico de carácter deportivo subyacente, preferentemente en el medio natural; playas, montañas, mar, ríos; pero sin desestimar los de carácter más urbano como los jardines, parques o paseos.

Esta característica hace que sean más difícilmente atribuibles a los diversos planes y programas de política deportiva. En el caso del territorio andaluz, donde el medio natural es amplio y variado, y la climatología es favorable a la vida al aire libre durante muchos meses, la actividad deportiva en espacios no construidos debe estar en el punto de mira de una política deportiva coherente.

A partir de estas consideraciones, la valoración de la dotación deportiva en Andalucía partirá de los hábitos y tendencias en el campo del deporte como punto de referencia y de los posibles espacios con opciones para acoger la actividad deportiva (sean o no convencionales) como objetivo de estudio, análisis y planificación.

El artículo 71.1 de la Ley del Deporte de Andalucía dispone que los municipios elaborarán y aprobarán planes locales de instalaciones deportivas en los que concretarán las actuaciones a llevar a cabo en sus ámbitos territoriales, haciendo especial mención de la planificación de instalaciones deportivas no convencionales a efecto de fomento del deporte de ocio, todo ello de conformidad con la normativa andaluza en materia de espacios naturales.

El artículo 69 del referido texto considera que son instalaciones deportivas convencionales aquellas que se construyen para la práctica deportiva y se consideran instalaciones deportivas no convencionales los espacios de naturaleza urbana o medio natural cuando se utilizan para practicar deporte, conforme a la definición del artículo 4, apartado *ñ)*, de esta ley».
Para diseccionar los requisitos que deben incluirse para examinar si estamos ante una u otra tipología, debemos hacer una referencia a la citada letra *ñ)* del artículo 4 que consagra la definición de una instalación como convencional o no convencional y que deben ponerse en concordancia con la definición de «espacio deportivo» que establece la letra *n)* del mismo artículo.

La instalación no convencional integra a «espacios situados en un entorno urbano o en el medio natural que, por sus características y condiciones, además del uso propio de los mismos, se utilizan para la práctica deportiva».

La exigencia que se contiene en la nueva Ley, en la disposición adicional novena, sobre la confección y creación cartográfica de mapas de los espacios naturales de Andalucía susceptibles de ser utilizados como espacios para la práctica de determinados deportes, pone en valor la necesidad de poner a disposición de la ciudadanía una recopilación de la cartografía procedente de diversas fuentes como herramienta indispensable para un conocimiento exhaustivo de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía.

La Ley 3/2013, de 24 de julio, por la que se aprueba el Plan Estadístico y Cartográfico de Andalucía 2013 señala en su artículo 5 como objetivos del Plan, entre otros, el de suministrar información estadística y cartográfica sobre «el uso del tiempo: pautas de ocio, participación social, actividades culturales y deportiva». Asimismo, el referido Plan considera dentro de los ámbitos prioritarios de actuación estadística y cartográfica los servicios públicos deportivos, para con dicha actividad mejorar el conocimiento sobre los equipamientos, servicios, empresas y centros, actividades deportivas y sus niveles de utilización en Andalucía, así como los hábitos y prácticas deportivas de la población andaluza.

Por ello, el legislador, consciente de la importancia de la información estadística y cartográfica

en materia de deporte para la toma decisiones y su implementación en el sistema deportivo andaluz, obliga en la disposición adicional novena de la mentada Ley a la Consejería competente en materia de deporte a suministrar información estadística y cartográfica. Aunque no lo dice expresamente hemos de considerar como destinatarios principales de aquella a todos los agentes, públicos y privados, que intervienen dentro del sistema deportivo andaluz con el fin de que puedan mejorar la calidad de las decisiones que adoptan y también su implementación.

Aunque la función estadística y cartográfica de la Junta de Andalucía está suficientemente regulada en la legislación andaluza, la novedad que representa la mencionada disposición adicional consiste en reconocer explícitamente a los agentes que conforman el sistema deportivo andaluz el derecho a exigir de la Administración pública autonómica información estadística y cartográfica, por lo que aquella está ahora obligada a acometer un plan de actuaciones que colme aquel derecho.

A continuación nos referiremos a los parques periurbanos y a las zonas de montaña, dos tipologías de espacios naturales en los que se pueden desarrollar un sinfín de prácticas deportivas.

La Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el inventario de espacios naturales protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección, que abarca toda la casuística de espacios naturales presente en Andalucía, creó figuras innovadoras en nuestro país, como los parques periurbanos[40], en los que está implícito el concepto de matriz territorial y que se entendieron como una figura de amortiguación de tensiones entre el mundo urbano y el mundo natural. Se trata de espacios naturales situados en las proximidades de un núcleo urbano, hayan sido o no creados por el hombre, que atienden a las necesidades recreativas de la población.

Los parques periurbanos juegan un papel clave en la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. Se trata de espacios multifuncionales que aportan sustanciales servicios de los que se beneficia el conjunto de la ciudadanía. Constituyen un entorno agradable y natural en el cual los ciudadanos pueden realizar actividades deportivas, sociales, pasear o desconectar, básicamente de forma “gratuita”, y también contribuye al desarrollo económico de la ciudad. Desempeñan, pues un papel clave en la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

La declaración y gestión de los parques periurbanos son competencias municipales; no obstante, se requiere previamente informe de la consejería competente en materia de medio ambiente de la Junta de Andalucía, tal como así lo exige el artículo 9.12. h) de la Ley de Autonomía Local de Andalucía[41].

Los deportes de montaña son aquellas actividades que se practican en un medio con especiales características climáticas y físicas como es la montaña. Estas actividades se pueden practicar a modo de competición a nivel profesional o como una actividad de recreación y de conexión con la naturaleza.

Constituyen aquellas una reserva de paisajes, ecosistemas y hábitats característicos que acogen a una vasta diversidad de flora y fauna, una reserva de recursos hídricos, y que además encierran un rico patrimonio geológico, cultural e histórico.

La crítica situación ambiental y social de la mayor parte de las áreas de montaña del mundo llevó a la Asamblea de las Naciones Unidas a declarar el año 2002 como Año Internacional de las Montañas.

---

40 Andalucía cuenta en la actualidad con veintiún parques periurbano. Pueden consultarse en la siguiente dirección web: http://www.andalucia.org/es/espacios-naturales/parques-periurbanos/.

41 Vid. Ley 5/2010, de 11 de junio, de Autonomía Local de Andalucía (BOJA núm. 122, de 23/06/2010).

En España, haciéndose eco de esta iniciativa, el Ministerio de Medio Ambiente resolvió en el año 2003 elaborar la Carta Española de las Montañas, un documento que establece las recomendaciones de carácter básico para el diseño de políticas de montaña destinadas a promover la gestión sostenible de las montañas y la preservación del conjunto de sus valores patrimoniales.

Los diecisiete puntos de la Carta de las Montañas se estructuran en cuatro ejes fundamentales: conservación prioritaria del patrimonio natural y cultural; puesta en valor de la conservación de las montañas; contraprestaciones a la población local y cooperación y coordinación territorial entre áreas de montaña. A pesar de su impulso inicial, este documento todavía no ha sido aprobado.

3. El impacto ambiental de las actividades físico-deportivas en el medio natural.

Como nos recuerda acertadamente Hijano Baonza (2014) la creciente demanda social de actividades deportivas y eventos deportivos en la naturaleza, especialmente en los espacios protegidos, sobre todo de carreras de montaña[42] y de bicicletas de montaña, si bien ha servido para poner en valor determinados territorios como factor de desarrollo económico y elementos de dinamismo social al constituirse como fenómenos turísticos singulares, la masificación que aquellos han producido, sobre todo en lugares ecológicamente sensibles, ha suscitado el debate sobre los impactos (positivos y negativos) que ocasionan.

Muchos Ayuntamientos y también las Diputaciones Provinciales, entre las que destaca la Diputación Provincial de Almería[43], con la colaboración de clubes y empresas, atraídos por el dinamismo social y económico de los eventos deportivos en el medio natural, especialmente en la montaña, se han convertido en promotores y organizadores de actividades y eventos deportivos en el medio natural.
Según Farías Torbidoni y Sallent (2009), en mayor o menor medida, la práctica de cualquier tipo de actividad físico-deportiva en el medio natural puede provocar diferentes niveles de impacto sobre el medio natural en el que se desarrollan. Disponer de un nivel mínimo de conocimientos acerca de las características principales de estos impactos, elaborar las correspondientes recomendaciones prácticas sobre la forma en el que estos pueden ser minimizados y sobre todo, darlos a conocer, es una de las numerosas contribuciones que los profesionales de la actividad física y el deporte pueden aportar en torno a una práctica más sostenible de este tipo de actividades, y con esta, una mejor conservación del medio natural en el que se desarrollan. Y ello sin perjuicio de la necesidad de contar con una reglamentación que preserve el medio natural o que, en su caso, garantice la debida restauración del mismo cuando este resulte dañado, como así sostienen Camps Povil *et al* (*2009*).
Para Hijano Baonza (2014) un factor fundamental para para suprimir o, en su caso, mitigar los efectos dañinos para el espacio natural lo constituye la correcta organización de las actividades y eventos deportivos que allí se celebran

---

42 Es destacable el estudio "Incidencia socioeconómica y ambiental de las Carreras por Montaña en el medio rural y natural en España "de 2010 elaborado por la Federación de Deportes de Montaña en colaboración con el Consejo Asesor Científico de la Montañas del Ministerio de Medio Ambiente. El documento se puede consultar en la siguiente dirección web: http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo- rural/temas/caminos-naturales/incidencia%2Bcarreras_tcm7-170626.pdf

43 La Diputación Provincial de Almería cuenta con un programa denominado "Multiaventura" para disfrutar del deporte y la aventura en algunos de los espacios naturales más importantes de la provincia de Almería, entre los que destacan, el parque nacional Cabo de Gata, que además de promover la práctica deportiva, dinamiza la economía local y apoya a las empresas que se dedican al turismo activo en toda la geografía almeriense. Destaca también por su plan de formación en la materia: a los técnicos deportivos del programa deportivo en el medio natural, la referida Diputación los forma no sólo en la tarea de cuidar de la seguridad de los usuarios de las actividades y eventos sino también en el cuidado del entorno. Al efecto puede consultarse el trabajo de Rodríguez Ruiz, C. El técnico deportivo como promotor de la seguridad en la práctica deportiva y el cuidado del entorno. Recuperado de http://www.dipalme.org/Servicios/Informacion/Informacion.nsf/1C9C7FA4EB0BD193C1257E54002B5648/$file/Carmen%20Rodriguez.pdf

Siendo una buena organización un factor muy importante para preservar el medio natural, no es menos cierto que es preciso contar con una reglamentación que establezca con claridad los requisitos y condiciones que deben darse tanto en los organizadores de actividades y eventos deportivos en la naturaleza como en la celebración de aquellas.

No existe una reglamentación específica para cada una de las actividades que se desarrollan en los espacios naturales como sería deseable, a salvo de los reglamentos que se han elaborado por algunas federaciones deportivas, como es el caso del reglamento de competición de carreras por montaña, elaborado por la Federación Madrileña de Montañismo. Merece especial interés la Orden de 20 de marzo de 2003, conjunta de las Consejerías de Turismo y Deporte y de Medio Ambiente, por la que se establecen obligaciones y condiciones medioambientales para la práctica de las actividades integrantes del turismo activo. Esta norma se refiere a todas las actividades deportivas que se relacionan en el Decreto 20/2002, de 29 de enero, de Turismo en el Medio Rural y Turismo Activo.

La inexistencia de una reglamentación específica, a la que se refiere la nueva Ley del Deporte en su artículo 27, cuando dispone que "reglamentariamente, se establecerán los requisitos y condiciones que deberá cumplir la organización y participación de los eventos deportivos, de conformidad con lo establecido en la Ley 13/1999, de 15 de diciembre", no 312mpecé para que se pueda preservar la seguridad de los participantes y la protección del medio natural en el que se desarrollan, por medio de las autorizaciones administrativas a que están sometidas estas actividades, cuyas condiciones y requisitos con carácter general, están establecidas a nivel reglamentario en el Decreto 195/2007, de 26 de junio, por el que se establecen las condiciones generales para la celebración de espectáculos públicos y actividades recreativas de carácter ocasional y extraordinario, de aplicación al caso, a salvo de las actividades que se desarrollen en aguas de dominio público o las que son de turismo activo, que se regirán cada una por su legislación específica.

También son de interés para el debido control de las actividades deportivas en la naturaleza las determinaciones que se contienen en los planes rectores de uso y gestión que articulan las directrices de gestión y conservación de los parques naturales, en los que se fijan, además de la zonificación y las normas generales para la conservación, el uso público de los mismos, entre cuyos usos está el deportivo.

Resulta de interés también traer a colación las declaraciones así como las guías de buenas prácticas y manuales que vienen promoviéndose y/o editándose en los últimos tiempos para ordenar las actividades deportivas en la naturaleza y en la montaña, y de la que damos cuenta en la relación de documentos que acompañan a las referencias bibliográficas.

Entre las declaraciones, hemos de destacar la Declaración del Tirol[44] que contiene un conjunto de valores y máximas que proveen una guía para la mejor práctica de los deportes de montaña.

También tiene interés la Declaración de Ética en la Montaña[45], en la que también se establece que el acceso a las montañas es un derecho humano fundamental, siempre y cuando se haga de una manera responsable. En este sentido se proclama: "Debemos practicar siempre nuestras actividades de manera sensible medioambientalmente y ser proactivos en la preservación de la naturaleza y el paisaje. Debemos respetar siempre las restricciones de acceso y las regulaciones acordadas por los escaladores con las organizaciones y autoridades de conservación de la naturaleza".

Así por ejemplo la guía de buenas prácticas para el desarrollo de carreras por montaña en

---

44 Aprobada por la Conferencia sobre el Futuro de los Deportes de Montaña en Innsbruck, el 8 de septiembre de 2002.

45 La Federación Internacional de Montañeros y Escaladores (UIAA) presentó el día 11 de diciembre su documento conocido como la Declaración de Ética en la Montaña de la UIAA. Esta declaración fue aceptada por unanimidad en la Asamblea General de la UIAA en Oporto, Portugal, en octubre de 2009.

espacios naturales protegidos contiene recomendaciones, incluso para los acompañantes que por su interés insertamos a continuación, a título de ejemplo:

- Información sobre los accesos (facilitar mapa), marcar zonas de tránsito permitido, horas de paso de corredores y lugares donde deben ubicarse los acompañantes (donde la afección al medio sea nula o mínima).
- Recomendar hacer uso del transporte público. En caso de utilizar vehículos privados, circular y estacionarlos en las zonas habilitadas por la organización y la administración del espacio protegido.
- Se evitarán las emisiones sonoras dentro del medio natural (megafonía). Prohibición de lanzamiento de cohetes y pirotecnia, incorporar grupos musicales o megafonía como ambientación. Este tipo de ambientación solo podría realizarse, en los entornos de la salida y meta, y siempre que se ubiquen en núcleos urbanos.
- Información sobre la velocidad de circulación permitida de los vehículos en el interior del espacio protegido.
- Información sobre aspectos de interés del espacio protegido (natural y cultural). Es una buena ocasión para conocer y disfrutar de estos espacios.
- Informar sobre las prohibiciones de provocar alteraciones sobre las especies de fauna y flora, su captura o molestia intencionada y el daño o recolección de las especies de flora o de cualquiera de sus partes (flores, frutos, etcétera).
- Informar sobre las prohibiciones de dañar el medio geológico o el suelo, utilizando los caminos y senderos existentes, evitando el tránsito campo a través, en la medida de lo posible.
- Invitar a ser responsable de sus residuos y trasportarlos hasta su residencia habitual o en todo caso, hasta el lugar de recogida selectiva, en los núcleos urbanos.
- Informar sobre la conveniencia de no utilizar fósforos y cigarrillos y si se utilizan, deberán apagarse cuidadosamente, depositando las colillas en contenedores.

Una medida para prevenir daños graves en los espacios naturales protegidos lo constituye el aforamiento; es decir, establecer la capacidad de acogida del espacio tal como así lo defienden Gómez-Limón García y García Ventura (2010).

4. La consideración de las prestaciones deportivas en la naturaleza como parte del servicio deportivo local.

Los Ayuntamientos son los grandes dinamizadores e impulsores de la práctica deportiva en España. El compromiso de los Ayuntamientos por universalizar el ejercicio de la actividad física y el deporte, con el apoyo de las Comunidades Autónomas, les ha llevado a éstos a crear servicios municipales de deportes, contribuyendo de manera exponencial al aumento porcentual del hábito deportivo de los ciudadanos residentes en su término municipal.

En este sentido, dentro de los servicios que proporcionan los Ayuntamientos andaluces tienen cada vez una mayor demanda los servicios deportivos en la naturaleza, tal como hemos podido comprobar en este estudio al analizar los estudios de hábitos deportivos tanto a nivel estatal como en Andalucía como el informe del deporte municipal en Andalucía de 2015.

La Ley del Deporte de Andalucía dispone que a los Ayuntamientos les corresponde ejercer las competencias establecidas en la Ley de Autonomía Local de Andalucía[46], que según lo dispuesto en su artículo 9.18) consisten en la promoción del deporte y gestión de equipamientos deportivos de uso público, lo que conlleva la planificación, ordenación, gestión y promoción del deporte de base y del deporte para todos; la construcción, gestión y el mantenimiento de las instalaciones y equipamientos deportivos de titularidad propia; la organización y, en su caso, autorización de manifestaciones y competiciones deportivas que transcurran exclusivamente por su territorio, especialmente las de carácter popular y las

[46] Vid. Ley 5/2010, de 11 de junio, de Autonomía Local de Andalucía. BOJA de 23 de Junio de 2010.

destinadas a participantes en edad escolar y a grupos de atención especial y la formulación de la planificación deportiva local.

Las citadas competencias tienen la consideración de propias y mínimas, por lo que no podrán ser alteradas, modificadas o suprimidas por una ley sectorial, pero sí ampliadas por aquélla, tal como se establece en el artículo 6.2 de la referida Ley.

Esta norma habilita también a los Ayuntamientos para planificar y ordenar este "deporte para todos", lo que ha de implicar la aprobación de planes y normas, así como la ordenanza de servicio prevista a tal efecto en su artículo 30, en la que deberá establecerse el alcance de las prestaciones, la cualificación del personal que las programará, ejecutará y controlará y los medios técnicos y materiales empleados, así como el derecho de los usuarios a la información y asesoramiento sobre la práctica deportiva más adecuada a sus circunstancias personales.
Esto último conforme a lo dispuesto en el artículo 12 de la Ley de Salud Pública de Andalucía, que reconoce el derecho a la información y asesoramiento sobre la práctica deportiva más adecuada así como el deber de las administraciones públicas en Andalucía de disponer de espacios públicos para la práctica deportiva[47].

Por tanto, en la ordenanza del servicio público de deportes deben regularse las condiciones de participación en actividades deportivas en la naturaleza, cuidando a través de las acciones pertinentes de la seguridad y la calidad así como de la preservación del medio natural.

5. Conclusiones

La nueva Ley del Deporte regula en sus aspectos básicos las actividades deportivas en la naturaleza, considerando el medio natural como un espacio de práctica deportiva esencial en el sistema deportivo andaluz.

Los poderes públicos en Andalucía tienen el deber de promover y fomentar la práctica deportiva en el medio natural, preservando en todo momento los valores medioambientales y restituyendo los daños que se puedan provocar.

El reconocimiento y el papel que la nueva Ley del Deporte le otorga a los denominados espacios deportivos no convencionales o instalaciones deportivas no convencionales entroncan con un nuevo urbanismo, pensado por y para los ciudadanos, que ha de poner fin al proceso de urbanización continuada del territorio que ha tenido efectos depredadores para los espacios naturales en la ciudad.

La nueva Ley concibe las instalaciones deportivas no convencionales, entre las que se encuentra el medio natural, como una pieza clave del sistema deportivo, dentro una visión omnicomprensiva del deporte, fomentando la utilización racional de los recursos naturales, cuidando de que la práctica deportiva se realice de forma sostenible,

La creciente demanda social de nuevas y renovadas actividades deportivas y eventos deportivos en la naturaleza, especialmente en las zonas de montaña, tal como se constata en los estudios de hábitos deportivos, constituye un factor muy importante de desarrollo económico y de dinamismo social de los territorios en los que se desarrollan, contribuyendo a la creación de empleo y riqueza. .

Los promotores de actividades deportivas en la naturaleza deben organizar aquellas de forma tal que no se generen impactos negativos en el medio natural, especialmente en los espacios protegidos y en las zonas de montaña y deben tomar como referencia las directrices y buenas prácticas que se contienen en las declaraciones, cartas y guías relacionadas con la organización y desarrollo de aquellas así como cuidar el aforamiento de los espacios naturales

[47] Vid Ley de Salud Pública de Andalucía. BOJA núm. 255 de 31/12/2011

donde se desarrollan las actividades y los eventos deportivos.

Los técnicos que intervienen en la organización de actividades y eventos deportivos en espacios naturales sensibles, como lo son los sistemas de montaña o los espacios naturales protegidos, no sólo deben cuidar de la seguridad de los participantes, a la que con gran acierto se refiere Rodríguez Cano (2002) cuando justifica la necesidad de una normativa que regule las estaciones de esquí, sino del espacio natural en el que se desarrollan, por lo que deben contar con la adecuada formación y experiencia, si no también del espacio natural.

La Comunidad Autónoma de Andalucía dispone del patrimonio natural más importante de la Unión Europea, tanto en número de espacios naturales protegidos y no o protegidos como en superficie y por ello ha dispuesto en la nueva Ley del Deporte, concretamente en su artículo 27, que es de gran interés económico y social para Andalucía el fomento de los eventos deportivos en los espacios naturales, conminando por ello a la Administración Local, es decir a los Ayuntamientos y a las Diputaciones a que adopten las medidas oportunas para su fomento, dada la transcendencia económica que tiene para la Comunidad.

La Ley dispone asimismo en el mentado artículo 27 que reglamentariamente, se establecerán los requisitos y condiciones que deberá cumplir tanto los organizadores como los participantes en los eventos deportivos, de conformidad con lo establecido en la Ley 13/1999, de 15 de diciembre de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas de Andalucía, tarea que debe acometer con prontitud la Junta de Andalucía para dotar al sistema deportivo andaluz y al sector deportivo empresarial de un marco regulatorio seguro, tanto para los deportistas como para el medio natural, que posibilite el crecimiento y el desarrollo de muchas zonas deprimidas del territorio andaluz, pese a disponer de un patrimonio natural excepcional, en el que pueden emerger nuevas iniciativas que contribuyan a su desarrollo social y económico.

La Ley del Deporte de Andalucía presta especial atención a la seguridad de las personas deportistas y por ello reconoce el derecho a desarrollar su actividad deportiva competicional en condiciones adecuadas de seguridad y regula el ejercicio de determinadas profesiones del deportes; dos cuestiones estas de capital importancia cuando se desarrollan las actividades en espacios naturales muy sensibles, como por ejemplo las zonas de montaña.

Andalucía que cuenta con el patrimonio natural más importante de la Unión Europea no debe desaprovechar la capacidad que los deportes de montaña y de naturaleza tienen en la actualidad para movilizar recursos y generar riqueza y empleo en las zonas deprimidas, que cuenta con un patrimonio natural excepcional, máxime cuando las tendencias apuntan a un crecimiento cada vez mayor de este tipo de actividades deportivas.

Los ayuntamientos deben incluir en su catálogo de prestaciones y servicios deportivos, actividades y eventos deportivos en la naturaleza, si bien deben regular las condiciones de participación para garantizar la seguridad de los participantes y la debida protección del espacio natural, especialmente de los espacios naturales más sensibles.

Referencias bibliográficas

- Borja, J. (mayo 2011). Espacio público y derecho a la ciudad. Viento Sur, núm. 116.
- Camps Povil, A. Carretero Lestón, J.L. y Landaberea Unzueta, J.A. (2009). Aspectos jurídicos de las actividades físico deportivas en el medio natural. ICP, núm. 34. Consejo Superior de Deportes.
- Cubells Villalba, B. DOWNSHIFTING, el arte de vivir mejor con menos. Recuperado de https://www.revistaesfinge.com/naturaleza/vida-al-aire-libre/item/503-2downshifting-el-arte-de-vivir-mejor-con-menos
- De la Rosa Galopa, A. La escalada como motor del cambio rápido en un municipio: Margalef (Tarragona). Recuperado de http://www.redruralnacional.es/documents/10182/427339/11-Abraham_de_la_Rosa-DR_y_Activ_Naturaleza_28nov17.pdf/fcef8bab-6e41-48b3-9296-bfd04588afce
- Farías Torbidoni, E.I. y Sallent, O. (2009). El impacto ambiental de las actividades físico- deportivas en el medio

natural. El caso de la práctica del Mountain Bike o bicicleta todo terreno. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación, núm. 16.
- Gómez, M. (2017). La reconquista del espacio público. Recuperado de https://www.caf.com/es/conocimiento/blog/2017/07/la-reconquista-del-espacio- publico/.
- Gómez-Limón García, J. y García Ventura, D. (2010). Capacidad de acogida de uso público en los espacios naturales protegidos. Recuperado de https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-51898/capacidad-acogida_tcm7- 340830%20(1).pdf.
- González García, J.M.; Bayón, F. y Meloni C. (eds.) (2015). Documentos de estudios de ocio, 54. Bilbao. Universidad de Deusto
- Hernández Pezzi, C. (2017). Alternativas a la ciudad caótica. Madrid. Muñoz Moya Editores.
- Hijano Baonza, N. (2014). Deporte en la naturaleza y conservación: buscando el equilibrio. Madrid Ecologista, núm. 26.
- Hoffmann, C. (2014). El turismo y el ocio en los espacios naturales y su influencia en un envejecimiento activo. Recuperado de https://envejecimientoenred.wordpress.com/2014/02/17/el-turismo-y-el-ocio-en-los- espacios-naturales-y-su-influencia-en-un-envejecimiento-activo-iv/.
- Jiménez Soto. I. (2015). La configuración jurídica del deporte en el medio natural (relaciones con el turismo, el desarrollo sostenible y la ordenación del territorio), Madrid. Editorial Reus.
- López Ramón, F. (2005). El medio ambiente en la constitución española. Recuperado http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AM/PDF_AM_Ambienta_2015_113_84_91.pdf.
- López Bustos, F. (2003). Los deportes en la naturaleza. Aspectos generales. Recuperado de http://www.munideporte.com/imágenes/documentacion/ficheros/20060410014232regulacion_de_actividades_espacios_protegidos.PDF.
- López Herrerías, J.A. (2009). Del yo moderno al yo metamoderno: hacia otra cultura y educación. Recuperado de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet- DelYoModernoAlYoMetamoderno-3004461.pdf
- Oliva Serrano, J. (1999). La representación de lo "rural" después de la modernidad. Príncipe de Viana. Suplementos de ciencias sociales, núm. 17.
- Rivera Mateos, M. (2010). Turismo activo en la naturaleza y espacios de ocio en Andalucía: aspectos territoriales, políticas públicas y estrategias de planificación. Recuperado de
- http://www.juntadeandalucia.es/turismoycomercio/publicaciones/37957.pdf.
- Rodríguez Cano, E. (2002). En la senda hacia una normativa general sobre la montaña. Primeras Jornadas de Seguridad en la nieve, Granada, Cetursa Sierra Nevada S.A.
- Titos Martínez, M. y Ruiz de Almodóvar Sel, M. (1998). Los "Diez Amigos Limited" y los orígenes del montañismo granadino, 1898-1913, Granada, Editorial Comares.
- Titos Martínez, M. (2004). Esquiar en Granada, Historia del esquí en Sierra Nevada, 90 años después, Granada, Ayuntamiento de Granada.
- Triguero Florido, J.D. (2010) Turismo activo sostenible y experiencia óptima en espacios naturales protegidos. Recuperado de http://www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/publicaciones/37956.pd.
- Zarzalejos, J.A. (2018) El mundo será una inmensa ciudad. Recuperado de http://www.revista-uno.com/29-revista/mundo-sera-una-inmensa-ciudad/
- Datos del impacto socioeconómico de senderismo en el medio natural. Recuperado de http://www.redruralnacional.es/documents/10182/427339/07-Antonio_Turmo-DR_y_Activ_Naturaleza_28nov2017.pdf/0c7c5427-4898-4ba4-962d-438bde6d82bb
- Declaración del Tirol sobre las mejores prácticas en deportes de montaña "Amplía tus límites, abre tu espíritu y aspira al máximo". Aprobada por la Conferencia sobre "el futuro de los deportes de montaña", Innsbruck, 6- 8 setiembre, 2002 Recuperado de http://www.fedme.es/salaprensa/upfiles/703_F_es.pdf
- Guía de buenas prácticas ambientales para eventos deportivos. 2011. Federación Española de Municipios y Provincias. Recuperado de http://femp.femp.es/files/566- 1280-archivo/GUIA_VERDE_VERSION%20DEFINITIVA.pdf.
- Guía de buenas prácticas para el desarrollo de carreras por montaña en espacios naturales protegidos. 2016. Recuperado de https://www.uam.es/otros/fungobe/doc/guiamontanya.pdf.
- Guía de buenas prácticas medio ambientales para el desarrollo de eventos deportivos en la ciudad de Madrid. Recuperado de http://medioambiente.coe.es/WEB/EVENTOSHOME.nsf/45eaf1fbea4637d9c1256d55002fedfc/8b9a04216d3f88f2c125755c003b22c9/$FILE/Gevdep.pdf.
- El Deporte municipal en Andalucía. 2015. Recuperado de https://www.turismoandaluz.com/estadisticas/sites/default/files/deporte_municipal_201 5.pdf.
- Hábitos y actitudes de la población andaluza en de https://www.turismoandaluz.com/estadisticas/sites/default/files/hab_act_edad_escolar_2 016.pdf.
- Jornada técnica de debate y reflexión sobre conservación y desarrollo del territorio (Ronda 29 y 30 de junio de 2017). Recuperado http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.fe9680dcc28654df47ead8205510e1ca/?vgnextoid=62306cfb459cd510VgnVCM2000000624e50Arc.RD&vgnextchannel=c6bd81667c3ac510VgnVCM2000000624e50Arcrd&vgnextfmt=versionImprimible&lr=lang_es.
- Manual sobre conceptos de uso público en los espacios naturales protegidos (2005). Recuperado de http://www.redeuroparc.org/system/files/shared/manual_1.pdf.

- Reglamento de competición de carreras por montaña. Recuperado de http://www.fmm.es/images/stories/Documentos/Federacion/Gobierno/Legislacion/1702_01_reglamento-fmm.carreras2.pdf.

C O M U N I C A C I O N E S

5. Recursos agrícolas, ganaderos y cinegéticos

- La trashumancia en Sierra Nevada (España) y su Patrimonio Cultural Inmaterial
- ¿Cómo es de rentable el olivar de montaña andaluz?
- Agricultura, turismo y desarrollo rural: un análisis exploratorio en la montaña de Sierra Nevada (Andalucía, España)

LA TRASHUMANCIA EN SIERRA NEVADA Y SU PATRIMONIO CULTURAL INMATERIAL

ESTEFANÍA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ
fernandezf.estefania@gmail.com
Etnóloga consultora en Patrimonio y Antropología Cultural

RESUMEN

La trashumancia ha constituido históricamente una de las estrategias de pastoreo de mayor capacidad adaptativa a los cambios económicos, socioculturales y políticos en la Cuenca Mediterránea, que ha sobrevivido a diversas perturbaciones, adaptándose e integrando nuevos conocimientos, tecnologías y marcos institucionales. El innegable poder institucional y económico que ejerció la Mesta en España ha ocultado de la historiografía otras trashumancias, como es el caso de Sierra Nevada, donde el ganado tradicionalmente ha buscado complementar los frescos pastos estivales de sus cumbres con otros más cálidos de la costa mediterránea y Sierra Morena en invierno. Se presenta un estudio sobre la pervivencia actual de las rutas trashumantes nevadenses, el cambio de patrones de desplazamiento del ganado y el patrimonio cultural inmaterial y material generado a lo largo de la red socio-ecológica de las vías pecuarias que conectan los agostaderos e invernaderos del sureste peninsular mediterráneo.

Palabras clave: trashumancia, pastoreo, patrimonio cultural inmaterial, vías pecuarias, Sierra Nevada.

ABSTRACT

Transhumance has historically been one of the shepherding strategies with greater adaptive capacity to deal with economic, sociocultural and political changes in the Mediterranean Basin, and it has survived various changes by adapting and integrating new knowledge, technologies, and institutional frameworks. The undeniable institutional and economic influence exercised in Spain by the Mesta has concealed other transhumance practices from the historiography, such as the transhumance in the Sierra Nevada, where livestock have traditionally sought to complement the cool pastures of its high summer valleys with warmer ones from the Mediterranean coast and Sierra Morena in winter. A study is proposed on the current survival of transhumance routes of the Sierra Nevada, the changes in seasonal livestock migration patterns, and the intangible and material cultural heritage generated throughout the socio-ecological cattle migration network that connects the summer pastures and the winter pastures of the Mediterranean southeast of the Iberian Peninsula.

Keywords:*transhumance, pastoralism, inmaterial cultural heritage, droves´ road, Sierra Nevada.*

1. Introducción

Los sistemas trashumantes son claro ejemplo de una co-evolución milenaria y han supuesto una adaptación cultural constante a cambios económicos, socioculturales, políticos y medioambientales, trasladándose los rebaños por medio de la red socio-ecológica de vías pecuarias para ocupar extensiones del territorio, de forma estacional o con movimientos periódicos, en áreas de verano e invierno en función de las necesidades económicas y ecológicas (Browman, 1974; Orlove, 1982).

Dichos sistemas han sido reconocidos internacionalmente no sólo por su importancia económica para la alimentación de las poblaciones humanas, sino también como suministradores de servicios[48], los cuales suponen contribuciones directas de los ecosistemas al bienestar humano (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2001). A nivel internacional el papel del pastoreo y la conciencia sobre su relevancia ecosistémica, hoy objeto de reconocimiento y protección, han sido plasmados en tres de las convenciones establecidas por Naciones Unidas en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992[49], por la Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación[50] de 1988 o la Iniciativa Mundial para el Pastoralismo Sostenible de 2005[51]. A nivel nacional cabe sumar, tras la creación de la Red Nacional de Vías Pecuarias (Ley 3/1995 de 23 de marzo), con implicaciones a nivel autonómico, y la consideración de la Red Española de Vías Pecuarias como Itinerario Natural y Cultural Europeo por parte del Consejo de Europa, tres hitos que contribuyen a la visibilizar el valor patrimonial de esta tradicional práctica ganadera: la declaración en el año 2011 de la trashumancia de Aragón como *Bien de Interés Cultural Inmaterial* (Decreto 289/2011, de 30 de agosto), la publicación en dicho año del *Libro Blanco de la Trashumancia* (MARM, 2011) y, finalmente, de 2015 a 2017 los intentos de su inscripción como *Manifestación Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial* (Resolución de 4 de noviembre de 2015), en base a la Ley para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial (Ley 10/2015, de 26 de mayo) por parte de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales y de Archivos y Bibliotecas.

En términos generales, en la actualidad la tradición trashumante ha descendido, pues en algunos casos ha desaparecido y en otros ha quedado relegada a una dimensión marginal. Los cambios climáticos globales, la intensificación agraria y la sedentarización del ganado, la pérdida de rentabilidad económica, la desvalorización social de la práctica, la falta de relevo generacional o la política de subvenciones asociadas a la Política Agraria Común de la Unión Europea y sus implicaciones en la eligibilidad de superficies pastables han ejercido un peso muy significativo en el cambio del modelo productivo y de patrones de manejo del ganado.

Sin embargo, pese a que la validez del modelo trashumante sigue teniendo una especial vigencia en muchas áreas de la Península Ibérica, por el momento no han sido analizadas ampliamente determinadas sociedades poseedoras y transmisoras de una riqueza patrimonial que ha sido generada durante siglos, pues son las peculiaridades geográficas de la cultura pastoril y trashumante las que otorgan una mayor trascendencia a este hecho patrimonial y posibilitan su comprensión unitaria, en tanto que, a través de su red viaria, dicha cultura ha

---

48 Cífrese el proyecto financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, en colaboración con la Asociación Trashumancia y Naturaleza, y desarrollado por el Laboratorio de Socioecosistemas de la Universidad Autónoma de Madrid entre los años 2009-2011 (Proyecto 079/RN08/02.1), GONZÁLEZ, José A. et al (2012).

49 La Convención de Lucha contra la Desertificación y la Degradación del Suelo establece que la degradación del suelo en zonas pastoriles suele estar ligada a la sedentarización de pastores, a la restricción de la movilidad y a la intensificación de la gestión ganadera, al régimen de tenencia de la tierra y al debilitamiento de las instituciones tradicionales; por otro lado, estudios aportados en la Convención sobre Diversidad Biológica reconocen que el pastoreo tradicional extensivo tiene un valor en general muy positivo en la conservación de la biodiversidad para mantener abiertos importantes corredores ecológicos gracias a las migraciones y en la prevención de incendios catastróficos por acción del ganado; y, en tercer lugar, la Convención Marco sobre Cambio Climático establece que los pastizales muestran un enorme potencial como sumideros de carbono y que la estrategia de vida pastoralista móvil y la tenencia comunal de la tierra hace a los pastores considerablemente más adaptativos y minimiza el riesgo que éstos corren en lugares de precipitación errática y muy concentrada.

50 Inicia en el año 2002 un amplio programa para la conservación y manejo adaptativo de los *Sistemas Ingeniosos del Patrimonio Agrícola Mundial*, entre los que se encuentran los sistemas pastoriles nómadas y semi-nómadas.

51 La primera tiene como objeto tender puentes entre las prácticas agrarias extensivas y la formulación de políticas agrarias y medioambientales; la segunda, proyecto del Fondo para el Medio Ambiente Mundial implementado por el PNUD y ejecutado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, pretende promover el empoderamiento de los pastores para la gestión sostenible de los recursos y procura un mayor reconocimiento de la importancia del desarrollo pastoril sostenible tanto para la reducción de la pobreza como para la prevención de la degradación.

modelado y contribuido a la cohesión, vertebración y ordenación del paisaje peninsular. Tomo palabras de Castán Esteban, extraídas de su estudio sobre los desplazamientos de ganado turolense en el Reino de Valencia: "la magnitud institucional y el innegable poder económico de la Mesta han ocultado a la historiografía la existencia de espacios en los que se han desenvuelto otras trashumancias ibéricas" (Castán, 1996: 29). Es también nuestro caso, el de los pueblos de las montañas de las cordilleras Prebética, Subbética y Penibética, de vocación claramente agroganadera que, al igual que en otras sierras españolas, no han utilizado las dehesas manchegas o extremeñas, sino que los ganados de estas sierras tradicionalmente han aprovechado los pastos de las tierras cálidas de la costa mediterránea (desde Málaga a Murcia) y Sierra Morena (que, a su vez, recibe ganado trashumante que desciende de los Montes Universales del Sistema Ibérico, cabecera de la Cañada Real Conquense), hasta su regreso a Sierra Nevada al inicio de la época estival.

Surge así un proyecto en 2016 de identificación y documentación de la práctica trashumante en las áreas de montaña del sureste peninsular en el marco del Plan Nacional de Salvaguardia del Patrimonio Inmaterial[52], ante la exigencia de la UNESCO en 2003 de que los Estados tomen parte en el (re)conocimiento y defensa del mismo como expresión de la diversidad cultural y garantía de desarrollo sostenible. El proyecto trata de aportar un corpus actualizado bibliográfico y etnográfico que dé cuenta de la trascendencia histórica, económica, ecológica, sociocultural y patrimonial del fenómeno trashumante, formando parte su documentación del expediente de inscripción definitiva de la trashumancia como *Manifestación Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de España* (Real Decreto 385/2017, de 8 de abril); parte de sus resultados se presentan en esta comunicación.

2. Definición y criterios de clasificación de la Trashumancia y su Patrimonio Cultural Inmaterial

En la historiografía referente a la práctica trashumante no parece existir un consenso unánime a la hora de definir la trashumancia, pues su tipología bien ha sido clasificada bajo el criterio de la longitud de los trayectos (García Martín, 1990; Pallaruelo, 1993; Díaz López, 2004) o de la ubicación del núcleo principal de residencia de quienes realizan la práctica (Braudel, 1976).

Es prioritario definir nuestro objeto de estudio, pues a medida que se han conocido más casos regionales, tanto pasados como actuales, se ha puesto de manifiesto la complejidad de un concepto que, ante la ambigüedad en el uso de la dicotomía *trashumante-trasterminante* en la literatura científica, corre el riesgo de invisibilizar aquellos movimientos de ganado cuyos patrones de desplazamiento se han modificado en las últimas décadas a causa de factores diversos, como el acceso a la tierra, el estado de las vías pecuarias, la rentabilidad económica de la práctica, el cambio climático o el estado de los pastos.

Partimos de la concepción general de la *trashumancia* como una de las estrategias posibles para el manejo de ganado, junto a las dos otras existentes como son el nomadismo, donde animales y familias pastoriles se mueven a lo largo de diferentes áreas sin residencia fija, y el agropastoreo, en que los animales se mueven en los límites de un mismo valle o en una ladera

[52] Fernández Fernández, Estefanía (coord.) *Estudio y diagnóstico de los Sistemas de Trashumancia en Áreas de montaña del Sureste Peninsular Mediterráneo,* financiado por la Subdirección General del Instituto del Patrimonio Cultural de España, Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales y de Archivos y Bibliotecas del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, entre los años 2016 y 2017. Su ámbito de estudio abarca las áreas de Sierra Morena Oriental, Sierra de Alcaraz, Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas, Sierra Mágina, Sierra de Castril y Sierra Nevada, en tanto que todas ellas comparten una característica común, la complementariedad de pastos de invernada y agostada dentro de la misma provincia (entre cotas bajas y altas de un mismo municipio o entre valles y áreas de montaña intermunicipalmente) o entre provincias colindantes, dada la conexión histórica agropecuaria de Jaén y Granada con Almería, Murcia, Albacete y Ciudad Real, donde los sistemas montañosos con pastos de verano se encuentras próximos a dehesas y a sierras litorales mediterráneas para la época de invernada.

de montaña sin cambiar de redil y en estrecha relación con el calendario agrícola y la disponibilidad de otros recursos forrajeros (Lasanta, 2010). Posibilita el acoplamiento entre las actividades de pastoreo y los picos estacionales de productividad de pastos, evitando los períodos críticos de sequía estival en las zonas bajas así como las heladas y las nieves invernales en las zonas de montaña (Ruíz y Ruíz, 1986), y, con ello, de resultas que propicia la regeneración cíclica y óptima explotación de los recursos existentes, tanto en áreas de agostada e invernada como también en las zonas de paso atravesadas durante el trayecto trashumante (Manzano-Baena y Casas, 2010).

En este sentido, por *trashumancia* entiendo un sistema de gestión ganadera que implica el desplazamiento de ganado entre bajas y altas cotas de una misma o diferentes regiones pastables, ya sea en altitud o en latitud, independientemente de la distancia recorrida y en función de las necesidades económicas y ecológicas, así como el establecimiento por parte de ganaderos y ganaderas, y de sus unidades familiares, de asentamientos permanentes en zonas llamadas de agostada e invernada en términos generales. Se realiza siguiendo rutas regulares establecidas a través de la red socio-ecológica de vías pecuarias (y otros caminos) que actúan como auténticos corredores de intercambio ecológico y de manifestaciones culturales, las cuales forman parte del patrimonio inmaterial y material de los territorios y dan cuenta de su identidad y paisaje cultural.

Así pues, se puede establecer una tipología de los desplazamientos trashumantes de la siguiente manera: *trashumancias de largo recorrido* para aquellos desplazamientos de pastores y ganado interregionales o interprovinciales; *trashumancias de corto recorrido* para los realizados intermunicipalmente; y *trasterminancias* para los desplazamientos estacionales (no el agropastoreo) producidos entre cotas altas y bajas de un mismo municipio, independientemente de su longitud, pues se han registrado desplazamientos trasterminantes que cubren distancias mayores que otros considerados trashumantes por la extensión del término municipal en cuestión. A causa de los altos alquileres de las fincas, problemas en saneamientos, la situación familiar o la rentabilidad económica de la explotación, los patrones de desplazamiento del ganado pueden diferir cada año en el caso de ciertas explotaciones ganaderas, decidiendo, por ejemplo, un año aprovechar pastos cercanos y al siguiente trashumar a más alejados.

Entiendo aquí por "patrimonio cultural trashumante", atendiendo a las consideraciones establecidas tanto por la Teoría de los Bienes Culturales (Comisión Franceschini, 1964[53]) como por la definición dada en 2003 por la UNESCO (Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial, 2003), como el conjunto de saberes, técnicas, expresiones, usos sociales tradicionales y costumbres en torno a la práctica del pastoreo y la trashumancia, así como el compendio de instrumentos, objetos, artefactos y espacios culturales que les son inherentes, fruto de la relación del ser humano con su entorno mediante la transmisión intergeneracional, que tienen capacidad de estructurar la vida de un grupo o una comunidad, son compartidos y valorados por éstos y otorgan significado dentro de una cultura definida a lo largo de determinados procesos históricos.

3. Historia de la trashumancia y ganadería extensiva en Sierra Nevada

La posición central que ocupa geográficamente Sierra Nevada en el Sistema Penibético conjuga una serie de factores de tipo orográfico, geográfico y climático que han determinado históricamente la composición de la cabaña ganadera, su distribución y la trayectoria de los movimientos en busca de pastos más templados y adecuados según la estación. Estos factores conllevan una disminución de altitudes (las más altas de la Península) y de precipitaciones

[53] Señala que "el valor de cualquier bien cultural material, mueble o inmueble, realizado por el hombre como ser social y cultural, proviene de su valor simbólico y del hecho de ser testimonio de una cultura presente o pasada. Se diría, por tanto, que el patrimonio material no se entiende ni tiene sentido sin sus valores inmateriales".

hacia el este, así como destacables diferencias entre las vertientes norte y sur del macizo en cuanto a pendiente, microclima y composición del medio, acentuadas por la cercanía del mar, lo que permite la complementariedad de usos ganaderos y agrícolas incluso en altas altitudes.

El estudio de la conformación del paisaje vegetal, la organización territorial de las alquerías y el volumen de tributaciones obtenidas por actividad productiva en el entorno de Sierra Nevada muestran que la ganadería fue una actividad secundaria respecto de la agricultura en época nazarí (Carmen Trillo, 1999, 2004, 2011), aunque imprescindible. El regadío permitía cultivos destinados no sólo al autoconsumo, sino también al mercado urbano y a una exportación controlada por mercaderes italianos, lo que convertía las parcelas irrigadas en una inversión enormemente rentable. Debido a la incompatibilidad que tenía con las áreas agrícolas irrigadas, los rebaños aprovechaban los campos de secano y el monte abierto y aclarado y herbajes entre alquerías limítrofes y comarcales que denotaban movimientos de corto recorrido; las cabañas no eran tan numerosas como lo eran ya las castellanas, predominaban las cabras sobre las ovejas y era escaso el bovino (Trillo, 1999).

Una de las primeras fuentes documentales que refieren a la práctica trashumante en Sierra Nevada data del siglo XVI, bajo la autoría del historiador granadino Luis de Mármol (Málaga, 1600; Granada, 2015), quien señala áreas de agostada para el ganado en Las Alpujarras y de invernada en la costa granadina. Previos a la dominación castellana, parecen relevantes los traslados de hatos desde la Alta Alpujarra, e incluso de Guadix, atravesando el macizo montañoso para llegar a los invernaderos del Campo de Dalías (Caro Barrionuevo, 1996), región ya conocida en las fuentes árabes como zona de herbajes y lugar de confluencia del ganado alpujarreño, con la existencia de salinas que completaban la alimentación del ganado (Trillo, 2011). Otro de los destinos habituales eran los herbajes costeros almerienses (Díaz, 1998), de ahí que las rutas de aljibes estudiadas en la Alpujarra almeriense parecen constituir una muestra clara de esta actividad en época musulmana (Cara, 1989). Además, la posición geográfica de las tierras más surorientales de la Península les hizo participar de la llegada de rebaños de Granada y su vega, del Marquesado del Zenete y Guadix, y de las sierra de Baza, de Segura, Yeste y Alcaraz, pero también desde los reinos limítrofes e incluso desde las sierras del Sistema Ibérico, motivados estos desplazamientos por la existencia de lavaderos de lanas de Huéscar y un comercio de la misma que controlaban los genoveses y exportaban a través del puerto de Cartagena (Vincent, 2002; Díaz, 2004).

Sin embargo, a partir de la conquista cristiana del Reino de Granada, y hasta la guerra de Las Alpujarras, van a entrar en pugna no sólo dos estructuras económicas adversas, la musulmana y la cristiana, con repercusiones en el paisaje vegetal de Sierra Nevada, y dos modelos diferentes de gestión de la riqueza pecuaria. De un lado, el “mudéjar-morisco”, que compaginaba la trashumancia de varios cientos de kilómetros, los traslados entre términos limítrofes y la trasterminancia, se beneficiaban de la comunidad de pastos locales y no generaban ningún derecho real ni ingresos para los concejos donde invernaban (Cara, 1999); de otro lado, el de los “grandes señores de ganados cristiano-viejos” que imponían la trashumancia de largo recorrido con grandes rebaños de miles de cabezas, quienes “se repartieron los mejores pastizales de agostada en Sierra Nevada” (Cara, 1999: 131-132), se enfrentaban con ganaderos autóctonos y labradores “alegando que tenían derecho de posesión como hermanos que eran del Honrado Concejo de la Mesta” (Nieto, 1996: 491) y “fueron expulsando a los rebaños de moriscos de sus tradicionales espacios ganaderos” (Díaz, 2004: 365).

La crisis generada en todo el Reino de Granada a raíz de la radicalización de las relaciones entre ambas comunidades étnico-religiosas morisca y viejo-cristiana, la sublevación morisca de 1568 y la consecuente guerra de Las Alpujarras afectaron evidentemente al sistema trashumante, pues fueron muy pocos los propietarios que se atrevieron a trasladar sus rebaños hasta los pastizales costeros y los desplazamientos de corta duración y pequeños hatos

desaparecieron de forma radical; casi exclusivamente se van a registrar traslados de grandes rebaños procedentes del norte del reino (Díaz, 2004). La caída del precio de la lana, los periodos de sequía y el agotamiento de los pastos o la repoblación y presión agrícola fueron factores que motivaron la crisis de la trashumancia en el siglo XVII y una vuelta a trashumancias cortas y al modelo de ganaderos con pequeños herbajes cercanos. A ello se le suma con el estallido de la Guerra de la Independencia los problemas de seguridad en las vías pecuarias, pero, aunque poco a poco la trashumancia de largo recorrido perdiera fuerza, los rebaños procedentes de términos más cercanos de la Alpujarra seguían teniendo un importante número de cabezas (Díaz, 1998, 2004). Por otro lado, las desamortizaciones e implantación de nuevos latifundistas, las roturaciones abusivas, la reconstrucción de sistemas de riego de época morisca y la progresión de un paisaje de bancales (sobre todo en la vertiente sur) hacen relegar las zonas de pastoreo prácticamente a las cumbres (entre los 1.700 y 2.800 metros), afectadas gran parte de ellas en el siglo XX con las repoblaciones de pinos. Por otra parte, la apertura hacia la costa, una vez desaparecida la amenaza bélica, y la utilización de zonas de pasto en los montes litorales también favorecen la recuperación de la práctica ganadera y trashumante.

Las siguientes noticias que tenemos de tal práctica en Sierra Nevada las documenta el botánico Simón de Rojas Clemente entre 1804 y 1809 en sus recorridos por la provincia (Gil Albarracín, 2002), donde hace mención que sus cumbres eran destino de trashumancias procedentes del Campo de Dalías, así como recogía información sobre las grandes dehesas de la vertiente septentrional de Sierra Nevada (Dúrcal, Dilar, Monachil, San Jerónimo, Barranco de San Juan, Calvario o Bacares, Hoyas del Genil y Camarate). Estos desplazamientos estacionales de población en Sierra Nevada también fueron señalados por el botánico Boissier (1837) o los geógrafos Quelle (1906), Sorré (1932) y Carandell (1935)[54].

Por otra parte, la política forestal de repoblación y defensa de los montes también ha contribuido al condicionamiento del modelo trashumante actual, desde la prohibición de enajenar los bienes de aprovechamiento común de Madoz en el siglo XIX hasta la intensificación de las tareas de repoblación desde 1935 y cláusulas de renuncia de los ayuntamientos a los pastos y toda clase de disfrutes dentro de las zonas repobladas, prohibiéndose la entrada de toda clase de ganado hasta que el Patrimonio Forestal de Estado lo autorizase (Arias, 1981), motivo por el que muchos ganaderos, como el caso de los entrevistados en Jerez de Marquesado y Lanteira, se vieron obligados a desplazarse a agostaderos almerienses de la Sierra de Gádor y de Campohermoso, respectivamente.

Las declaraciones de Reserva de la Biosfera desde 1986, Parque Natural en 1989 y Parque Nacional en 1999, además de formar parte de la Red Natura desde 2000, también han condicionado y regulado la practica ganadera en su intención por preservar los valores naturales del macizo montañoso, con una normativa (PORN y PRUG) que establece una zonificación de exclusión permanente y temporal y permisibilidad de ganado en determinadas zonas y la planificación de la actividad ganadera en cuanto a carga soportable (Plan Sectorial de la Ganadería Extensiva Tradicional), con actuaciones para la apuesta por razas autóctonas, de mejora de pastos e infraestructuras y experiencias de limpieza de cortafuegos mediante pastoreo controlado.

Por último, los procesos de emigración vividos en la comarca alpujarreña entre los años setenta y ochenta del siglo XX dejan mermada la actividad ganadera, pero es con el retorno de estos emigrados cuando se aprecia, en casos concretos como Trevélez (May, 1991), cómo quienes

[54] Véanse BOISSIER, E. (1837). Voyage botanique dans le Midi de l'Espagne pendant l'année. París: Gide et Cia; QUELLE, Otto. (1908). Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada (Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu. Berlin; SORRE, Max. (1932). Nomadisme agrícole et trashumance dans la Sierra Nevada. En *Annales de Géographie*, XLI ,301-305; y CARANDELL PERICAY, Juan. (1935). El hábitat en la Sierra Nevada. Madrid: Imprenta del Patronato de Huérfanos de Intendencia e Intervención Militares.

han trabajado en el noreste español y en la parte occidental y centroeuropea regresan e invierten el capital obtenido en la compra de ovejas y vacas, produciéndose así una reorientación del modo de ganadería extensiva, sobre todo bovina, que requiere trashumar a pastos más extensos y abundantes.

4. Marco metodológico

La documentación etnológica, alfanumérica y gráfica generada en este proyecto atiende a una comarcalización cultural que toma en cuenta factores tanto geográficos e histórico-culturales como de articulación y planificación territorial, es decir, divisiones territoriales supramunicipales confluyentes como la agroganadera de las Oficinas Comarcales Agrarias, de Grupos de Desarrollo Rural, del Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía o los partidos judiciales (Cano García, 2002); abarca, pues, las comarcas culturales de Alpujarra granadina, Alpujarra almeriense, Valle del Lecrín, Guadix, Huéscar, Vega de Granada y Costa Tropical, las cuales registran cabañas trashumantes que se desplazan desde o hacia el entorno de Sierra Nevada.

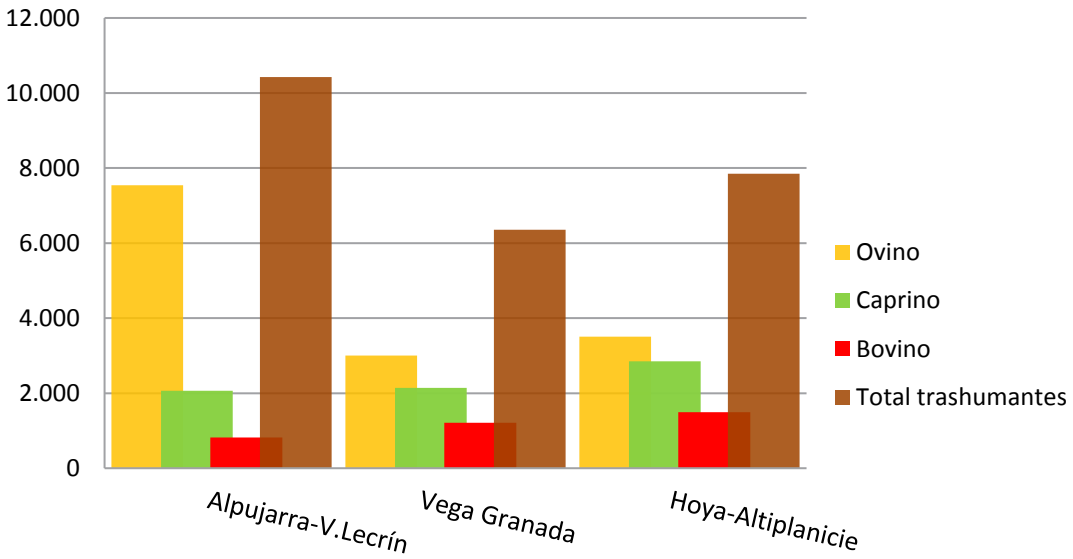
El estudio se ha desarrollado en cinco fases secuenciales: a) la realización de un censo de explotaciones y ganado trashumante, contrastando datos facilitados por las diferentes Oficinas Comarcales Agrarias, Agrupaciones de Defensa Sanitaria Ganadera y asociaciones de apoyo a razas autóctonas con entrevistas semi-estructuradas a ganaderos trashumantes o ex-trashumantes y agentes implicados en la gestión del manejo de ganado y pastos, con objeto de actualizar registros que han quedado desfasados por los cambios producidos en los patrones de manejo en ganadería extensiva (Rubio de Lucas, 1995); b) cartografía mediante Sistemas de Información Geográfica de rutas actuales a pie y en camión y bienes asociados a la red pecuaria (puntos de agua, descansaderos, corrales, refugios,…), analizando el tipo y estado de señalización de vías, obstáculos y modificaciones en trazados y cuantificando cabezas de ganado que transitan por tramo, mediante entrevistas estructuradas, mapeo de vías en Andalucía y notas de campo *in situ* durante el acompañamiento a ganaderos entre mayo de 2016 a junio de 2017 hacia sus zonas de agostada e invernada; c) registro del patrimonio material e inmaterial pastoril y trashumante y análisis de los sistemas tradicionales de gobernanza en la gestión de pastos y cambios producidos, mediante la observación directa y participativa en trayectos, visitas y entrevistas en explotaciones y participación activa en tareas de cuidado y manejo del ganado y festivo-ceremoniales; d) una identificación preliminar de los servicios ecosistémicos generados en los paisajes culturales de la trashumancia y análisis del valor ecológico-cultural de la práctica, a través de revisiones bibliográficas, participación en grupos focales y entrevistas semiestructuradas; y e) identificación de los factores que caracterizan el presente y pueden determinar el futuro de la práctica y análisis del modo en que los procesos de patrimonialización pueden constituir una práctica resiliente en sí misma.

5. Discusión de resultados

5.1. Cabaña trashumante actual en Sierra Nevada y patrones de manejo

La cuantificación de la cabaña trashumante (figura 1) hay que considerarla de manera estimativa, pues su tamaño fluctúa a lo largo de un mismo año según el número de crías de cada paridera, las bajas producidas o la venta de los animales; la fecha de partida para el recuento de ganado por parte de cada explotación según las Oficinas Comarcales Agrarias es de 1 de enero. Por otro lado, además el hecho trashumante puede diferir cada año, primero respecto al destino, ya que es frecuente el cambio de finca a arrendar según el precio que en esa fecha se estipule, las condiciones meteorológicas y el estado del pasto o la competencia cinegético-ganadera; segundo, por la propia decisión de trashumar, sujeta a aspectos fitosanitarios que impiden movilizar a un rebaño, a costes de transporte y alquiler de las fincas o motivos familiares.

FIGURA 1
Censo de ganado que trashuma a Sierra Nevada por comarca y especie.



FUENTE: FERNÁNDEZ (2017). DATOS DE 1 ENERO DE 2016.

El desplazamiento laboral hacia el sector turístico y el éxodo campesino en el último tercio del siglo XX ha llevado al abandono de las tierras de cultivo, convertidas muchas de ellas en pastos a media altitud, lo que ha provocado la sedentarización de la ganadería de esta zona, que hace que muchos ganaderos no tengan la necesidad de marcharse en busca de otros pastos invernales y realicen únicamente trasterminancia entre cotas altas y bajas de los municipios, y en ciertos casos trashumancia hacia la costa, La Contraviesa, la Baja Alpujarra y dehesas de Sierra Morena.

El descenso de la rentabilidad en las explotaciones ganaderas, el envejecimiento de la población, la competencia con otras actividades como la turística y agrícola (en aumento en estos últimos años) o el deterioro de la red de vías pecuarias fueron algunas de las causas que han llevado a que la ganadería extensiva tradicional sea una actividad en declive en Sierra Nevada con respecto a épocas anteriores, aunque aún de relativa importancia, asistiéndose en la última década a una recesión continúa del número de cabezas pastantes, especialmente de la ganadería bovina tradicional, que en municipios como Bayárcal, Bérchules, Güéjar Sierra, Trevélez o Jérez del Marquesado su cabaña era muy importante hasta finales del siglo XX.

Si bien hasta los años setenta del siglo XX la ganadería se concentraba en pocos y grandes propietarios que contrataban a mayorales, pastores y zagales para conducir sus rebaños por la sierra y hacia los invernaderos a cambio de un jornal, en adelante los que poseían unos cuantos animales, y que pastoreaban cada día junto a los del amo, fueron adquiriendo cada vez más ganado y constituyendo sus propias explotaciones, además de pequeñas fincas donde labrar y obtener forraje y otros ingresos, regresando la figura de agricultor-ganadero que fue más frecuente en época musulmana.

Las explotaciones siguen siendo hoy familiares, al frente de las cuales se encargan los progenitores (padre o padre-madre, pues en ocasiones la titularidad de la explotación es femenina, pese a que la tarea de manejo sea masculina y/o compartida), siendo frecuente en estos años un relevo generacional reseñable de hijos e hijas que, a causa de la crisis en el sector de la construcción y falta de oferta laboral, han establecido sus propias explotaciones

por medio de un sistema de ayudas de formación complementaria técnica para la rentabilidad de sus explotaciones y para la mejora de instalaciones (no exenta de la exigencia de grandes inversiones de entrada y problemas para enfrentarse a pagos mientras llegan subvenciones atrasadas). En términos generales los tamaños de los rebaños de ovino tienen un promedio de 400-500 animales, y en pocos casos llegan al millar; los de caprino de leche oscilan en torno a los 500-600 y de cárnico los 700; mientras que las de bovino fluctúan entre las 100-150 reses.

La abundancia de chorreras que discurren por las laderas de Sierra Nevada, provenientes del deshielo, y la acumulación de aguas subterráneas (o veneros) que hacen que permeen a costas bajas, posibilita disponer de pasto suficiente al menos en meses estivales, los permitidos para el careo en montes comunales; de este modo, se favorece el descanso y el desarrollo natural de los ciclos silvopastoriles hasta la agostada siguiente. Es la disponibilidad de estos pastizales la que lleva a que, en la mayor parte de los municipios situados a mayor altitud, predomine el ganado trashumante y trasterminante sobre el estante, el cual es mayor en cotas más bajas, donde las condiciones en invierno son más favorables y no llegan las grandes nevadas y heladas. Estas condiciones repercuten también en el tipo de desplazamiento de explotaciones destinadas a la producción de leche, más sensibles a bajas temperaturas, por lo que, a excepción de rebaños que agostan en la sierra, suelen realizar trasterminancias estacionales entre los montes comunales y las naves del pueblo, o sin más se estabulan.

Ya en septiembre y octubre, cuando llegan las primeras heladas, los recursos pascícolas de la flora forrajera natural empiezan a escasear y sólo permanecen en la sierra aquellos ganaderos que pueden encerrar a sus animales en naves durante el invierno, practicando, por tanto, el modelo de trasterminancia o trashumancias intermunicipales; hacen uso de cultivo de forrajeras (cebada, avenate,…, muy marginal) y de rastrojeras hortícolas en cotas medias-altas (guisantes y habichuelas) y medias-bajas (tomates, pimientos, lechugas,…), siendo un complemento alimentario circunstancial el del pienso, sobre todo cuando se acusa fuerte sequía. Otros optan por trashumar y arrendar fincas en los montes litorales, utilizando instalaciones y pastos de explotaciones ya desaparecidas, o bien en dehesas de Sierra Morena cuyo arrendamiento tiene una calendarización fija condicionada por el triple aprovechamiento a las que son sometidas, es decir, porcino en la montanera, cinegético y pastizal para rumiantes, situación que provoca problemas de competencia que se reflejan en el incremento del alquiler y/o la búsqueda de otros pastos complementarios hasta que llega la fecha de entrada.

Excepto los pastizales más extensos de los montes públicos, las fincas de la vertiente sur de Sierra Nevada suelen ser pequeñas y ocupadas por ganaderos locales, motivo por el cual durante varias décadas se optara por la trashumancia de vacadas a Córdoba, o incluso Huelva, hacia dehesas más amplias donde alimentar a estos animales de mayor volumen. Sin embargo, las fincas de la vertiente oeste son de mayores extensiones y pueden permanecen en invierno a bajas cotas; sólo dos explotaciones (de ovino y vacuno) compensan el gasto del trasporte con el del alimento en invierno y embarcan a sus animales en camión en dirección al Valle Medio del Guadalquivir. Los pastizales de mayor extensión que se ubican en montes públicos salen a subasta o concesión pública en el mes de mayo o junio; en ciertos casos sólo pueden acceder los ganaderos empadronados en el municipio. Otras veces es necesario alternar el aprovechamiento del monte público con el arrendamiento de fincas privadas, ya que la calendarización marcada por el Parque Nacional y Natural en favor de la preservación de la cobertura vegetal limita las estancias tradicionales en los pastos (“hasta que el tiempo los echara”).

No se tiene constancia de la existencia de juntas de pastores en esta área ni existe tampoco hoy día asociacionismo ganadero, excepto casos puntuales a nivel municipal o de apoyo a

razas autóctonas. Tras la adjudicación de los pastos, los ganaderos conocen el área pastoreada por cada rebaño y llevan sus animales a zonas que incluso han sido utilizadas de generación en generación por la misma unidad familiar. A diferencia de otras regiones como la Sierra de Castril donde sólo una vez a la semana bajan a por comida y muda, la cercanía de los pastos hace que los pastores en Sierra Nevada acostumbren a vivir en el pueblo y suban cada mañana con sus perros para cuidar y manejar al rebaño, que en ocasiones se encierra al anochecer en apriscos, aunque generalmente permanecen los animales solos en la agostada, junto a mastines que los protegen, pues la única amenaza real que hoy día existe es únicamente la existencia de perros "salvajes" perdidos o abandonados.

5.2. Rutas trashumantes en el entorno de Sierra Nevada

El tránsito de los rebaños por la red de vías pecuarias y otros caminos se prolonga desde finales de mayo a junio (hacia la agostada) y desde finales de noviembre a diciembre, e incluso en algunos casos de caprino especialmente, hasta finales de enero (hacia la invernada), a razón de 10-20 kilómetros diarios, que pueden variar según la distancia de los pastos y perfil altitudinal del trayecto.

De las casi dos centenas de explotaciones que se han registrado en el marco de las áreas de montaña del sureste peninsular y mediterráneo, un total de 62 tienen sus pastos de invierno y/o verano en diferentes cotas de altitud de Sierra Nevada; el 89% realizan sus trayectos a pie y el 11% restante lo realizan en camión.

De manera desagregada, se han registrado:

- 29 trasterminancias, entre uno y dos días a pie, por parte de explotaciones situadas en el mismo macizo de Sierra Nevada que cuentan con propios pastos de uso comunal, como los casos de Bayárcal, Lanteira, Lugros, Jerez de Marquesado, Güejar Sierra, Monachil, Bérchules, Trevélez, Lanjarón, Mairena y Yegen, aunque consta la existencia de mayor número que no ha podido ser localizado por la inexistencia de datos desagregados al respecto, de asociaciones ganaderas que los contabilicen y la incomunicación de muchos ganaderos en los pastos;
- 20 explotaciones trashuman entre municipios de la vertiente norte y sur de Sierra Nevada y sus comarcas limítrofes de interior: entre uno y dos días a pie hacia la comarca de la Hoya y Altiplanicie de Guadix (Lugos, Jerez del Marquesado, Benalúa de Guadix, Lanteira, Alquife, Huéneja, Dólar y Ferreira); entre cinco y siete días hacia el Poniente Almeriense, testigo de la ruta histórica hacia el Campo de Dalías de siglos atrás; y entre dos y tres días, según el caso, hacia rediles de la Alpujarra Media y Baja Granadina (Almegíjar, Alpujarra de la Sierra, Murtas, Mairena, Órgiva, Torvizcón, Ugíjar y Válor);
- 6 trashumantes alternan los pastos desde: los pueblos serranos del Barranco del Poqueira hasta los montes litorales de La Herradura, Torrecuevas y Almuñécar siguiendo la Cañada Real de Sierra Nevada a Málaga, en una media de trayecto de seis días; desde el área central de la Alpujarra Alta u Órgiva hacia los montes de Vélez de Benaudalla con una media de cinco días de camino, o bien hacia municipios de la parte suroriental de la provincia granadina, próximos a la costa, como Murtas, Turón y Albuñol, en la comarca de la Costa Tropical (tres días), atravesando de este a oeste y de norte a sur la sierra de La Contraviesa por medio de una amplia red de caminos de arrieros y vías pecuarias; y, finalmente, desde la vertiente norte hacia el litoral almeriense de Adra (seis días y medio).
- Tan sólo 7 realizan el trayecto en camión, en su mayoría bovino aunque también ovino: 5 traslados desde la vertiente oeste hacia dehesas del Valle Medio del Guadalquivir (Posadas), hacia Comarca Metropolitana de Córdoba (Villaviciosa de Córdoba), Metropolitana de Granada (Cogollos de la Vega) y Sierra Morena Cordobesa (Adamuz) y Campiña de Jaén (Andújar); y 2 desde la norte hacia las dehesas de Sierra Morena Giennense (Baños de la Encina) y Sevilla (Puebla de los Infantes), sin registrar ninguno en

2016 en la vertiente sur, tan habituales desde Trevélez y Bérchules a finales del siglo XX. A excepción de casos en que los animales atravesaban el Puerto de Trevélez y del Lobo para embarcar en tren en las cercanas minas de Alquife en dirección a las dehesas de Sierra Morena, se estuvieron realizando estos desplazamientos de manera generalizada hasta los últimos años de la década de los noventa del siglo XX, constatándose la última trashumancia a pie en el año 2010 desde el municipio alpujarreño granadino de Laroles hasta Villaviciosa de Córdoba. Por su parte, de antiguas rutas que partían desde la vertiente noroeste hacia el litoral granadino-malagueño ya sólo quedan testimonios orales, pues las últimas fueron realizadas en el año 2000 entre Güejar Sierra y el Palo de Málaga y en 1999 desde Lanjarón hacia Torremolinos y Rincón de la Victoria atravesando las Sierras de Tejeda, Almijara y Alhama, abandonada por la evidente intrusión urbanística y viaria nacional en la red pecuaria. Más lejanas parecen ya las efectuadas desde El Ejido y La Mojonera, que desplazaban ganado ovino y caprino hasta las sierras de Bérchules y Bayárcal hace dos décadas, y a finales de los años sesenta entre Jerez de Marquesado y Lanteira, en la vertiente norte, hacia los invernaderos habituales almerienses de la Sierra de Gádor y de Campohermoso.

A pesar de no entrar en nuestro ámbito de estudio de partida, se han identificado ciertos desplazamientos en camión de ovino procedentes de Murcia para aprovechar las cada vez más extendidas rastrojeras de la comarca del Altiplano de Guadix, línea posible de análisis en posteriores investigaciones por la repercusión paisajística y socioeconómica de esta práctica ante la falta, en muchos casos, de pastos naturales asequibles a las explotaciones.

5.3. Patrimonio cultural trashumante

La comunidad pastoril de Sierra Nevada, al igual que en otras zonas geográficas y en base cada cual a su propia experiencia, ha desarrollado a lo largo de los siglos un conocimiento exhaustivo de su entorno y una cultura material e inmaterial necesaria para desenvolverse satisfactoriamente por un medio orográfico y climatológicamente singular.

En primer lugar, se han documentado saberes tradicionales clasificados en base a dos amplios bloques, durante la estancia en los extremos y durante el trayecto. Incluyen aquéllos vinculados al cuidado y manejo del ganado, como la planificación reproductiva de los animales, tareas en la paridera, raboteo, marcado mediante muescas y “empegas”, esquileo, ordeño, profilaxis y curación mediante etno-veterinaria, conocimientos ecológicos tradicionales de aprovechamiento ganadero, agrícola y forestal, el apartado y tienta de reses, el adiestramiento de animales de apoyo, técnicas de manejo y elaboración de útiles como hondas, varas, garrotes, cayados,… Se suman otros oficios y saberes como el arreglo y toque de cencerros, la construcción de infraestructuras (rediles, vallados, abrevaderos, comederos,…), arte pastoril (elaboración de cucharas, liaras, asientos, morrales, indumentaria, espartería,…), predicción meteorológica popular de largo y corto plazo, control hídrico y vegetal, etc.

En cuanto a modos de expresión, se han registrado manifestaciones literarias transmitidas fundamentalmente de forma oral alusivas al pastoreo (cuentos, romances, leyendas, refranes, coplas de troveros,…), una amplia diversidad toponímica, lenguaje silbado y voces de llamada a animales, indumentaria y arquetipos pastoriles, tratos de ganado y juegos pastoriles al aire libre en los tiempos de descanso y sesteo del ganado, generalmente de habilidad y destreza.

El patrimonio alimentario engloba, además de los alimentos (ingredientes y condimentos que han venido determinados históricamente según su acceso directo, cultivados o traídos por comerciantes y estraperlistas), los objetos y enseres de cocina (muchos de ellos de elaboración artesanal), procedimientos y técnicas que no requieren muchos enseres,

transmitidas de generación en generación por agentes (de elaboración y consumo) en tiempos y espacios específicos, en momentos de comensalismo comunitario durante el trayecto y en los extremos, bien como parte de la dieta cotidiana culinaria o como provisión de alimentos para el resto del año (producción de queso, chacinas, bebidas, etc.).

Los rituales festivos vinculados a la práctica ganadera han ido históricamente transformándose acorde a las distintas coyunturas económicas, políticas y territoriales que inciden en la propia dinámica de la práctica y a las estructuras sociales, formas de vida y de comportamiento. Bajo diferentes niveles de integración intracomunal y participación supracomunal encontramos las ferias de ganado, encierros populares y patronazgos del calendario litúrgico anual (San Antón, San Marcos y Santa Cruz) que han sufrido significativos procesos de adaptación, desaparición o revitalización a lo largo del siglo XX y XXI de manera dispar según cada comarca. En otro orden de celebraciones encontramos de integración y participación comunal, aunque perviven de manera muy residual, asociadas a prácticas de eminente carácter productivo, que combinan éstas con momentos de comensalismo grupal que estrechan vínculos y alianzas afectivas intergeneracionales y favorecen la cohesión entre familias afines socioeconómicamente, reforzando así y reivindicando una identidad colectiva forjada en torno al cuidado y manejo del ganado, generación tras generación.

El quinto y último de los ámbitos remite al conjunto de infraestructuras ganaderas que se hallan dispersas por estos paisajes culturales de la trashumancia y siguen modelos arquitectónicos originales en razón de su experiencia histórico-cultural y por las adaptaciones ecológicas propias de cada territorio. Distinguimos entre arquitectura de refugio del pastor (chozos y cortijos que reúnen las mínimas condiciones de habitabilidad, exentas de ornamentación y de un alto sentido utilitario), refugio del ganado (cuevas, apriscos, majadas y tinadas), infraestructuras de uso ganadero (abrevaderos, veneros y descansaderos), otra arquitectura popular asociada a la vereda (puentes, pasos de ganado, ermitas y cruces, ventas, molinos,…) y la red pecuaria (cañadas, veredas, cordeles y otros caminos, mojones de piedra, balizas y señales), con especial énfasis en registrar el estado en que se encuentran y obstáculos y modificaciones de trayecto durante la vereda con motivo de la invasión urbanística y de cultivos, de viñedos y almendros principalmente en el sur, que hacen difícil el paso de ganado .

6. Conclusiones

La documentación recopilada (etnográfica y cartográfica) en este extenso trabajo de campo constata la pervivencia de un modelo trashumante de aprovechamiento estacional y rotatorio de las superficies de pastoreo que, si bien en el entorno de Sierra Nevada ha descendido drásticamente en estas últimas dos décadas y es inferior al desarrollado hoy día en otras sierras del sureste peninsular y mediterráneo (como es el caso de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas, con una cabaña trashumante que ronda las treinta y siete mil cabezas de ganado), sigue gozando de gran validez y razón de ser ante la actual coyuntura económica y climática.

Es dicha crisis la que ha llevado a ganaderos y ganaderas a recorrer cañadas y veredas, también en múltiples áreas de la geografía nacional, como alternativa para la reducción de costes, dado que trashumar ahorra el gasto de complementación alimentaria por pienso y forraje en invierno, encarecidos sus precios paulatinamente; sin embargo, han de sumarse los costes fluctuantes del arrendamientos de las fincas, los derivados de la compra de piensos y forrajes necesarios ante la incertidumbre sobre el estado óptimo de los pastos en la próxima estación (por cambios climáticos y sequía progresiva), de combustible, de mantenimiento de las instalaciones y doble residencia, y en ciertos casos, la doble escolarización de los hijos, factor que también puede motivar o no la decisión de trashumar, optando o por pasar los ganaderos el

invierno lejos de sus familias y, en el menor de los casos, adaptando y compaginando la estancias en los extremos con el curso escolar y periodo vacacional.

El trayecto a pie también reduce costes de desplazamiento en camión, cada vez más frecuentes aunque aún marginales en la zona de análisis, pero no está exento a su vez de diversas dificultades, la mayor parte de ellas graves problemas coyunturales y estructurales. En casos como Sierra Nevada, donde las rutas son múltiples pero el flujo de cabeza trashumante por vía es menor en comparación con los registrados en las sierras de Cazorla, Segura y las Villas, de Castril o Alcaraz (Fernández, 2017), los deslindes han sido llevados a cabo más bien en el entorno del Parque Nacional y Natural y ciertos tramos más frecuentados presentan una evidente intrusión agrícola y un estrechamiento de la vía que hace difícil la tarea del manejo de los animales, ante la cual, con mayores dificultades, los ganaderos sortean y no denuncian por evitar más problemas de los que cotidianamente dicen enfrentarse. Los cruces y cortes de carretera, donde el ganado se estresa y agota si ha de recorrer varios kilómetros por asfalto, los trámites e imprevistos con los agentes de tráfico o las fumigaciones en arcenes constituyen otros de los problemas añadidos en el trayecto trashumante. También la aún insuficiente provisión de infraestructuras adecuadas de refugio, de descansaderos y puntos de agua ligadas a las vías, unida al paulatino desconocimiento de las generaciones más jóvenes de vías alternativas en el territorio, dificulta en muchas ocasiones la decisión de trashumar hacia nuevos pastos, y los que se aventuran tardan en diseñar la ruta más óptima para su rebaño tras varios desplazamientos a los invernaderos y agostaderos.

Es por ello que este estudio pretende aportar otras posibles prioridades de gestión para las instituciones competentes de cara a mantener la práctica de la trashumancia y la sostenibilidad del paisaje cultural, junto a las que ya propusieron otros autores como: el fomento del asociacionismo entre ganaderos, la mejora de canales y formas de comercialización, la recuperación de la red viaria pecuaria o la implantación de esquemas de pagos por los servicios de los ecosistemas (González et al, 2012; Oteros, 2013); ejemplo de este último caso es el pastoreo controlado, tanto en monte público para la eliminación de vegetal combustible y prevención de incendios como en fincas privadas para el mantenimiento del sotobosque y producciones ecológicas complementarias (caso de fincas de olivar ecológico, almendros o dehesas donde se ha visto imprescindible la presencia de ganado), que constituyen hoy día importantes acciones dentro de una nueva corriente de valorización y reconocimiento de los servicios que la práctica genera en esta última década.

Mis propuestas corren en la línea de: 1) la posibilidad de establecer registros integrados de trashumantes y trasterminantes para una visibilización real del colectivo, pues hasta hoy hay un vacío en este sentido y sólo se tienen en cuenta los primeros en base a las solicitudes de la Guía de Origen y Sanidad Pecuaria, que incluyen no sólo trashumancias sino traslados a cebaderos y mataderos; 2) poner a disposición de gestores, colectivos interesados y público general información territorial como la aquí recopilada, es decir, una cartografía de las rutas trashumantes, zonas de pastoreo extensivo (agostaderos e invernaderos), red pecuaria (y otros caminos alternativos a tramos obstaculizados) e infraestructuras accesibles, con objeto de que se pueda planificar con antelación el trayecto trashumante y se eviten incidentes durante el mismo; 3) promover el compromiso conjunto de corporaciones locales, provinciales y autonómicas en el mantenimiento de infraestructuras asociadas a las vías pecuarias, es decir, refugios para trashumantes en buenas condiciones de habitabilidad y que cubran servicios mínimos de abrigo e higiene, corrales vallados para evitar pérdidas o robos de ganado en la noche, descansaderos y abrevaderos provistos de agua, al menos en época de trashumancias; 4) transferencia de formas de asociacionismo, cooperativismo y gestión comunal de recursos y reconocimiento de la contribución de prácticas culturales ecológicas para el mantenimiento de la biodiversidad y de sus paisajes antropizados; y 5) difundir a diferentes niveles y sectores de población el conjunto de manifestaciones del patrimonio cultural inmaterial y material transmitidas de generación en generación a lo largo de estos flujos bidireccionales que supone

la red de vías pecuarias, reconociendo su contribución a la conformación de la identidad individual y colectiva de los pueblos y a la construcción del paisaje cultural y ordenación y gestión de territorios sostenibles, una construcción que, de manera controlada, permite también el desarrollo de actividades productivas complementarias para el desarrollo social y económico de las zonas rurales.

En otras palabras, de lo que se trata es de dar cuenta de que la trashumancia, ligada en esencia al manejo extensivo, no sólo es en sí misma una estrategia adaptativa basada en la movilidad, sino que, por las prácticas, conocimientos y creencias que tiene asociadas, engloba interesantes valores para la adaptación a la situación de crisis económica y al cambio local y global medioambiental y climático. Es, desde este punto de vista, desde el cual considero que ha de partir el reconocimiento y puesta en valor de tal práctica, es decir, entender de qué modo la patrimonialización de la trashumancia podría tener un papel como estrategia resiliente de la misma. Sólo posibilitando la continuidad de la práctica se podrá preservar su patrimonio cultural y genético, aunque bien es cierto que, como cualquier otro "patrimonio vivo", la cultura pastoril trashumante tiene su propio ciclo vital y algunos de sus elementos ya desaparecieron y otros pueden correr el riesgo de desaparecer si no se los promueve, o bien adaptarse a los cambios y transformarse en otras formas de expresión para mantener su esencia y funcionalidad, lejos de sentimientos nostálgicos conservacionistas de la tradición.

Es por ello que en manos de las instituciones, investigadores, técnicos, agentes y consumidores está la responsabilidad de que se reconozca el importante papel desempeñado por la trashumancia como práctica ganadera sostenible que contribuye a un modelo de desarrollo social y territorial basado en valores identitarios, ambientales, culturales, sociales, nutricionales y ecológicos, y que genera mecanismos de resiliencia en los socioecosistemas ante la crisis actual en el marco de la gestión sostenible de nuestros territorios.

Referencias bibliográficas

- Arias Abellán, J. (1981). La repoblación forestal en la vertiente norte de Sierra Nevada. En *Cuadernos Geográficos*, 11, 283-306.
- Braudel, F. (1949, 1976). El Mediterráneo y el mundo mediterráneo en tiempos de Felipe II. 2 vols. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Browman, D. L. (1974). Pastoral nomadism in the Andes. En *Current Antropology*, 15, 188-196.
- Cano García, G.M. (2002). Una Propuesta de Comarcalización para Andalucía. En *Gran Enciclopedia Andaluza del Siglo XXI* (pp.10-86). Sevilla: Tartessos.
- Cara Barrionuevo, L. (1989). El ámbito económico del pastoralismo andalusí. Grandes aljibes ganaderos en la provincia de Almería. En *El agua en zonas áridas: Arqueología e historia. Hidráulica tradicional de la provincia de Almería* (pp. 631-653). Almería: Instituto de Estudios Almerienses.
- Cara Barrionuevo, L. (1996). Y mudarán de pastos con sus ganados. Una aproximación histórica a la ganadería almeriense. En SÁNCHEZ PICÓN, Andrés (coord.). (1996). *Historia y medio ambiente en el territorio almeriense* (pp. 49-82). Almería: Universidad de Almería.
- Cara Barrionuevo, L. (1999). La ganadería en el campo de Dalías durante los siglos XVI y XVII. En *Farua: Revista del Centro Virgitano de Estudios Históricos*, Núm, 2. 1999, págs. 129-141.
- Castán Esteban, J.L. (1996). La trashumancia de las comunidades de Teruel y Albarracín sobre el Reino de Valencia en los siglos XVI y XVII. En *Revista de Historia Moderna*, 22 (Ejemplar dedicado a: Conflictividad y represión en la sociedad moderna), 291-302.
- Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial (2003). Recuperado de: http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001325/132540s.pdf
- Díaz López, J.P. (1998). La ganadería, un gran tema olvidado: El caso del Norte del Reino. En *Chronica nova: Revista de historia moderna de la Universidad de Granada*, 25 (Ejemplar dedicado a: Población y territorio. El Reino de Granada en la España de Felipe II), 227-247.
- Díaz López, J.P. (2004). La trashumancia en el sureste peninsular durante la época moderna. En *Estudis d'historia agraria*, 17 (Ejemplar dedicado a: Homenatge al Dr.Emili Giralt i Raventós), 359-388.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en España. (2012). Recuperado de www.ecomilenio.es
- Fernández Fernández, E. (2017). Estudio y diagnóstico de los sistemas de trashumancia en áreas de montaña del sureste peninsular mediterráneo: Informe de resultados. Instituto de Patrimonio Cultual de España, Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales y de Archivos y Bibliotecas, Ministerio de Educación, Cultura y

Deporte. Madrid. Inédito.
- García Martín, P. La Mesta. (1990). Madrid: Biblioteca Historia 16.
- Gil Albarracín, A. (ed.) (2002) [SIMÓN DE ROJAS, Clemente, (aut.)]. Viaje a Andalucía. Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809). Almería: Griselda Bonet Girabet.
- González, J.A.; Oteros-Rozas, E.; Martín-López, B.; López, C.A.; Zorrilla, P.; Montes, C. (2012). La trashumancia en la Cañada Real Conquense: valores ecológicos, sociales y económicos asociados a una práctica ganadera tradicional. Informe de síntesis para responsables de políticas. Madrid: Dpto. de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid.
- Herzog, F.; Bunce, R.G.H.; Pérez-Soba, M.; Jongman, R.H.G.; Gómez-Sal, A.; Austad, I. (2005). Policy options to support transhumance and biodiversity in European mountains. En *Mountain Research and Development*, 25, 82-84.
- Lasanta Martínez, T. (2010). Pastoreo en áreas de montaña: Estrategias e impactos en el territorio. En *Estudios geográficos*, Vol. 71, 268, 203-233.
- Manzano-Baena, P.; Casas, R. (2010). Past, present and future of Trashumancia in Spain: nomadism in a developed country. En *Pastoralism*, 1.72-90.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino). (2011). Libro Blanco de la trashumancia. Madrid: Dirección de Desarrollo Sostenible del Medio Rural, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Mármol Carvajal, L. (1600). Historia del rebelión y castigo de los moriscos del Reino de Granada. Libro IV, cap.10. En *Cómo se alzaron los lugares de las taás de Poqueira y Ferreira, y la descripción dellas*, fol. 66r. Málaga; Castillo Fernández, J. (2015). Historia del rebelión y castigo de los moriscos del Reino de Granada: Luis de Mármol Carvajal. Granada: Editorial Universidad de Granada, Tres fronteras ediciones y Diputación de Granada.
- May, T. (1991). Human settlement and land use at Trevelez (Sierra Nevada) a historical-geographical approach. En *Pirineos*, 138, 53-68.
- Nieto, A. (1996). La posesión. En García Martín, P.; Sánchez Benito, J. M. (ed.). *Contribución a la historia de la trashumancia en España* (pp. 83-120). Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Orlove, B. (1982). Native Andean pastoralist: traditional adaptations and recent changes. En SALZMAN (ed.). *Contemporary Nomadic and Pastoral Peoples: Africa and Latin America* (pp. 95-136.). Williamsburg: College of William and Mary.
- Oteros Rozas, E. (2013). Se hace vereda al andar. Análisis de una práctica agraria tradicional en la cuenca mediterránea desde la perspectiva socio-ecológica: la trashumancia en la Cañada Real Conquense. Tesis dirigida por González Novoa, José Antonio; Martín-López, Berta. Madrid: Departamento de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Pallaruelo, S. (1993). Pirineo aragonés. En *Cuadernos de Trashumancia*, 6. Madrid: ICONA.
- Rubio de Lucas, J.L. (coord.). (1995) Cuadernos de trashumancia, 12. Madrid: ICONA.
- RUIZ, M.; RUIZ, J.P. (1986). Ecological History of Transhumance in Spain. En *Biol. Conserv*., 37, 73-86.
- Trillo San José, M.C. (1999). El paisaje vegetal en al Granada islámica y sus transformaciones tras la conquista castellana. En *Historia agraria: Revista de agricultura e historia rural*, 17, 131-152.
- Trillo San José, M.C. (2004). Agua, tierra y hombres en Al-Andalus: la dimensión agrícola del mundo nazarí. Granada: Grupo de Investigación “Toponimia, Historia y Arqueología del Reino de Granada”.
- Trillo San José, M.C. (2011). La ganadería en el reino de Granada: transformación de una actividad económica del dominio islámico al cristiano. En Mattone, A.; Franca Simbula, P. (aut.). *La pastorizia mediterranea: storia e diritto: secoli XI-XX* (pp. 629-643). Roma: Carocci.
- Vincent, B. (2002). L'élevage dans le Royaume de Grenade. En Muñoz Buendía, A. y Díaz López, J.P. (coord.). *Herbajes, trashumantes y estantes: la ganadería en la Península Ibérica (épocas medieval y moderna)* (pp. 17-22). Almería: Instituto de Estudios Almerienses.

¿CÓMO ES DE RENTABLE EL OLIVAR DE MONTAÑA ANDALUZ?

MANUEL PARRAS ROSA; FRANCISCO JOSÉ TORRES RUIZ; MANUELA VEGA ZAMORA
mparras@ujaen.es, ftorres@ujaen.es, mvega@ujaen.es
Universidad de Jaén

RESUMEN

El olivar de montaña ocupa una extensión de 671.830,33 hectáreas en España, el 31,2% de la superficie de olivar, de las que 546.538,51 se encuentran en Andalucía. Este olivar desempeña un papel fundamental, no solo por la renta y empleo que genera, sino como proveedor de bienes públicos. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es estimar la rentabilidad del olivar de montaña en Andalucía. La cuestión fundamental es analizar si el olivar de montaña corre peligro de abandono, puesto que este no tiene únicamente implicaciones económicas. Por el contrario, como sistemas agrarios multifuncionales que son, su abandono conlleva igualmente consecuencias de carácter social (efecto negativo sobre el objetivo de fijación de población), ambiental (la vigilancia de los territorios, la contribución a mitigar el cambio climático y el avance de la erosión) y cultural (alteración de paisajes tradicionales de alta calidad visual), además de la protección de la biodiversidad.

Palabras clave: olivar de montaña, Andalucía, aceites de oliva, costes, rentabilidad.

ABSTRACT

The mountain olive grove occupies an area of 671,830.33 hectares in Spain. They represent the 31.2% of the surface of olive groves and 546,538.51 hectares of them are located in Andalusia. This type of olive grove plays a fundamental role, not only for the income and employment that it generates, but as a provider of public goods. In this context, the aim of this paper is to estimate the profitability of the mountain olive grove in Andalusia. The fundamental question is to analyze if the mountain olive grove is in danger of abandonment, since this does not only have economic implications. On the contrary, like multifunctional agrarian systems that they are, their abandonment entails consequences of a social nature (negative effect on the objective of fixing the population), the environmental ones (the contribution of the territories, the contribution to the mitigation of climate change and the advance of erosion) and cultural ones (alteration of traditional landscapes of high visual quality), in addition to the protection of biodiversity.

Key words: *mountain olive groves, Andalusia, olive oils, costs, profitability.*

1. Introducción

En España hay 671.830,33 ha de olivar de montaña, el 31,2% de la superficie total de olivar, de las que 546.538,51 ha (81% del total nacional), se encuentran en Andalucía. Este olivar desempeña un papel fundamental en los territorios donde se ubica, no solo por la renta y empleo que genera, sino por su importante papel como proveedor de bienes públicos, una de las principales prioridades de la Política Agrícola Común;PAC-(EC, 2010) y uno de los principios inspiradores de la futura PAC post 2020 (Erjavec, K. y Erjavec, E., 2015).

En términos generales, el “olivar de montaña” se caracteriza por su localización en zonas de elevada pendiente y suelos pobres y poco profundos, lo que determina la obtención de bajos rendimientos. Esta circunstancia, unida a unos costes de producción relativamente elevados por las dificultades de mecanización, provoca que este sistema agrario presente una escasa rentabilidad económica y un elevado riesgo de abandono (Villanueva, A. J. et al., 2017).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es estimar la rentabilidad del olivar de montaña de Andalucía, en un contexto de expansión del olivar en todo el mundo, así como del crecimiento de olivares con marcos de plantación intensivos o superintensivos, mucho más productivos que el olivar de montaña, y con los que éstos han de competir en los mercados.

La cuestión fundamental es analizar si el olivar de montaña corre peligro de abandono o no, puesto que si este olivar se abandona dejará de cumplir funciones no productivas esenciales en la provisión de bienes públicos tales como la biodiversidad, la vitalidad de las zonas rurales donde se localiza y la funcionalidad del suelo. De forma más explícita, como señalan Viladomiu, L. y Rosell, J. (2004), Beaufoy, G. y Pienkoeski, M. (2000), Kallas, Z. et al. (2006) y Colombo, S. y Camacho, J. (2011 y 2014), el abandono oleícola en estas zonas de montaña no tiene únicamente implicaciones económicas (reducción de la producción, pérdida de sistemas locales de producción y de aceites de oliva seguros, saludables, de calidad y singulares). Por el contrario, como sistemas agrarios multifuncionales que son, su abandono conlleva igualmente consecuencias de carácter social (efecto negativo sobre el objetivo de fijación de población en zonas rurales desfavorecidas), ambiental (la vigilancia de los territorios, la contribución a mitigar el cambio climático y el avance de la erosión y desertización) y cultural (alteración de paisajes tradicionales de alta calidad visual), además de la protección de la biodiversidad.

Con el propósito de alcanzar el objetivo señalado, este trabajo se estructura en cinco apartados. Así, tras este introductorio, en el epígrafe que sigue se revisará la literatura existente sobre "olivar de montaña". En el siguiente, se propondrá una definición de olivar de montaña desde una perspectiva de demanda. A continuación, en el apartado de discusión, se estimará la rentabilidad del olivar de montaña. Finalmente, se expondrán las principales conclusiones del trabajo.

2. Definición de olivar de montaña. Estado de la cuestión

Una primera cuestión fundamental es definir el "olivar de montaña", un asunto complejo puesto que, aunque hay un buen número de trabajos referidos al "olivar de montaña", no hay unanimidad en su definición (véase Guzmán, J. R., 2004; Kallas, Z. et al., 2006; Colombo, S. y Camacho, J., 2011 y 2014; Pérez, L. et al., 2013; Sanz, J. et al., 2013, 2014 y 2015), Villanueva, A. J. et al., 2017; Granado-Díaz, R. et al., 2017; Villanueva, A. J. et al., 2018).

Kallas, Z. et al. (2006) señalan que la delimitación del olivar de montaña requiere la consideración de aspectos tanto físicos, principalmente de relieve y de tipo edafológico, como económicos. Con respecto al primero, Guzmán, J. R. (2004) incluye dos criterios físicos: la pendiente media de la explotación superior al 15% y la mala calidad agronómica del suelo. Esta clasificación permite estimar la superficie de olivar de montaña en Andalucía en unas 220.000 ha, muy alejada de la que más adelante veremos. Desde una perspectiva económica, el conjunto del olivar de montaña entra del denominado olivar de "baja producción" o "marginal" (Kallas, Z. et al., 2006). No obstante, estos autores utilizan el criterio operativo de la localización del olivar con una pendiente media igual o superior al 15%, para delimitar el olivar de montaña.

Colombo, S. y Camacho, J. (2011 y 2014) equiparan olivar de montaña y olivar marginal, señalando que el olivar de montaña coincide con el "olivar tradicional no mecanizable", esto es, aquel que se ubica en explotaciones cuya pendiente media es superior al 20%.

Pérez, L. et al. (2013) se refieren al olivar de montaña, que cifran en más de 800.000 ha en España, como de pendientes medias y altas.

Sanz, J. et al. (2013 y 2014), por su parte, definen el olivar de montaña como olivar adulto en régimen de secano y con pendientes superiores al 20%, lo que dificulta la mecanización de las

labores y el cambio del sistema de cultivo. Además, presenta amplios marcos de plantación con una densidad entre 100-120 olivos/ha, con varios pies por olivo y unos rendimientos medios de 1.650 kg de aceituna/ha. Estos mismos autores, definen, también, el olivar de montaña como aquel que se encuentra en pendientes mayores del 15%, generalmente en plantaciones de tipo tradicional, en régimen de secano y con una producción de, alrededor, de 1.750 kg por ha (Sanz, J. et al., 2015).

Villanueva, A. J. et al. (2017) caracterizan el olivar de montaña como aquel cultivado en régimen de secano en zonas con pendiente iguales o superiores al 15% y rendimientos medios iguales o inferiores a los 2.500 kg de aceituna/ha. En una línea semejante se manifiestan Granado-Díaz, R. et al. (2017) y Villanueva, A. J. et al. (2018): olivar de montaña es el cultivado en régimen de secano en zonas con pendientes elevadas (superiores al 15%) y suelos pobres y poco profundos, que condicionan que los rendimientos medios sean inferiores a los 2.500 kg de aceituna/ha. El sistema de olivar de montaña así definido cubre en Andalucía unas 211.000 hectáreas distribuidas del siguiente modo: Córdoba, 60.000 ha; Málaga y Jaén, 35.000 ha; Granada, 31.000 ha; Sevilla, 27.000 ha; Cádiz,10.000 ha (Villanueva, A. J. et al., 2018).

Como se ha puesto de manifiesto, no hay una única definición de olivar de montaña, ni tampoco unanimidad en los criterios para definirlo, salvo en la pendiente. Así, los autores utilizan otros parámetros como mala calidad agronómica de los suelos, baja producción o marginalidad productiva, marco tradicional de plantación, dificultad de mecanización de las labores, régimen de secano, etc. Incluso aquellos autores que utilizan las mismas variables para definir el olivar de montaña, discrepan en los niveles que han de alcanzar estas variables, como es el caso de la pendiente o la producción por ha, por ejemplo.

3. La delimitación del olivar de montaña y el signo de calidad “producto de montaña”

Todas las anteriores aproximaciones al olivar de montaña se han hecho desde una perspectiva de oferta. La novedad de este trabajo es que se define el olivar de montaña desde una perspectiva de demanda. Para ello, se ha considerado como tal el olivar situado en territorios que puedan acogerse al término facultativo de calidad “producto de montaña”, siguiendo al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA, 2017). Con este criterio, en España hay 671.830,33 ha de olivar de montaña, distribuido por comunidades autónomas y por provincias, tal y como se recoge en la Tabla 1. Como se observa, el 81% de la superficie de olivar de montaña se encuentra en Andalucía.

Para llegar a estos datos, el MAPAMA ha delimitado los territorios –municipios- de montaña teniendo en cuenta el Marco Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020 en el que se señala que las zonas de montaña estarán formadas por municipios o partes de municipios caracterizados por una limitación considerable de las posibilidades de utilizar la tierra y un aumento apreciable de los costes necesarios para trabajarla, según los siguientes criterios:

- una altitud igual o superior a 1.000 metros o
- una pendiente igual o superior al 20%
- o una combinación de altitud y pendiente, siendo la altitud igual o superior a los 600 metros y la pendiente del 15% como mínimo, excepto para un número limitado de municipios totalmente rodeados por regiones montañosas, para los cuales la pendiente mínima podrá ser del 12%.

Tabla 1
El olivar de montaña en España

Comunidad Autónoma/Provincia	Superficie de olivar de montaña (en ha.)
Andalucía	546.538,51
Aragón	5.874,14
Islas Baleares	4.262,93
Canarias	59,84
Castilla y León	3.395,51
Castilla La Mancha	48.888,14
Cataluña	9.385,35
Comunidad Valenciana	21.896,88
Extremadura	25.493,78
Galicia	10,61
Comunidad de Madrid	605,18
Región de Murcia	4.489,25
Comunidad Foral de Navarra	335,12
País Vasco	50,38
La Rioja	544,71
Total Montaña	**671.830,33**
Total	**2.153.727,06**

Fuente: MAPAMA (2017).

4. Discusión

Los datos necesarios para analizar la rentabilidad del olivar de montaña andaluz, tanto los referidos a los costes de producción como a los precios, se han obtenido de fuentes secundarias. Los costes se han estimado a partir del trabajo de Cubero, S. y Penco, J. M. (2010). Los precios de los aceites de oliva nos han sido facilitados por la Fundación para la Promoción y el Desarrollo del Olivar y del Aceite de Oliva, obtenidos del sistema Poolred.

Aproximación a los costes del olivar de montaña

En los últimos años, se han realizado un buen número de trabajos cuya finalidad ha sido calcular los costes y/o la rentabilidad de determinadas tipologías de olivar. Sin embargo, en ninguno de ellos se ha abordado el olivar de montaña como tal, por lo que para este trabajo se han estimado los costes del olivar de montaña a partir del trabajo de Cubero, S. y Penco, J. M. (2010). La razón de esta elección se debe a que, en este trabajo, uno de los tipos de olivar que se analiza es el “olivar tradicional no mecanizable”;OTNM-, caracterizado por ubicarse en terrenos con una pendiente superior al 20% y en los que la mecanización, sobre todo, de la recolección no es posible. Estos autores cifran en 575.000 las ha de olivar de este tipo en España, una cifra cercana a la que antes se ha señalado utilizando el criterio de “producto de montaña”.

Estos autores cifran el rendimiento de este tipo de olivar en 1.750 kg de aceituna por ha y los costes totales en 1.023 euros por ha, cifra próxima a los 1.112 euros por ha que Rodríguez-Entrena, M. et al. (2016) estiman para el “olivar de sierra de baja producción”.

Precios de los aceites de oliva en el mercado de origen

En la Tabla 2 se recoge la evolución de los precios medios de los aceites de oliva desde el año 2000 hasta el 2017. El precio medio de venta de los aceites de oliva en origen en los dieciocho años considerados ha sido de 2,368 euros/kg.

Tabla 2
Evolución de los precios medios en origen de los aceites de oliva. Años 2000-2017

	Años																	
	00	**01**	**02**	**03**	**04**	**05**	**06**	**07**	**08**	**09**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
Precios (€/kg)	1,8	1,7	1,8	2,1	2,3	3,0	3,1	2,4	2,3	1,9	1,8	1,8	1,9	2,4	2,1	3,1	3,1	3,7

Fuente: Fundación para la Promoción y el Desarrollo del Olivar y del Aceite de Oliva. Sistema Poolred.

Rentabilidad del olivar de montaña

En este apartado se estima la rentabilidad del olivar de montaña en los últimos diez años. Para el cálculo de la rentabilidad se han asumido las siguientes hipótesis: a) los aceites de oliva producidos se han vendido en el mercado de origen; b) los costes de producción totales no han variado en los últimos diez años[55]; c) el rendimiento por ha permanecido estable en el período analizado; d) el rendimiento graso durante los años considerados se ha mantenido en el 20%; y e) la subvención por kg de aceites de oliva se ha mantenido estable en 1 euro.

En la Tabla 3 se resume la rentabilidad del olivar de montaña, con y sin ayudas PAC, en el período de análisis. Como se pone de manifiesto, a niveles de precios inferiores a los 3 euros/kg, el olivar de montaña no es rentable sin las ayudas PAC. E incluso con estas ayudas, a niveles de precios inferiores a los 2 euros/kg el olivar de montaña no es rentable. Sin embargo, este escenario de precios no se impensable sino todo lo contrario; de hecho, como se ha señalado el precio medio de venta de los aceites de oliva en origen en los dieciocho años de este siglo ha sido de 2,368 euros/kg. En definitiva, la rentabilidad del olivar de montaña es muy dependiente de las ayudas PAC.

Tabla 3
Evolución de la rentabilidad del olivar de montaña. 2008-2017

	Años									
	2008	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
Rdto. (kg. aceite/ha)	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Precio (€/kg)	2,3	1,9	1,8	1,8	1,9	2,4	2,1	3,1	3,1	3,7
Ingresos (I) por ha.	805	665	630	630	665	840	704	1.085	1.085	1.295
Costes totales (C) (€/ha)	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
I-C	**- 218**	**-358**	**-393**	**-393**	**-358**	**-183**	**-319**	**62**	**62**	**272**
Ayudas PAC (P)	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
I+P-C	132	-8	-43	-43	-8	167	31	412	412	622

5. Conclusiones

Como se ha señalado, el olivar de montaña tiene una enorme dependencia de las ayudas PAC, unas ayudas que tienden a disminuir. Este olivar se mantiene gracias a las ayudas PAC, a la amortización de la inversión ya realizada, a la reserva de trabajo familiar y al hecho de constituir un complemento de rentas. Parece que, a medio plazo, si no intervienen las políticas públicas, una parte significativa del mismo tenderá al abandono, un escenario que en Andalucía tendría un enorme impacto negativo, considerando la superficie que este olivar ocupa. En efecto, como se ha dicho el abandono de este tipo de olivar causaría multitud de efectos negativos no sólo desde el punto de vista económico, sino también desde el punto de vista social, ambiental y cultural. Así pues, la conservación y el mantenimiento del mismo ha de ser una prioridad en la agenda de los administradores públicos. Y junto al apoyo público articulado y legitimado en torno a los bienes públicos que este olivar genera, los operadores han de diseñar estrategias

[55] Esta hipótesis es plausible porque hay que tener en cuenta que los costes se han tomado del trabajo de Cubero, S. y Penco, J. M. (2010) referidos al año 2009. Es cierto que los costes de personal han aumentado en los últimos años, pero la mecanización de la labor de vareado ha reducido la mano de obra.

privadas basadas en la diferenciación y singularidad de los aceites de oliva procedentes de los olivares de montaña, basadas, fundamentalmente, en la provisión de estos bienes públicos. .

Referencias bibliográficas

- Beaufoy, G. y Pienkowski, M. (2000). *The environmental impact of olive oil production in the European Unión: practical options for improving the environmental impact*. Bruselas: European Forum on Nature Conservation and Pastoralism y Asociación para el Análisis y Reforma de la Política Agro-Rural, Comisión Europea.
- Colombo, S. y Camacho, J. (2011). Caracterización del olivar de montaña andaluz para la concentración de la oferta de olivares ecológicos. Madrid: Congreso Español de Economía Agraria, Comunicaciones y Pósters del VIII Congreso de Economía Agraria, Libro de Resúmenes.
- Colombo, S. y Camacho, J. (2014). Caracterización del olivar de montaña andaluz para la implementación de los contratos territoriales de zona rural. *ITEA*, *Vol. 110 (3),* 282-299.
- Cubero, S. y Penco, J. M. (2010). *Aproximación a los costes del cultivo del olivo. Cuaderno de conclusiones del Seminario AEMO*. Recuperado de http://www.aemo.es/get.php?pathext=descargas/Costes_AEMO.pdf.
- European Commission;EC- (2010). *The CAP towards 2020: Meeting the Food, Natural Resources and Territorial Challenges of The Future. Communication from the Commision to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Brussels: European Commission.
- Erjavec, K. y Erjavec, E. (2015). Greening the CAP. Just a fashionable justification? A discourse analysis of the 2014-2020 CAP reform documents. *Food Policy*, *51*, 53-62.
- Granado-Díaz, R., Villanueva, A. y Gómez-Limón, J. A. (2017). Provisión de bienes públicos por parte del olivar de montaña en Andalucía. En: Fundación para la Promoción y Desarrollo del Olivar y del Aceite de Oliva, ed. *Comunicaciones Científicas Simposium Expoliva 2017*. Jaén: Fundación para la Promoción y Desarrollo del Olivar y del Aceite de Oliva.
- Guzmán, J. R. (2004). *Geografía de los paisajes del olivar andaluz*. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- Kallas, Z.; Gómez-Limón, J. A.; Arriaza, M. y Nekhay, O. (2006). Análisis de la demanda de bienes y servicios no comerciales procedentes de la actividad agraria: el caso del olivar de montaña andaluz. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, *Vol. 6, 11*, 49-79.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente;MAPAMA- (2017). *Las producciones alimentarias de montaña en España*. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente.
- Pérez, L.; Egea, P y Sanz, J. (2013). Valoración de externalidades territoriales en denominaciones de origen de aceite de oliva mediante técnicas de proceso analítico de red. *ITEA*, *Vol. 109, nº 2*, 239-262.
- Sanz, J.; García, M. y Barneo, M. (2013). *El aceite de oliva de montaña en Jaén: calidad y cadena de valor*. Sevilla: Institute for Prospective Techonological Studies, European Commission. Recuperado de http://hdl.handle.net/10261/90567.
- Sanz, J., García, M. y Barneo, M. (2014). *El aceite de oliva de montaña en Jaén: calidad y cadena de valor*. Jaén: Instituto de Estudios Giennenses.
- Sanz, J.; García, M. y Barneo, M. (2015). Value Chain and Typicity Analysis in Jaén Mountain Olive Oil, Spain, *New Medit*, *nº 3*, 50-60.
- Viladomiu, L. y Rosell, J. (2004). Olive oil production and the rural economy of Spain. En: Brouwer, F. (Ed.): *Sustaining agricultura and the rural environment, governance, policy and multifunctionality*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Villanueva, A. J., Gómez-Limón, J. A. y Rodríguez-Entrena, M. (2017). Valoración de la oferta de bienes públicos por parte de los sistemas agrarios: el caso del olivar de montaña en Andalucía. *Economía Agraria y Recursos Naturales-Agricultural and Resource Economics*, *17 (1),* 25-57.
- Villanueva, A.J., R. Granado-Díaz, and J.A. Gómez-Limón. 2018. *La producción de bienes públicos por parte de los sistemas agrarios*. Córdoba: UCOpress, Editorial Universidad de Córdoba.

AGRICULTURA, TURISMO Y DESARROLLO RURAL: UN ANÁLISIS EXPLORATORIO EN LA MONTAÑA DE SIERRA NEVADA (ANDALUCÍA-ESPAÑA)

ARLINDA ARENLIU; FRANCESCA REGOLI; MATTEO VITTUARI; SAMIR SAYADI*
arlinda.arenliu@gmail.com,francesca.regoli@unibo.it,matteo.vittuari@unibo.it,samir.sayadi@juntadeandalucia.es
Universidad de Bolonia (Italia), Instituto de Investigación y Formación Agraria (IFAPA) (Granada-Andalucía-España)
**Autor de correspondencia: samir.sayadi@juntadeandalucia.es*

RESUMEN

En esta comunicación se presentan resultados cualitativos-descriptivos de una encuesta sobre potencialidad agroturistica en La Alpujara Alta Oriental Granadina, llevada a cabo en verano 2015 en el contexto de la tesis doctoral, realizada entre la Universidad de Bolonia (Italia) y el Instituto de Investigación y Formación Agraria (IFAPA) (Granada-Andalucía-España) titulada "Linking rural tourism to agriculture: Evidences from comparative case studies in Kosovo, Italy and Spain". El objetivo principal de dicha tesis era llevar a cabo un análisis comparativo sobre la contribución de la agricultura en la actividad de turismo rural, en general y el agroturismo, en particular en tres regiones diferentes: Las Alpujarras (Sierra Nevada-Sur de España), Appennino Bolognese (Norte de Italia) y Kosovo. En este documento se incluyen solamente algunos resultados relativos a la zona de Las Alpujarras sobre las preferencias de los visitantes de la zona hacia los diferentes elementos multifuncionales de la agricultura en la comarca (económicos, ambientales y socioculturales), así como sus actitudes y opiniones hacia el agroturismo y los diferentes tipos de servicios y actividades que se ofrecen.

Previamente se abordan algunos aspectos relativos al concepto del agroturismo así como a la multifuncionalidad de la agricultura, haciendo énfasis en su potencial función turística.

Palabras clave: Turismo rural, agroturismo, Sierra Nevada, Las Alpujarras, agricultura de montaña, desarrollo sostenible, Andalucía, España.

ABSTRACT

This paper presents qualitative-descriptive results of a survey on agro-tourism potential in La Alpujara Alta Oriental Granadina, carried out in summer 2015 in the context of the PhD thesis, performed between the University of Bologna (Italy) and the Institute of Agricultural Research and Training (IFAPA) (Andalusia-Spain) entitled "Linking rural tourism to agriculture: Evidence from comparative case studies in Kosovo, Italy and Spain". The main objective of this thesis is to carry out a comparative analysis on the contribution of agriculture in the rural tourism activity, in general and agrotourism, in particular in three different regions: The Alpujarras (Sierra Nevada-Southern Spain, Appennino Bolognese (Northern Italy) and Kosovo. This document includes only some results related to the area of Las Alpujarras on the preferences of the visitors of the area towards the different multifunctional elements of agriculture in the zone (economics, environmental and sociocultural), as well as their attitudes and opinions towards agro-tourism and the different types of services and activities that are offered.

Previously, some aspects related to the concept of agro-tourism, and to the multifunctionality of agriculture, with emphasis on its potential tourist function.

Keywords: *Rural tourism, agritourism, Sierra Nevada, Las Alpujarras, mountainous agriculture, sustainable tourism, Andalusia, Spain.*

1. Introducción

En España, el medio rural que representa el 85% del territorio nacional y donde vive el 18% de la población, atesora la mayor y más rica biodiversidad de Europa Occidental lo que constituye un patrimonio natural de valor incalculable, tanto intrínseco como por su valor económico de cara al desarrollo de actividades relacionadas con él. Esta riqueza natural es una oportunidad para desarrollar un modelo turístico sostenible y generar nuevos ingresos a la población que permanece en el territorio (MAPAMA, 2017; Comisión Europea, 2013; Cánoves et al., 2005; Calatrava, 1988 y 1993). Aunque el turismo rural, en sus distintas modalidades (turismo de naturaleza, turismo activo deportivo; ecoturismo, etc.) se manifiesta en la mayoría de las zonas rurales españolas, como la actividad predominante en los procesos de desarrollo local que están teniendo lugar particularmente en las últimas décadas, no son frecuentes, sin embargo, las actividades de agroturismo, o al menos no son tan frecuentes como en países de nuestro entorno, como por ejemplo Suecia, Austria, Alemania, Holanda o Francia (Euromontana, 2011).

Las causas de esta baja tasa de actividades agroturísticas en el desarrollo de nuestras zonas rurales hay que buscarlas tanto del lado de la demanda como del de la oferta. Del lado de la demanda, porque ésta es muy reducida debido posiblemente al hecho de la proximidad en el tiempo (una o dos generaciones) de las raíces rurales de la mayoría de las familias urbanas españolas, que no presentan demasiado interés, por ello, por los temas ni las vivencias agrarias (Sayadi y Calatrava 2001a y b; Sayadi, 1998); y del lado de la oferta, por estar ésta poco definida y estructurada y no tener los agricultores ni información ni ganas suficientes para embarcar su propia explotación y su familia en la aventura turística, para la que no se encuentran ni preparados ni incentivados: es algo que no resulta familiar en un sector tan tradicional como el agrario (Calatrava, 2001; Sayadi y Calatrava 2001a y b).

Por otra parte, además de lo anterior, son muy escasas las investigaciones y los análisis de la situación del agroturismo en zonas españolas y menos aún de la estructura y potencial de dicha actividad, siendo prácticamente inexistentes los trabajos empíricos al respecto, lo que contrasta con la ya abundante literatura española existente sobre turismo rural en general, desde los trabajos pioneros a comienzo de la década de los ochenta (Bote, 1981 y 1984; Calatrava, 1981 y 1983).

En esta comunicación se presentan resultados cualitativos-descriptivos de una encuesta sobre potencialidad agroturistica en La Alpujara Alta Oriental granadina, llevada a cabo en verano 2015 en el contexto de la tesis doctoral, realizada entre la Universidad de Bolonia (Italia) y el Instituto de Investigación y Formación Agraria (IFAPA) (Granada-Andalucía-España) titulada *"Linking rural tourism to agriculture: Evidences from comparative case studies in Kosovo, Italy and Spain".* El objetivo principal de dicha tesis era llevar a cabo un análisis comparativo sobre la contribución de la agricultura en la actividad de turismo rural, en general y el agroturismo, en particular en tres regiones diferentes: Las Alpujarras (Sierra Nevada-Sur de España) y Appennino Bolognese (Norte de Italia) y Kosovo. En este documento se incluyen solamente algunos resultados relativos a la zona de Las Alpujarras sobre las preferencias de los visitantes de la zona hacia los diferentes elementos multifuncionales de la agricultura en la zona (económicos, ambientales y socioculturales), así como sus actitudes y opiniones hacia el agroturismo y los diferentes tipos de servicios y actividades que se ofrecen.

Previamente se abordan algunos aspectos relativos al concepto del agroturismo así como a la multifuncionalidad de la agricultura, haciendo énfasis en su potencial función turística.

2. Integración agricultura-turismo: El agroturismo

La integración de actividades en el desarrollo admite niveles, pues puede variar desde una integración a la hora de planificar y dimensionar las mismas, a fin de asegurar el equilibrio y la

sustentabilidad del proceso, o sea una integración "en la planificación", hasta una integración material en su puesta a punto, de tal manera que una actividad no pueda, de ninguna forma, tener lugar sin la otra, por constituir oferta conjuntas (Srivastava, 2016; Gil Arroyo et al., 2013; Arminato y Felicetti, 2013; Philip et al., 2010; McGehee, 2007; Carpio et al., 2008; Calatrava, 2001). Así, en el caso del turismo y la agricultura, por ejemplo, el primer nivel estaría constituido por un tipo de turismo rural respetuoso y compatible con las actividades agrarias, que aportarían además ciertos elementos estéticos y ambientales a la oferta turística (Sayadi et al., 2013, 2009, 2005 y 2004; Sayadi, 2009a y b; Sayadi, 2008; Arriaza et al. 2004), mientras que el segundo nivel lo constituirían actividades de agroturismo, en su acepción más vivencial, en las que la agricultura es componente clave en la oferta turística (Sayadi y Calatrava, 2001a y b).

La agricultura en el espacio rural, como veremos más adelante, no solamente cumple funciones de naturaleza **productiva**, primaria o secundaria, sino también funciones **territoriales** y **ambientales**. Estas funciones de la agricultura han sido identificadas y analizadas por diversos autores (Villanueva et al., 2017; Dubeuf y Sayadi, 2014; Carmona-Torres et al., 2014; Salazar et al, 2010, 2011 y 2013; Moran et al., 2010; Calatrava y Sayadi, 2010; Sayadi y Parra-López, 2009; Gómez-Limón y Gómez-Ramosa, 2007; Vera-Toscano et al., 2007; Arriaza et al., 2007; Yrjölä y Kola, 2004; Calatrava y Sayadi, 2003 y 2006; Reig, 2003; Sayadi y Calatrava, 2001b; Sayadi, 1998, entre otros) para un tratado amplio sobre el tema, y una revisión de los principales trabajos que lo tratan). De entre esas funciones destacar **la repercusión del sistema agrario en la calidad y la peculiaridad de la oferta derivada de actividades terciarias (ocio, recreo, etc.).**

Determinar la capacidad recreativa de los sistemas agrarios es algo básico en la planificación del desarrollo rural, y permitirá conocer los niveles de interacción turismo-agricultura deseables en un proceso de desarrollo rural determinado (Srivastava, 2016; Sayadi, 2012; Philip et al., 2010;, Calatrava y Sayadi, 2010; Carpio et al, 2008; Calatarava, 2001, Sayadi 1998). Dicha integración, siempre muy deseable y positiva, tiene su fundamento en las siguientes razones:

a. La familia agraria pluriactiva puede ofrecer servicios turísticos.
b. La "cultura de lo agrario" puede ser asimismo un atractivo turístico.
c. El turismo rural genera una demanda de productos agrarios que puede ser importante para el fomento de la agricultura en la zona.
d. El turismo puede favorecer entre las actividades artesanales, las agroartesanales, que pueden tener asimismo una incidencia positiva sobre el sector agrario local.
e. En su triple acción de incrementar rentas, crear infraestructuras y generar empleo, a veces complementario con las actividades agrarias, el turismo puede actuar como factor de estabilidad laboral de la mano de obra agraria.
f. El gran efecto multiplicador del turismo puede fomentar otras actividades económicas que asimismo incidan positivamente en la agricultura.
g. La disminución, o desaparición, de la agricultura procova efectos que podrían afectar apreciablemente la actividad turística: cambios de paisaje, cambios en el sistema de "humidificación" con posibles efectos sobre el ecosistema, incremento del peligro de incendios forestales, etc., entre otros.

Estas razones, entre otras, patentizan el interés de conectar la agricultura con el turismo en los espacios rurales. Esta ligazón agricultura-turismo es siempre deseable y positiva para el desarrollo rural endógeno integral y sostenible (Srivastava, 2016; Arminato y Felicetti, 2013; Philip et al., 2010; Sayadi, 2012; Calatrava y Sayadi, 2003, 2006 y 2010; Calatrava, 2001; Sayadi y Calatrava, 2001b; Sayadi 1998). La máxima interacción entre la agricultura y el turismo se da en el agroturismo en sentido estricto o "vivencial".

En términos generales, el agroturismo es un tipo de oferta turística del turismo rural basado en la agricultura, en el que el componente principal de la oferta es la acogida, alojamiento, gastronomía, ocio, participación en tareas, etc., en la explotación agraria.

En España las primeras iniciativas en la concepción del Turismo Rural como actividad complementaria de las rentas agrarias institucionalizada, e incentivada por la Administración Pública y que puede considerarse la primera forma de turismo rural, en cierta medida precursora del moderno agroturismo, fueron los Programas de Vacaciones en Casas de Labranza entre los años 60 y 80 a cargo de la Agencia de Extensión Agraria y el entonces Ministerio de Información y Turismo. Posteriormente, la iniciativa comunitaria LEADER, iniciada en 1991, que España complementó con el programa PRODER desde 1996, ha supuesto un fuerte impulso del Turismo Rural, contribuyendo a su espectacular crecimiento en los últimos quince años. Esta forma inicial de agrorturismo, quizás cronológicamente prematura, ha sido analizada por algunos autores desde distintos enfoques (Calatrava, 1983, Marchena, 1992, etc.) y posteriormente por (Sayadi, 1998, Sayadi y Calatarav, 2001a y b, etc.).

Es conveniente, a la hora de planificar dicha actividad en la explotación agraria, que la renta derivada del agroturismo no sobrepase en más de la mitad a la renta generada por la actividad agrícola. De esta forma, el jefe de la explotación continúa conservando como actividad principal la agricultura. La importancia de esta última es esencial en la cultura rural (MAPA 2017; Gil Arroyo et al., 2013; Sayadi y Calatrava, 2001a y b):

a. Su presencia, en cuanto a **actividad económica**, constituye un factor de supervivencia (o resistencia a la marginalidad en algunas zonas rurales) y desarrollo, tanto de la agricultura como de la ganadería, así como de la actividad forestal, cinegética, pesca, etc.
b. El mantenimiento de las actividades agrarias permite que se conserve el **paisaje modelado por éstas** (considerado actualmente como recurso económico y cuya demanda crece paulatinamente) así como todo el patrimonio histórico y cultural de las zonas rurales cuya diversidad merece ser conservada: tipos de cultivos y explotaciones, hábitats y arquitecturas (pueblos, viviendas y edificios rurales, setos, terrazas, tapia, etc.).
c. El agroturismo contribuye a la revalorización de los productos locales, ya que la mayoría de los aficionados al mismo demandan **productos agrarios al natural o fabricados de forma artesanal**, típicos de la región.
d. La agricultura ha proporcionado también un rico **patrimonio etnológico** (herramientas, maquinaria agrícola, oficios y talleres artesanales, forja, cantería, así como una variada gastronomía popular, etc.) que puede tener un cierto uso turístico.
e. El agroturismo contribuye a armonizar los intereses agrarios y la **protección del medio ambiente**, a través de una gestión integrada del territorio en la que los agricultores han tenido y deben seguir manteniendo un protagonismo destacado. El "consumidor" del turismo rural se siente atraído por la variedad de los paisajes agrícolas rurales, la fauna y la flora. Por ello, la preservación de éstos es una condición para preservar la atracción turística de las zonas rurales, aunque esto implique, a menudo, la implementación de técnicas agrícolas más caras, o menos rentables. El agroturismo puede constituir para el agricultor una forma de remuneración de las inversiones que éste efectúa en favor de la gestión del medio ambiente para beneficio de la colectividad.

3. El papel multifuncional de la agricultura en los espacios rurales

La pérdida de importancia relativa de la agricultura en el sistema socioeconómico de las áreas rurales es un hecho positivo, y deseable, que está teniendo lugar en España, particularmente en las últimas décadas. Es positivo porque implica el aprovechamiento de los recursos de los espacios rurales en actividades distintas de la agraria (artesanía, industria, turismo, etc.) y la consiguiente diversificación económica, particularmente en zonas de montaña y desfavorecidas (Dubeuf y Sayadi, 2014; Calatrava y Sayadi, 2003, 2006 y 2010).

La productividad y la rentabilidad estrictamente financiera, aún con su gran importancia en algunas zonas rurales, no pueden ser los únicos parámetros que determinen la viabilidad en el futuro de un sistema agrario en un espacio rural. La agricultura tiene además de su componente **productiva o sectorial**, una componente **territorial**, que supone la **existencia de externalidades ambientales, escénicas, culturales, etc.** (Villanueva et al., 2017; Sayadi, 2012; Calatrava y Sayadi, 2010; Sayadi, 2008; Sayadi, 2009a y b, Sayadi et al, 2009 y 2005, Castillo et al., 2008).

La componente territorial de la agricultura debe ser tenida en cuenta en los procesos de desarrollo local de áreas rurales, y analizada específicamente en cada caso valorando sus externalidades y llegando así a lo que se denomina Valor Económico Total (VET) del sistema agrario (Pearce y Turne, 1995; Castillo et al., 2008).

A parte del consiguiente impacto social ligado a la propia actividad económica, a la hora de considerar el potencial para el desarrollo de un sistema agrario hay que valorar los siguientes aspectos (Sayadi, 2012; Sayadi y Calatrava, 2001b; Sayadi, 1998):

a. Su propio potencial económico en cuanto a producción primaria (tanto en productos convencionales como en productos de alta calidad, con denominación de origen, de calidad, ecológicos, productos para mercados locales, etc.
b. Su capacidad para ofertar inputs a actividades secundarias (industria agroalimentaria artesanal, etc.)
c. Su repercusión en la calidad y la peculiaridad de la oferta derivada de actividades terciarias (como las recreativas, agroturismo, por ejemplo).
d. Su potencial de contribución al equilibrio del proceso de desarrollo y a la diversificación de uso y disfrute del medio natural.
e. Como consecuencia de los potenciales anteriores, su potencial de impacto en el sistema socioeconómico local, regional, etc.
f. Sus posibilidades de complementariedad, en un esquema pluriactivo, de uso de la mano de obra local.
g. Su repercusión, particularmente en el caso de sistemas agrarios tradicionales de montaña, en el control y distribución del agua en las cabeceras de cuencas hidrográficas y en el mantenimiento de niveles adecuados de escorrentía, erosión, etc.
h. Su capacidad para crear paisaje. Los agroecosistemas forman parte de lo que se denominan "atributos objetivos del paisaje". El cómo se combinan las tierras arables con los pastos y los montes constituye, en las áreas rurales, una de las características definitorias de la "calidad" de sus paisajes. El "valor de los sistemas agrarios como componentes de los paisajes es un tema, enormemente actual, de polémicas e investigaciones.

De entre las funciones que algunos sistemas agrarios son capaces de proporcionar en los espacios rurales está la oferta de una serie de servicios para el ocio y el disfrute por parte de los consumidores, bien sea a través de la realización de actividades (agroturismo, excursiones, etc.), como la simple contemplación de la naturaleza con componente agrario más o menos importante. La repercusión de los sistemas agrarios sobre la calidad y peculiaridad de la oferta de servicios recreativos depende de la importancia de ciertos elementos en su estructura y su funcionamiento, que, configuran dicha oferta y resultan atractivos para los usuarios.

El valor de los aspectos recreativos del sistema agrario, no se deriva solamente de las personas que prefieren o utilizan estos tipos de oferta, sino es más amplio distinguiendo al menos tres tipos: valor de uso actual, valor de opción o valor de uso futuro, valor de existencia (Dubeuf y Sayadi, 2014; Sayadi, 2012; Sayadi, 2009 a y b; Sayadi, 2008; Castillo et al., 2008; Calatrava y Sayadi, 2003 y 2006; Sayadi y Calatrava, 2001b).

Conocer y valorar el potencial del componente agrario en la oferta recreativa, es un elemento estratégico en el diseño de dicha oferta recreativa, particularmente en zonas rurales cuyos sistemas agrarios pueden ser poco rentables desde el punto de vista financiero. Su conocimiento y valoración ayuda no sólo a mantener actividades agrarias en estas zonas sino también a justificar ciertas decisiones para potenciar su capacidad de ofertar ciertas funciones que de él se requieran. Por otra parte, determinar los elementos recreativos del sistema que los usuarios valoran más, se perfila también como herramienta de utilidad en la planificación de zonas rurales.
A continuación se comentan los principales resultados de un estudio sobre el potencial agroturístico en la montaña de Las Alpujaras en Sierra Nevada (Andalusia-España) y la contribución de sus sistemas agrarios en la oferta de elementos de ocio y recreo para los visitantes de la zona. Profundizar en el conocimiento en dicho potencial puede contribuir a facilitar la consideración de la agricultura como actividad en los procesos de desarrollo turístico en la zona.

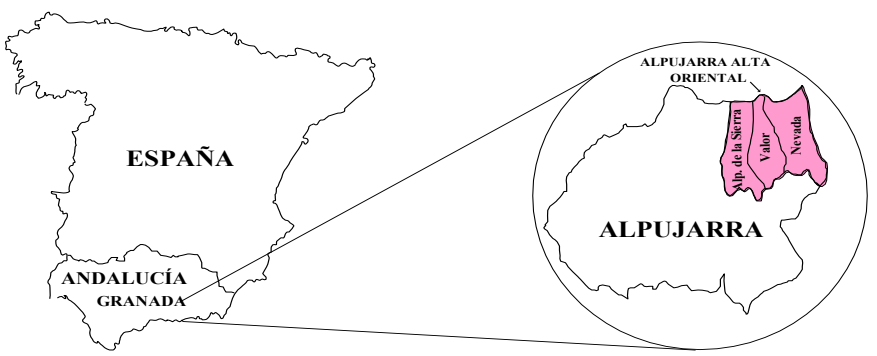
4. Discusión

4.1 Metodología

La información incluida en esta comunicación forma parte de una investigación doctoral más amplia titulada *"Linking rural tourism to agriculture. Evidences from comparative case studies in Kosovo, Italy and Spain"* cuyo objetivo era llevar a cabo un análisis comparativo sobre la contribución de la agricultura en la actividad de turismo rural en general y el agroturismo en particular en tres regiones diferentes: Las Alpujarras (Sierra Nevada-Sur de España) y Appennino Bolognese (Norte de Italia) y Kosovo. En este documento se incluye solamente algunos resultados relativos a la zona de Las Alpujarras sobre las preferencias de los visitantes de la zona hacia los diferentes elementos multifuncionales de la agricultura en la comarca (económicos, ambientales y socioculturales), así como sus actitudes y opiniones hacia el agroturismo y los diferentes tipos de servicios y actividades que se ofrecen.

Concretamente la zona objeto del trabajo empírico en Las Alpujarras ha sido La Alpujarra Alta Oriental granadina (Ver Mapa 1) formada por el municipio de Alpujarra de la Sierra constituido por Mecina Bombarón con su anejo El Golco y Yegen; el municipio de Válor que está constituido por el núcleo de Válor y sus barriadas de Mecina Alfahar y Nechite y el municipio de Nevada formado por Picena, Laroles y Mairena con su anejo Júbar. Según los padrones municipales de 2015 (INE, 2016), las poblaciones de La Alpujarra de la Sierra, Valor y Nevada son de 1.041, 671 y 1.106 habitantes, respectivamente, totalizando en la zona 2.814 habitantes dispersos en varios núcleos distintos de población.

MAPA 1
Localización de la zona del estudio



Hemos elegido esta zona para el estudio empírico dado el marcado carácter de aislamiento, que la caracteriza, posiblemente, como la zona rural más tradicional de La Alpujarra Alta. También por el hecho de que en ella los sistemas agrarios presentan aún una cierta importancia, decreciente, entre las fuentes de renta locales.

Además de entrevistas no estructuradas con personas vinculadas al sector turístico en la zona, se ha llevado a cabo una encuesta a los visitantes de la zona como demandantes de la actividad recreativa y de ocio en la comarca. La encuesta realizada a los visitantes es bastante amplia y está estructurada en 3 bloques de preguntas. En el primero se solicita las opiniones y preferencias de los visitantes hacia los atractivos, recursos, bienes y servicios turísticos en la zona, así como sus preferencias hacia elementos multifuncionales de la agricultura (económicos, ambientales y socioculturales). En el segundo, se intenta identificar el modelo preferido de agroturismo así como sus opiniones y actitudes al respecto (agroturismo participativo, activo y pasivo, etc.). También, se pretende detectar el perfil de la explotación preferida por los visitantes para hacer agroturismo así como sus opiniones respecto a las actividades y servicios preferidos a lo largo de su estancia en la explotación agraria, etc. Con el tercero y último bloque del cuestionario, se pretende conocer las características sociodemográficas y de estito de vida de cada encuestado. En este trabajo se presenta solamente un análisis cualitativo-descriptivo de los resultados más importantes de los diferentes bloques.

Una vez diseñados y contrastados los cuestionarios se llevaron a cabo las encuestas durante los meses de julio y agosto de 2015. Se realizaron en total 149 entrevistas a visitantes mayores de 16 años de forma aleatoria. El sondeo a los visitantes se llevó a cabo mediante entrevistas orales y directas, abordando al entrevistado en la calle o en sitios donde se aloja, y exponiéndole el motivo del estudio que se realizaba. Para cuantificar la opinión de los visitantes respecto a determinadas cuestiones (importancia, interés, nivel de acuerdo, etc.), se ha utilizado siempre la misma valoración escalar desde 1: nada importante/nada interesante, muy en desacuerdo, etc.) a 9: muy importante, muy interesante, muy de acuerdo, etc.).
Para obtener los resultados de las encuestas, se procedió a realizar los análisis correspondientes. Se presentan aquí los aspectos más importantes del análisis univariante y descriptivo en forma de distribuciones de frecuencias, medias, etc. de la información generada por las encuestas.

En relación a los programas empleados en el tratamiento de los datos de las encuestas, se han utilizado: el Excel 2000 de Microsoft para Windows, el programa SPSS 20. En el tratamiento del texto y de otras herramientas gráficas, se han utilizado el programa Word 2000 y el Harvard Graphics 2.0 para Windows.

4.2 Resultados

4.2.1. Características sociodemográficas de los visitantes

De las 149 personas encuestadas, el 53% eran hombres y el 47% eran mujeres, todos ellos eran adultos (mayores de 16 años). El 52% tenían edades comprendidas entre 25 y 45 años. Los empleados por cuenta ajena y los autónomos fueron los estatus socioprofesionales más frecuentes (el 68%). En cuanto al nivel de estudios, el porcentaje más elevado corresponde al nivel universitario medio y alto (77%). El tamaño familiar más frecuente era entre 2 y 4 personas, representando dicho tamaño el 88% de los tamaños familiares de los visitantes. Por lo que se refiere al estilo de vida, en una escala de 1: no lo hace a 9: lo hace siempre, los entrevistados afirman que vigilen frecuentemente la calidad de los alimentos que comen (valor medio: 7,73), seguido del reciclaje de la basura (7,26); interés por temas ambientales (7,18); hacer ejercicio o practicar algún deporte (6,97);

comer fuera de casa (6.27) y consumir productos ecológicos (5,44). Consumir vino / alcohol y fumar lo hacen con mucha menor frecuencia (promedios de 3.74 y 1,98, respectivamente). **El visitante típico de la zona es, pues, mayormente varón, relativamente joven (entre 25 y 45 años), empleado por terceros y con estudios universitarios.** En general lleva una vida sano y tiene un cierto nivel de concienciación ambiental (interés por temas ambientales, reciclaje de basura, etc.).

4.2.2. Distribución de los visitantes según su lugar de procedencia

La mayoría de los visitantes provienen de las provincias de Almería (29%) y, en segundo lugar, de Granada (18%), lo que indica la influencia en la demanda turística de la proximidad a la zona. El mayor número de visitantes de Almería se explica por su cercanía a la comarca. El resto provienen de otras zonas andaluzas y españolas. Menos de la décima parte de los visitantes son extranjeros, siendo los más frecuentes los de nacionalidad inglesa y alemana.

4.2.3. Frecuencia de visitas a la zona

Los visitantes a la zona son mayoritariamente asiduos, siendo menos de la quinta parte los que la visitan por primera vez. El resto de los encuestados afirman que vienen habitualmente a La Alpujarra Alta Oriental granadina y lo hacen dos o tres veces al año (51%), mientras que el 7,6% lo hacen 1 vez cada 3 meses y el resto con mayor frecuencia.

El 62,7% de los encuestados afirmaron que visitan principalmente las zonas rurales durante el día y el 37,3% declararon que pernoctan. El promedio de horas de la visita diurna fue de 7.09, siendo el mínimo de 1 hora y el máximo de 12 horas. El promedio de las pernoctaciones fue de 2.91, siendo el mínimo de 2 noches y el máximo de 7 (Tabla 1).

Tabla 1
Visitas diurnas y pernoctaciones en la zona

Visita diurna						Pernoctaciones					
%	Media de horas	Min. horas	Max. horas	Desv. Est.	Moda horas	%	Media de noches	Min. noches	Max. noches	Desv. Est.	Moda noches
62.7	7.09	1	12	2.56	5	37,3	2.91	2	7	1.5	2

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

4.2.4. Fuentes de información sobre el Turismo en la zona

Las principales fuentes de información de los visitantes sobre la zona y su oferta turística, atractivos, etc. son a través de los amigos y parientes (37,2%), seguido de internet (29,3%), centros de información municipal 18,4%, periódicos y revistas (9.5%) y otras fuentes (5,6%) (Tabla 2).

Tabla 2
Fuentes de información sobre el Turismo en la zona

Fuentes de información	%
Centro municipal de información / ayuntamientos	18,4
Internet	29,3
Amigos y familiares	37,2
Periódicos, revistas, etc.	9,5
Associaciones, etc.	1,5
Otras fuentes	4,1

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

4.2.5. Vinculación del turista rural a la realidad rural y agraria

La mayoría (71.43%) de los demandantes del turismo rural en Las Alpujarras afirma que no vive y no ha vivido anteriormente nunca en zonas rurales. Asimismo, en lo que se refiere a la relación presente o pasada del visitante con la actividad agraria, algo más de la mitad (53,9%) afirma que alguno de sus familiares o antepasados es o fue agricultor. La distribución porcentual al respecto ha sido la siguiente (Tabla 3):

Tabla 3
Proximidad del turista con lo rural y lo agrario

Tipo de vinculación del turista con la agricultura	**%**
Sí, padre, hermano, etc.	14,4
Sí, abuelos, tíos, etc.	39,5
No tiene/ha tenido familiares agricultores	46,1

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

De lo anterior se deducen las raíces rurales y agrarias de una mayoría de los visitantes de la zona, ya que algo más de la mitad tienen familia agricultora en la primera (14,4%) o segunda generación (39,5%). Los visitantes son pues urbanos, pero con raíces familiares agrarias próximas en el tiempo.

4.2.6. Importancia otorgada por los visitantes a las actividades, servicios y recursos turísticos en la zona y su grado de satisfacción al respecto

Al preguntar a los visitantes que valorasen los siguientes bloques de actividades, servicios y recursos turísticos tanto bienes públicos (funciones ambientales y socioculturales de la agricultura) como privados (funciones económicas de la agricultura) para satisfacer su demanda recreativa, de ocio y de preferencia estética en una escala desde 0: nada importante a 9: muy importante, así como su grado de *satisfacción* de su oferta en cuanto a calidad y cantidad en la zona siguiendo la misma escala (1: nada interesante: sin valor y no se aprecia en absoluto a 9: le parece excelente: muy valioso y se aprecia mucho), las respuestas han sido las siguientes (Tabla 4):

Tabla 4
Importancia y satisfacción de actividades, servicios y recursos turísticos en La Alpujarra Alta

Actividades, servicios y recursos	**Importancia e interés general del visitante**		**Grado de satisfacción del visitante por la oferta en la zona**	
	Media	**Desv. Est.**	**Media**	**Desv. Est.**
Actividades y recursos naturales y ambientales	7,94	1,33	6,82	1,73
Actividades económicas y producciones tradicionales locales	6,80	1,59	6,30	1,92
Actividades y recursos socioculturales locales	6,69	1,55	5,91	1,79

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

Las actividades y recursos naturales y ambientales tienen la mayor importancia para el visitante para satisfacer su demanda recreativa, de ocio y de preferencia estética a lo hora de hacer turismo en el medio rural (media=7,94), seguidas por las actividades económicas y producciones tradicionales locales (6,80) y, en tercer lugar, las actividades y recursos socioculturales locales (6,69). Asimismo, dichas actividades aparecen en el mismo orden en cuanto a la satisfacción media de su oferta en la zona en cuanto a calidad y cantidad auque con valores medios inferiores en comparación con su importancia media en la demanda recreativa del visitante. A pesar de lo anterior, el grado de satisfacción del turista por dichas actividades es, en todos los casos, superior a la media de la escala, siendo las actividades y recursos socioculturales locales las que menos satisfacción genera en su demanda de ocio y recreo en la zona. Podemos apreciar también que las valoraciones de

las actividades y recursos naturales y ambientales presentan mayor uniformidad de respuestas (menores desviaciones típicas en las respuestas) en comparación con el resto de las actividades consideradas.

4.2.7. Importancia otorgada por los visitantes a las bienes públicos naturales y ambientales

Para identificar, específicamente, cuál es el grado de preferencia del visitante hacia una batería de elementos multifuncionales relacionados a cada uno de los bloques de actividades, servicios y recursos anteriores, se les ha preguntado que valorasen su calidad y cantidad para satisfacer su demanda recreativa y de ocio. Respecto, a los bienes públicos naturales y ambientales (función ambiental de la agricultura), a continuación se incluyen los valores medios, en orden de importancia, de las valoraciones asignadas, según sus niveles de interés y preferencia, expresado en la misma escala entre 1 (nada interesante: sin valor y no se aprecia en absoluto) a 9 (le parece excelente: muy valioso y se aprecia mucho) (Tabla 5).

Tabla 5
Importancia de bienes públicos naturales y ambientales en cuanto a su calidad y cantidad en la zona para satisfacer la demanda turística de los visitantes

Bienes públicos naturales y ambientales	Media	Desv. Est.
Aire limpio, vida sana y buena calidad del agua	8,42	0,82
Paisaje (ej. paisaje agrario típico de la zona)	8,41	0,97
Paisaje natural característico de la zona (Alta montaña, formaciones geológicas, pendiente y barrancos, tierras vírgenes, ríos, balsas, cauces, fuentes de agua, etc.)	8,23	1,01
Flora y Fauna (biodiversidad) silvestres autóctonas de interés turístico en la zona	7,83	1,34
Terrazas, bancales y paratas	7,38	1,92
Acequias y sistemas de riego tradicionales	7,12	1,83
Tierras agrarias hoy abandonadas	4,30	2,09

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

Vemos que el "aire limpio, la vida sana y la buena calidad del agua", así como elementos de paisajes agrarios típicos y naturales característicos de la zona (alta montaña, formaciones geológicas, pendiente y barrancos, tierras vírgenes, ríos, balsas, cauces, fuentes de agua, etc.) son los elementos más apreciados en calidad y cantidad en la oferta de turismo rural en La Alpujarra Alta Oriental granadina, siendo todos los valores medios asignados superior a 8 (8,41, 8,41 y 8,23, respectivamente). Además, estos tipos de bienes públicos naturales y ambientales presentan mayor uninformidad de respuestas, teniendo menores desviaciones típicas. Se deduce como el paisaje es un elemento clave de la oferta recreativa y turística que se aprecia cada vez más por los visitantes de Las Aplujarras. Conocer cuáles son los componentes del paisaje que los usuarios de los espacios rurales valoran más, resulta de gran utilidad para el diseño de procesos de desarrollo rural en la comarca. Dichos elementos del paisaje alpujarreño, anteriormente citados, forman pues, un potencial atractivo de la zona, sobre los cuales pueden basarse estrategias de promoción de la belleza paisajística de la comarca.

Las tierras agrarias hoy abandonadas son, sin embargo, las menos valoradas en la demanda recreativa de los entrevistados (valor medio: 4,30%). De dicha baja valoración, se puede deducir el nivel de concienciación ambiental de los demandantes del turismo rural en Las Alpujarras que preveen el impacto negativo que puede generar dicho abandono en la montaña alpujarreña. En este sentido, Sayadi et al. (2004, 2005, 2009), y Calatrava y Sayadi (2010) ponen en evidencia la importancia de la demanda de la componente del paisajes agrario en alta montaña en el sureste de España y su contribución en el diseño de la oferta recreativa y el desarrollo sostenible de dichas zonas.

Asimismo, los autores ponen de manifiesto el rechazo de los visitantes de las tierras antaño agrarias hoy abandonadas en su función de utilidad estética y recreativa.

4.2.8. Importancia otorgada por los visitantes a las bienes públicos socioculturales en la zona

Respecto a las bienes públicos socioculturales (función sociocultural de la agricultura) más apreciados por el visitante en cuanto a su calidad y cantidad en la zona para satisfacer su demanda turística, la puntuación media por orden de interés según la misma escala desde 1 a 9 (1: nada interesante: sin valor y no se aprecia en absoluto; 9: le parece excelente: muy valioso y se aprecia mucho) es la siguiente (Tabla 6):

Tabla 6
Importancia de bienes públicos socioculturales en cuanto a su calidad y cantidad en la zona para satisfacer su demanda turística

Bienes públicos socioculturales en la zona	Media	Desv. Est.
Historia, patrimonio histórico/artístico e identidad de la zona, arquitectura autóctona: pueblos de montaña, iglesias, cortijos y cortijadas, casas antiguas, tejados de launa, cuadras, etc.	7,98	0,99
Gastronomía local y productos típicos en base a productos de la zona	7,88	1,29
Fiestas agrarias (matanza, siembra, plantación, cosecha de frutos, etc.)	6,37	2,01
Fiestas sociales tradicionales (baile local, eventos cívicos, etc.)	6,5	1,61

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

Los pueblos, la historia y los aspectos culturales así como la gastronomía y los productos típicos locales alpujarreños en general, son también un gran potencial de atracción turístico, siendo muy alta sus valoraciones medias en calidad y cantidad en la zona (77,98 y 7,88, respectivamente).

4.2.9. Valoración de los visitantes de los productos típicos agroartesanales de la zona

A continuación, en la tabla 7, se incluyen los valores medios asignados a algunos productos típicos del sistema agrario alpujarreño (función económica de la agricultura) en una escala entre 1 (no lo aprecia en absoluto) a 9 (le parece excelente) por los turistas encuestados (Tabla 7):

TABLA 7
Valoración de los visitantes de los productos típicos agroartesanales de la zona

Productos típicos agroartesanales de la zona	Media	Desv. Est.
Jamón	8,05	1,40
Miel	7,83	1,45
Frutas y hortalizas	7,66	1,75
Quesos	7,23	1,72
Aceite de oliva	7,14	1,48
Almendrados	7,09	1,79
Mermeladas naturales	6,91	2,32
Vino	6,97	1,79
Roscos	6,70	1,90
Soplillos	6,58	2,02
Pan de higo	6,30	1,98
Pasas	6,20	1,79

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

Vemos que hay un alto grado de apreciación de la calidad del jamón, de la miel, de las frutas y hortalizas (consideradas por la mayoría de los encuestados prácticamente como ecológicas), de los quesos, del aceite de oliva, de los almendrados (valoraciones medias superiores a 7), y en menor grado de evaluación de la calidad de las mermeladas naturales, el vino, los roscos y los soplillos. El pan de higo y las pasas son, sin embargo, los productos típicos alpujarreños menos valorados por los turistas. Destacar que todos

los productos tienen valoraciones medias superiores a 6 en una escala de 9 puntos, siendo la máxima de 8,05 (jamón) y la mínima las pasas típicas alpujarreñas (6,20). Los productos típicos más apreciados presentan mayor uniformidad de respuestas en sus valoraciones por parte de los entrevistados.

Los productos alpujarreños anteriormente citados pueden constituir un potencial del sistema agrario para rentabilizar la agricultura de la comarca y pueden ser la base de estrategias de planificación de mercados tanto locales como regionales, etc. dentro de planes de desarrollo rural de la zona.

Respecto a si el visitante suele comprar durante su estancia algunos productos típicos de la comarca, casi todos los entrevistados (89%) contestaron afirmativamente a la pregunta. Los productos más comprados, agrupados también según su naturaleza, se reflejan en la siguiente tabla (Tabla 8).

TABLA 8
Productos más comprados en La Alpujarra Alta por los visitantes

Tipos de productos comprados	%
Repostería agroastesanal	57,04
Productos agrarios no transformados	26,30
Productos agrarios transformados	19,7

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

Los porcentajes arriba citados reflejan claramente que los productos de repostería agroartesanal, a pesar que son algo menos valorados por los visitantes de la zona, son los más comprados por los vistantes de La Alpujatta Alta.

4.2.10. Opiniones de los visitantes sobre el papel de la agricultura en relación con el desarrollo y la promoción del turismo

Con la finalidad de determinar la opinión y actitud de los visitantes en relación con el agroturismo y la agricultura en la zona, se plantearon una batería de cuestiones, solicitándoles que manifestaran su grado de acuerdo (escala de 1: totalmente en desacuerdo a 9: totalmente de acuerdo) (Tabla 9).

Según los resultados de la encuesta, los visitantes afirman que están muy de acuerdo (valor medio 8,03) que "cuando visitan una zona rural suelen tener en cuenta y respetan las actitudes y/o prácticas compatibles con el medioambiente que se anuncian en la zona (iniciativas de sensibilización del visitante hacia las actitudes respetuosas con el medio ambiente, buenas prácticas de gestión y reciclaje de residuos, etc.)". Asimismo, están muy de acuerdo con que el agroturismo es importante para "mantener las actividades económicas de la zona (agricultura, gastronomía local, productos agro-artesanales, etc.)", "preservar el patrimonio cultural local" y "proteger el medio ambiente", siendo sus valores medios de 7,67, 7,56 y 7,09, respectivamente.

Sin embargo, dicho acuerdo es bastante menor en relación a sus preferencias en "alojarse en los hoteles a la hora de buscar alojamiento temporal en la zona" y no "aprecian realmente diferencias significativas entre alojamientos agro-turísticos y otros alojamientos rurales en la zona fuera de la explotación", siendo sus valores medios de 5,27 y 5,00, respectivamente.

Por otra parte, según los resultados de la encuesta, al preguntar a los visitantes sobre sus opiniones respecto al mantenimiento de la actividad agraria en la zona, afirman (86,4%) que son actividades que han venido desarrollándose en Las Alpujarras desde hace siglos

y son **indispensables para mantener el turismo en la región**. Además, dichos visitantes comentan que la agricultura es parte de la oferta turística (fuente de la gastronomía local, de la cultura local, de la historia, del paisaje, hace la oferta atractiva y distinta, etc.), contribuye también al medioambiente, afirmando algunos que "sin agricultura la zona sería un desierto, habrá erosión, la agricultura mantiene el ecosistema, etc.), "se pierde la belleza, la tranquilidad, la originalidad, el paisaje, su encanto, etc.", etc.

Tabla 9
Opiniones y actitudes de los visitantes hacia el agroturismo en la zona

Afirmaciones	Media	Desv. Est.
Cuando usted visita una zona rural suele tener en cuenta y respeta las actitudes y/o prácticas compatibles con el medioambiente que se anuncian en la zona (por ej. iniciativas de sensibilización del visitante hacia las actitudes respetuosas con el medio ambiente, buenas prácticas de gestión y reciclaje de residuos, etc.).	8,03	1,37
El agroturismo es importante para mantener las actividades económicas de la zona: agricultura, gastronomía local, productos agroartesanales, etc.	7,67	1,42
El agroturismo tiene un papel importante para la preservación del patrimonio cultural local.	7,56	1,62
El agroturismo tiene un papel importante para la protección del medio ambiente.	7,14	1,56
Cuando busca alojamiento temporal en la zona prefiere alojarse en casas rurales, cortijos para turismo, etc.	7,09	2,11
Cuando busca alojamiento temporal en la zona, prefiere Ud. alojarse en los hoteles de la zona.	5,27	2,52
Realmente no aprecia diferencias significativas entre alojamientos agroturísticos y otros alojamientos rurales en la zona fuera de la explotación.	5,00	2,41

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

Hay que señalar también que una minoría (el 10,6% de los encuestados) opina que la agricultura no es indispensable para el desarrollo turístico en la zona, y afirma que, aunque las actividades agrarias suponen un atractivo típico de la comarca, esta última tiene otros atractivos muy interesantes para potencializar la actividad agroturística (arquitectura, vida sana, tranquilidad, etc.). El resto (3,0%) no han manifestado una opinión clara al respecto.

En general, se observa que la agricultura es muy apreciada por una gran mayoría de los visitantes y considerada indispensable para el mantenimiento de la actividad recreativa en La Alpujarra Alta.

4.2.11. Participación del turista en las actividades de la explotación durante su estancia

La participación, activa o pasiva, del turista en las actividades de la explotación agraria es una característica importante en el sector agroturístico. Como se ha comentado previamente, es un modelo de turismo rural en el que la componente principal de la oferta es la acogida, alojamiento, gastronomía, ocio, participación en tareas, etc. en la explotación. En este sentido, preguntando a los visitantes sobre su hipotética disposición a participar en las tareas agrarias durante una supuesta estancia en una granja, manifestaron las siguientes opiniones respecto al modelo preferido de agroturismo en la zona (Tabla 10):

Como se puede ver, en caso de hacer agroturismo, más del 80% de los entrevistados optan por un modelo activo y participativo. De ellos, la quinta parte señalan que están dispuestos a participar en cualquier trabajo que se presente a lo largo de la estancia en la explotación. La gran mayoría (61,37%), sin embargo, afirman que estarían dispuestos a participar solamente en algunas tareas que les parezcan atractivas. Las actividades señaladas están sobre todo relacionadas con la recogida de fruta, la siembra y la elaboración artesanal de ciertos productos en la granja (queso, vino, etc.). Otro grupo no menos importante que el primero, niega absolutamente su interés en la participación en las actividades de la

explotación agraria, manifestando algunos su preferencia en participar en otras actividades no precisamente de naturaleza agrícolas, como la caza, la pesca, la observación de la fauna y otras actividades al aire libre.

Tabla 10
Participación del turista en las actividades de la explotación durante su estancia

Modelo de agroturismo preferido	**%**
Agroturismo activo y participativo en cualquier actividades de la granja	20,03
Agroturismo activo y participativo en algunas tareas atractivas de la granja	61,37
Agroturismo pasivo (no participaría)	18,60

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

4.2.12. Explotaciones preferidas para hacer agroturismo

Al preguntar a los turistas sobre el tipo de explotación agraria que prefieren para disfrutar de unos días de agroturismo en la misma y satisfacer su demanda, las respuestas, por orden de importancia, fueron las siguientes (Tabla 11).

Tabla 11
Explotaciones preferidas para hacer agroturismo

Tipo de explotaciones	**Media**	**Desv. Est.**
Una explotación integral (de todo un poco)	7,48	1,45
Una explotación en la que se fabriquen productos agroartesanales	7,20	1,53
Una explotación vitivinícola	7,14	1.61
Una explotación ganadera	6,81	1,72
Una explotación apícola	6,65	2,02
Una explotación frutícola	6,02	2,01
Una explotación hortícola	5,65	2,20
Una explotación en que se puede organizar la caza/pesca	4,35	1,49
Una explotación de secano (cereal-almendros)	4,66	1,47

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

Según los resultados de la encuesta, se puede deducir que, la explotación integral, que tiene de todo un poco, se sitúa a la cabeza de las explotaciones preferidas por los turistas para hacer agroturismo. Dicha constatación es, en cierta forma, muy lógica, ya que este tipo de explotación es mucho más variada e interesante para quien pretende disfrutar de la actividad agraria en el plano recreativo, además esta actividad es muy poco estacionaria y se puede disfrutar de ella prácticamente a lo largo de todo el año. El perfil de la explotación que aparece en segundo lugar, es en la que se fabrican productos agroartesanales en base a productos originarios de la granja. En efecto, a lo largo de su estancia en dicha explotación, el turista, por un lado, aprende la forma de fabricar dichos productos y, por otro, degusta, come y compra algunos de ellos. La explotación vitivinícola, cuya actividad es muy tradicional en Las Alpujarras, está también bien clasificada como preferida por los turistas. **Estas tres explotaciones (integral, en la que se fabrican productos agrarios y artesanales, y vitivinícola) cuyas valoraciones medias superiores a 7, según la escala desde 1: no me gusta nada, no me interesa a 9: me gusta y me interesa muchísimo, pueden ser factores de interés de potenciación del sector agroturístico en Las Alpujarras.**

El resto de los diferentes tipos de explotaciones identificadas son, según la información obtenida, menos apreciadas por los encuestados para hacer agroturismo. Sin embargo, pueden ser apreciadas por algún segmento determinado de demandantes e incluidas dentro de las estrategias de promoción del sector en la zona.

Paradójicamente, el tipo de explotación preferida, la integral, tiende a desaparecer, como hemos visto anteriormente, en el sistema agrario de La Alpujarra Alta, exceptuando el caso de las explotaciones enfocadas al autocosumo familiar que podrían reconvertirse al agroturismo, como alternativa de futuro.

Vemos como, las explotaciones más valoradas y las menos apreciadas por el vistantes para hacer agroturismo presentan mayor uniformidad en las respuestas, teniendo los menores valores de desviaciones típicas.

4.2.13. Actividades y servicios preferidos por el turista haciendo agroturismo

Respecto a las actividades y servicios en la explotación agraria que los encuestados realizarían y utilizarían haciendo agroturismo, la puntuación media obtenida por orden de interés (entre 1: no me gusta nada, no me interesa a 9: me gusta y me interesa muchísimo) es la siguiente (Tabla 12).

Tabla12
Actividades y servicios preferidos por el turista haciendo agroturismo

Actividades y servicios	Media	Desv. Est.
Restaurante y comida a base de platos hechos con productos de la granja	7,84	1,53
Participación en actividades de catas y degustaciones	7,73	1,56
Participar en la elaboración artesanal del pan	7,21	1,61
Participación en la elaboración del vino	7,13	1,68
Participar en la elaboración artesanal de aceite	7,13	1,70
Participación en la elaboración artesanal de productos lácteos (explotación con quesería, etc.)	7,09	1,72
Participación en actividades y eventos de familiarización y preservación con la naturaleza	7,01	1,99
Acogida de niños: granja escuela	6,25	2,45
Realizar actividades ecuestres	5,35	2,37
Espacio de camping dentro de la finca	4,66	2,76
La matanza	4,35	2,37
Participación en actividades de caza/pesca	3,18	2,06

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

De las valoraciones anteriores se destaca el mayor interés gastronómico, ambiental y artesanal de los visitantes de Las Alpujarras. De las actividades agroturísticas, las más valoradas son la vivencia de operaciones agroindustrial, degustando productos típicos de la zona y participando en la elaboración artesanal en la granja del pan, vino, queso así como del aceite. Las anteriores actividades pueden ser un elemento clave para el éxito y la promoción de la actividad 357nálisis357o357ca en las explotaciones agrarias alpujarreñas.

4.2.14. Objetivos prioritarios de una política de agroturismo en la región según la perspectiva de los vistantes de la zona

Para comprender las opiniones de los demandantes del turismo rural sobre el papel de las políticas relacionadas con el desarrollo de la actividad en las zonas rurales, se pidió a los encuestados que valorasen y priorizasen sietes posibles medidas cuyas puntuaciones medias han sido la siguiente (Tabla 13):

De lo anterior se deduce que cualquier política para promocionar la actividad agroturística en la zona debería necesariamente, según los visitantes de la zona, “proteger el ecosistema y el entorno natural de la zona”, “mantener y promocionar la actividad agraria en la comarca” así como fomentar la gastronomía local”. Dicha política debería también

"promover la colaboración entre los actores locales" y "concienciar a los habitantes rurales de su importancia en el desarrollo turístico" para garantizar su mayor éxito y sostenibilidad en la comarca. Otras estrategias para mantener y promocionar la actividad agroturística en la montaña alpujarreña es "adecuar las viviendas agrarias para recibir turistas" así como "mantener las explotaciones agrícolas mediante subsidios y otras formas de apoyo como ingreso complementario para las granjas".

Tabla 13
Objetivos prioritarios de una política de agroturismo en la región según la perspectiva de los vistantes de la zona

Objetivos de políticas	Media	Desv. Est.
Proteger el ecosistema y el entorno natural de la zona	8,32	1,01
Mantener y promocionar la actividad agraria en la zona	7,33	1,36
Fomentar la gastronomía local	7,29	1,51
Promover la colaboración entre los actores locales		
Concienciar a los habitantes rurales de su importancia en el desarrollo turístico	7,25	1,58
Adecuar las viviendas agrarias para recibir turistas	6,65	1,64
Mantener las explotaciones agrícolas mediante subsidios y otras formas de apoyo como ingreso complementario para granjas	6,00	1,96

Fuente: Encuesta a los vistantes de La Alpujarra Alta Oriental Granadina (2015).

5. Conclusiones

- La Alpujarra Alta Oriental granadina ubicada en la montaña de Sierra Nevada, una de las regiones más desfavorecidas del Sur-Este español, tiene unas particularidades propicias para el desarrollo de la actividad agroturística teniendo en cuenta sus condiciones físicas excepcionales (alta montaña, terrazas, barrancos, etc.), así como sus interesantes potencialidades culturales, cultura agraria, gastronomía, etc.
- El visitante típico de la zona es mayormente varón, relativamente joven, empleado por terceros y con estudios universitarios. En general lleva una vida sano y tiene un cierto nivel de concienciación ambiental. Los visitantes son generalmente asiduos y visitan con cierta frecuencia la zona, viven en zonas urbanas y tienen raíces familiares agrarias próximas en el tiempo. Suelen informarse sobre la zona y su oferta turística, atractivos, etc., principalmente a través de los amigos y parientes, por internet, centros de información municipal o periódicos y revistas.
- Se ha identificado que los sistemas agrarios de la zona son capaces de constituir elementos componentes de la oferta de una serie de servicios para el ocio y el disfrute por parte de los consumidores, bien sea a través de la realización de actividades (agroturismo, excursiones, etc.), o bien por la simple contemplación de la naturaleza con paisajes de mayor o menor componente agrario.
- Las actividades y recursos naturales y ambientales (función ambiental de la agricultura), tienen la mayor importancia para el visitante para satisfacer su demanda recreativa, de ocio y de preferencia estética a la hora de hacer turismo en el medio rural, seguidas por las actividades económicas y producciones tradicionales locales (función económica de la agricultura) y, en tercer lugar, las actividades y recursos socioculturales locales (función sociocultural de la agricultura). En general, hay una cierta satisfacción del turista por la oferta de dichas actividades en la zona en calidad y cantidad.
- Respecto, a los bienes públicos naturales y ambientales (función ambiental de la agricultura), se afirma que el aire limpio, la vida sana y la buena calidad del agua, así como elementos de paisajes agrarios típicos y naturales característicos de la zona (alta montaña, formaciones geológicas, pendiente y barrancos, tierras vírgenes, ríos, balsas, cauces, fuentes de agua, etc.) son los elementos más apreciados en calidad y cantidad en la oferta de turismo rural en La Alpujarra Alta Oriental granadina. Las tierras agrarias hoy abandonadas son, sin embargo, las menos valorados en la demanda recreativa de los entrevistados.

- Respecto a las bienes públicos socioculturales (función sociocultural de la agricultura) más apreciados por el visitante en cuanto a su calidad y cantidad en la zona para satisfacer su demanda turística, vemos como los pueblos, la historia y los aspectos culturales así como la gastronomía y los productos típicos locales alpujarreños en general, son también un gran potencial de atracción turístico.
- En cuanto a la función económica de la agricultura de la zona, se evidencia un alto grado de apreciación de la calidad de varios productos típicos alpujarreños (jamón, miel, frutas y hortalizas, quesos, del aceite de oliva, etc.) que pueden constituir un potencial del sistema agrario para rentabilizar la agricultura de la comarca y pueden ser la base de estrategias de planificación de mercados tanto locales como regionales, etc. dentro de los planes de desarrollo rural de la comarca.
- En general, se observa que la agricultura es muy apreciada por una gran mayoría de los visitantes y considerada indispensable para el mantenimiento de la actividad recreativa en La Alpujarra Alta.
- El perfil de la explotación agraria más atractiva para el agroturismo es la integral de policultivo mediterráneo de regadío; paradójicamente, el abandono y la extensificación, fenómenos muy marcados en la región, no favorecen, precisamente, dicho tipo de explotación, que es la que se encuentra en estado más crítico de marginalidad.
- La mayoría optan por un modelo de agroturismo activo y participativo colaborando en algunas tareas que les parezcan atractivas como la recogida de fruta, la siembra y la elaboración artesanal de ciertos productos en la granja. Otros visitantes niegan absolutamente su interés en la participación en las actividades de la explotación agraria, manifestando algunos su preferencia en participar en otras actividades no precisamente de naturaleza agraria, como la caza, la pesca, la observación de la fauna y otras actividades al aire libre. El hecho de la proximidad en el tiempo (una o dos generaciones) de las raíces rurales de la mayoría de las familias urbanas españolas, hace que no sientan, hoy por hoy, demasiado interés, por el agroturismo y por los temas agrarios. Lo anterior puede constituir, sin duda, uno de los factores más limitantes de su demanda.
- Entre las actividades relacionadas con el agroturismo, que resultan atractivas para los turistas, destacan las de naturaleza gastronómica, ambiental y artesanal. De las actividades agroturísticas, las más valoradas son la vivencia de operaciones agroindustrial, degustando productos típicos de la zona y participando en la elaboración artesanal en la granja del pan, vino, queso así como del aceite. Las anteriores actividades pueden ser un elemento clave para el éxito y la promoción de la actividad 359nálisis359o359ca en las explotaciones agrarias alpujarreñas.
- Cualquier política para promocionar la actividad agroturítica en la zona debería necesariamente, según los visitantes de la zona, “proteger el ecosistema y el entorno natural de la zona”, “mantener y promocionar la actividad agraria en la comarca” así como fomentar la gastronomía local”, “promover la colaboración entre los actores locales”, “concienciar a los habitantes rurales de su importancia en el desarrollo turístico” para garantizar su mayor éxito y sostenibilidad en la comarca, “adecuar las viviendas agrarias para recibir turistas” y “mantener las explotaciones agrícolas mediante subsidios y otras formas de apoyo como ingreso complementario para las granjas”.

  Teniendo en cuenta las conclusiones anteriores, algunas recomendaciones pueden hacerse, como estrategias para aprovechar el potencial de los sistemas agrarios de la zona:

- Analizar la oferta potencial de agroturismo, identificando los posibles segmentos de dicha oferta.
- Diseñar un programa de potenciación a nivel local de los distintos segmentos y perfiles de visitantes tratando de ajustar las ofertas a las diferentes preferencias identificadas en la demanda.
- Diseñar un programa de promoción y propaganda, mediante publicidad que refleje las características y la naturaleza de cada oferta, y creación de un logotipo que suponga un distintivo de la zona y de la calidad de su oferta agroturística.

- Estudiar y analizar la actitud y opinión de los agricultores y de la población local hacia dicha actividad. Organizar cursos de formación y animación para agricultores con el fin de desarrollar la oferta agroturística.
- Potenciar el mantenimiento de la explotación tradicional de policultivo mediterráneo de regadío bastante valorada y apreciada, mediante la toma de medidas oportunas, vía subvención, por ejemplo, para detener el fenómeno de abandono y a la vez favorecer la "explotación recreativa".
- Reconvertir al agroturismo las explotaciones enfocadas al autoconsumo familiar, como una de las alternativas de futuro. Para ello es indispensable más flexibilidad institucional, agilidad de pago de subvenciones y ayudas, toma de medidas financieras particulares, etc..
- Llevar a cabo un plan de mejora de los accesos a 360nálisis360 y cortijos y de comunicaciones entre municipios. La primera parte estaría relacionada con el plan de mejora de accesos a las explotaciones.

Referencias bibliográficas

- Ammirato, S.; Felicetti, A.M.; (2013). The Potential of Agritourism in Revitalizing Rural Communities: Some Empirical Results. Collaborative Systems for Reindustrialization, pp: 489-497. 14th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2013, Dresden, Germany, September 30 – October 2, 2013, Proceedings.
- Arriaza, M.; Francisco Cañas-Ortega, J.; Antonio Cañas-Madueño, J.; Ruiz-Aviles, P. (2004). Assessing the visual quality of rural landscape. Landscape and urban planning, 69(1), pp: 115-125.
- Arriaza, M.; Gómez-Limón, J.A.; Kallas, Z.; Nehhay, O., (2007). Demand for non-commodity outputs from mountain olive groves. Agricultural Economics Review, 9, pp: 5-23.
- Bote Gómez, V., (1981). La estrategia del turismo rural integrado en España. En: MAPA: «Supervivencia en la montaña», pp: 607-614.
- Bote Gómez, V., (1984). Instrumento de ordenación, gestión y promoción del turismo rural en España. XII Congreso del BITS. Madrid. Octubre.
- Calatrava, R.J., (1981). El uso de espacios abiertos para actividades recreativas como elemento de desarrollo en zonas de montaña: consideraciones sobre los factores que configuran su demanda. Seminario Hispano-Francés sobre Planificación de Recursos en Zonas de Montaña. Pampaneira (Granada). Noviembre. P. 24.
- Calatrava, R.J., (1983). Análisis de potencialidad del turismo rural como elemento generador de rentas complementarias en zonas en depresión socio-económica: el caso de Las Alpujarras granadinas. Coloquio Hispano-Francés sobre espacios Rurales. Tomo II. MAPA. Pp: 305-329. Madrid.
- Calatrava, R.J., (1988). El modelo de integración de rentas como base del desarrollo en zonas de montaña: consideraciones teóricas y estratégias para su puesta a punto. Agricultura y Sociedad, 47, Abril-Junio, pp: 55-81.
- Calatrava, R.J., (1993). El turismo rural como recurso endógeno en el desarrollo local: consideraciones teóricas y comentarios sobre Las Alpujarras Altas Occidentales. En: Desarrollo Rural: ejemplos europeos. MAPA. IRYDA, pp: 67-91.
- Calatrava, R.J. (2001). Agricultura y turismo en el medio rural: aspectos conceptuales y algunas reflexines sobre su integración. En: Buendía Azorín, J.D.; Colino Sueiras, J. (Edrs), Turismo y Medio Ambiente, Biblioteca Civitas Economía y Empresa. Colección Economía. Estudios y Monografías, pp: 133-158.
- Calatrava, J.; Sayadi, S., (2003). Milk production systems in rural development: the case of goat cheese making at the Eastern Alpujarras. En: Sustainable Dairy Sector in the Mediterranean. EAAP Publication nº 99, 34-43. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands (UK).
- Calatrava, R., J.; Sayadi, S., (2006). The role of livestock typical Mediterranean products in sustainable rural development: the case of small ruminant herding in less favoured mountainous areas of South-eastern Spain. En: Animal Production from the Mediterranean. EAAP Publication nº 119, 27-39.Wageningen Academic Publishers. The Netherlands (UK).
- Calatrava, R. J.; Sayadi, S. (2010). El agua en el desarrollo rural: Su incidencia en el valor del paisaje en la montaña Mediterránea. En: Guzmán Álvarez JR, Navarro Cerrillo R M (Coords). El agua domesticada: los paisajes de los regadíos de montaña en Andalucía: 491–501. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Cánoves, G.; Herrera, L.; Blanco, A. (2005). Turismo rural en España: un análisis de la evolución en el contexto europeo. Cuadernos de Geografía, 77, pp: 041; 058.
- Carmona-Torres, C.; Parra-López, C.; Hinojosa-Rodríguez, A.; Sayadi, S. (2014). Farm-level multifunctionality associated with farming techniques in olive growing: An integrated 360nálisis360 approach. Agricultural Systems, 127, pp: 97-114.
- Carpio, C.;Wohlgenant, M.; Boonsaeng, T. (2008). The demand for agritourism in the United States. Journal of Agricultural and Resource Economics, 33(2), pp: 254-269.

- Castillo, M.E.; Sayadi, S.; Ceña, F., (2008). El valor del uso recreativo del parque natural Sierra de María-Los Vélez (Almería). Economía Agraria y Recursos Naturales, 8, nº 2, pp: 49-72.
- Comisión Europea. (2013). EAFRD support for sustainable rural tourism 2014; 2020. Recuperado de: https://www.euromontana.org/wp-content/uploads/2014/08/2013_12_20_tourism_eafrd_2014.pdf
- Dubeuf, J. P.; Sayadi, S., (2014). Multi-functionality issues for small ruminants: What changes are needed in territorial public policies and training?. Small Ruminant Research, 121, 136-145.
- Euromontana. (2011). European Association of Mountain Areas. Background paper on sustainable mountain tourism. Recuperado de: https://www.euromontana.org/wp-content/uploads/2014/07/2011_09_EM_backgroundpaper_Iverness.pdf. p. 37.
- Gil Arroyo, C.; Barbieri, C.; Rozier Rich, S.; (2013). Defining agritourism: A comparative study of stakeholders' perceptions in Missouri and North Carolina. Tourism Management, 37, pp: 39-47.
- Gómez-Limón, J.A.; Gómez-Ramosa, A. (2007). Opinión pública sobre la multifuncionalidad del regadío: el caso de Castilla y León . Economía Agraria y Recursos Naturales, 7, 13, pp: 3-25.
- INE. (2016). Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA). Recuperado de: https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/index2.htm.
- MAPAMA. 2017. 361nálisis361o de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medioambiente. Análisis y prospectiva. Serie Medio Ambiente. El turismo de naturaleza en España. Publicaciones de la SGAPC. Número 9; julio 2017. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/361nálisis-y-prospectiva/seriemedioambienten9_turismodenaturalezaenespana_tcm7-464178.pdf
- Marchena, M. (Coord). (1992). Ocio y Turismo en los Parques Naturales andaluces. Dirección General de Turismo de la Junta de Andalucía.
- McGehee, N. (2007). An agritourism systems model: a Weberian perspective. Journal of Sustainable Tourism, 15(2), pp: 111-124.
- Moran, D.; McVittie, A.; Sayadi, S.; Parra-López, C. (2010). The demand for rural amenity in the EU: recent progress. En: Oskam A, Meester G, van de Kop P (Eds.). EU Policy for Agriculture, Food and Rural Areas, pp: 325;336.
- Pearce, D.; Turner, K. (1995). Economía de los recursos naturales y del medio ambiente. Colegio de Economistas de Madrid. Celeste Ediciones. España.
- Phillip, S.; Hunter, C.; Blackstock, K. (2010). A typology for defining agritourism. Tourism Management, 31, pp: 754-758.
- Salazar-Ordóñez, M.; Sayadi, S.; Vázquez-Cueto, M.J. (2010). Opiniones y demandas de la sociedad andaluza hacia la agricultura y la política agraria común: calidad alimentaria, medioambiente y desarrollo rural. Analistas Económicos de Andalucía, 125 p.
- Salazar-Ordóñez, M.; Sayadi. S. (2011). Environmental care in agriculture: a social perspective. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 24, pp: 243-258.
- Salazar-Ordóñez, M.; Rodriguez-Entrena, M.; Sayadi, S., (2013). Agricultural Sustainability from a Societal View: An Analysis of Southern Spanish Citizens. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 26, 2, pp: 473-490.
- Sayadi, S., (1998). Análisis de la potencialidad de los sistemas agrarios en el desarrollo local de zonas rurales: el caso de La Alta Alpujarra Oriental. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba. Tome I y II 655 p.
- Sayadi, S. (2008). Externalités environnementales des systèmes agraires dans le Sud de la Méditerranée : Le cas de l'agriculture de montagne du sud-est espagnol. En : Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID) (Eds) : Systèmes agroforestiers comme technique pour la gestion durable du territoire, pp : 111-128. Madrid (España).
- Sayadi, S. (2009a). Non trade amenities for sustainable management of Mediterranean Rural Areas: The environmental goods of traditional mountainous agrarian system in South-eastern of Spain. En: Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID) (Eds): Agroforestry systems as a technique for sustainable land management, 131-144. Madrid (España).
- Sayadi, S. (2009b). Social demand for the aesthetic externality of rural landscape: Monetary and non monetary valuation for sustainable agri-environmental policies design in Mediterranean rural areas. En: Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID) (Eds): Agroforestry systems as a technique for sustainable land management, pp: 145-162. Madrid (España).
- Sayadi, S., (2012). The multifunctionality of goat farming for territories: challenges for livestock sustainable territorial development. XI International Conference on Goats. Territorial issues for the development of goat farming including mountainous and insular environments. Las Palmas de Gran Canarias. 23 – 27 Septiembre.
- Sayadi, S.; Calatrava, J., (2001ª). Agroturismo y desarrollo rural: situación actual, potencial y estrategias en zonas de montaña del sureste español. Cuadernos de Turismo, 7, pp: 131-157.
- Sayadi, S., Calatrava, J. (2001b). Análisis funcional de los sistemas agrarios para el desarrollo sostenible. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Serie Estudios 148, Secretaría General Técnica. Madrid (España) 336 p.
- Sayadi, S.; González-Roa, M.C.; Calatrava, J. (2004). Estudio de preferencias por elementos agrarios en el paisaje mediante el método de análisis conjunto y análisis contingente: el caso de La Alpujarra granadina. Economía Agraria y Recursos Naturales 4(7), pp: 135-151.

- Sayadi, S.; Parra-López, C. (2009). (Eds). Multifuncionalidad agraria, desarrollo rural y políticas públicas: Nuevos desafíos para la agricultura. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 165 p.
- Sayadi, S.; Gonzalez-Roa, M.C.; Calatrava, J. (2005). Ranking versus scale rating in Conjoint Analysis: evaluating landscapes in mountainous regions in southeastern Spain. Ecological Economics, 55, pp: 539- 550.
- Sayadi, S.; González-Roa, M.C., Calatrava, J. (2009). Public preference for landscape features: the case of agricultural landscape in mountainous Mediterranean areas. Land Use Policy, 26, pp: 334-344.
- Sayadi, S.; López-Moreno, J., Calatrava, J., (2013). The landscape function of mango fruit orchards: analysis of landscape social demand on the Spanish Costa del Sol. Acta Horticulturae, 992, pp: 225-232. International Society of Horticultural Science (ISHS).
- Srivastava, S. (2016). Agritourism as a Strategy for the Development of Rural Areas: Case Study of Dungrajya Village, Southeast Rajasthan, India Quest Journals. Journal of Research in Humanities and Social Science, 4, Issue 7, pp: 104-108.
- Vera-Toscano, E.; Gómez-Limón, J.A.; Moyano Estrada, E.; Garrido, F.. Individuals' Opinion on Agricultural Multifunctionality Performance. Spanish Journal of Agricultural Research, 5(3), pp: 271-284.
- Villanueva, A.J.; Gómez-Limón, J.A.; Rodríguez-Entrena, M. (2017). Valoración de la oferta de bienes públicos por parte de los sistemas agrarios: el caso del olivar de montaña en Andalucía. Economía Agraria y Recursos Naturales, 17(1), pp: 25-57.
- Yrjölä, T.; Kola, J. (2004). Consumer preferences regarding multifunctional agriculture. Food and Agribusiness Manage 7(1), pp: 78-90.

C O M U N I C A C I O N E S

6. Historia, paisaje y patrimonio cultural

- Naturaleza y cultura en la valoración moderna de la Sierra de Guadarrama
- Caracterización y evolución del paisaje en los humedales y turberas de Padul (Parque Natural de Sierra Nevada, Granada)
- Un daguerrotipo de 1847: La primera imagen fotográfica de Sierra Nevada (Granada, España)
- Patrimonio cultural, histórico y natural de las Fuentes del Montseny
- Naturaleza, cultura, paisaje y sociedad histórica en las montañas vascas.
- Revisión de la investigación histórico-médica en torno a la cultura material de la tradición Ayurveda desde la perspectiva del pluralismo terapéutico contemporáneo
- Itinerarios poéticos por Sierra Nevada (Granada, España): Sulayr, los caminos y los pinceles de la luz.
- Arquitectura vernácula de montaña: innovación versus preservación.

NATURALEZA Y CULTURA EN LA VALORACIÓN MODERNA DE LA SIERRA DE GUADARRAMA

NICOLÁS ORTEGA CANTERO
nicolas.ortega@uam.es
Universidad Autónoma de Madrid

RESUMEN

Los principales protagonistas del descubrimiento moderno de la Sierra de Guadarrama fueron Francisco Giner de los Ríos (1839-1915) y, prolongando su visión inicial, el círculo intelectual y científico de la Institución Libre de Enseñanza, fundada en 1876. La imagen de la Sierra de Guadarrama ofrecida por Giner en su artículo «Paisaje» (1886) fue la primera expresión del modo moderno de entender y valorar su paisaje, que influyó después en diversas visiones científicas, artísticas y excursionistas de ese mismo ámbito montañoso. Este escrito se dedica a exponer y comentar las claves de ese descubrimiento moderno, de cuño institucionista, de la Sierra de Guadarrama.

Palabras clave: Francisco Giner, Institución Libre de Enseñanza, paisajismo geográfico moderno, Sierra de Guadarrama.

ABSTRACT

The main protagonists of the modern discovery of the Sierra de Guadarrama were Francisco Giner de los Ríos (1849-1915) and, extending his initial vision, the intellectual and scientific circle of the Institución Libre de Enseñanza, founded in 1876. The image of the Sierra de Guadarrama offered by Giner in his article «Paisaje» (1886) was the first expression of the modern way of understanding and valuing its landscape, which later influenced diverse scientific, artistic and excursionist visions of that same mountainous area. This article is dedicated to exposing and commenting on the keys of this modern discovery of the Sierra de Guadarrama, linked to the Institución Libre de Enseñanza.

Keywords: *Francisco Giner, Institución Libre de Enseñanza, modern geographic vision of the landscape, Sierra de Guadarrama.*

1. Introducción

La Sierra de Guadarrama es un ámbito geográfico valioso desde diferentes puntos de vista. No lo es sólo por sus características naturales y humanas, por sus componentes geológicos, geomorfológicos y botánicos, por los paisajes en los que se expresan las claves de su organización natural e histórica; lo es igualmente, y no en menor grado, por las cualidades y los significados culturales que ha adquirido en los tiempos modernos. El descubrimiento moderno de la Sierra de Guadarrama no ha sido un mero resultado científico, obra de naturalistas y geógrafos. Ha sido también la consecuencia de una mirada cultural original y penetrante, conectada con algunos de los movimientos intelectuales y artísticos más fecundos, que vio en ella destacadas cualidades estéticas y morales, y la elevó a la categoría de símbolo de la propia historia y de la propia identidad nacional. Y todo ello ha proporcionado a la Sierra de Guadarrama una gran densidad cultural, un alto valor estético, moral y simbólico. Se trata de una realidad natural, pero también de una «elaboración» cultural, o, si se prefiere, de una «invención» cultural, resultado del «descubrimiento» de un conjunto de valores y significados asociados a su realidad natural.

2. La visión institucionista de la Sierra de Guadarrama

La visión moderna de la Sierra de Guadarrama se inició en el siglo XIX. No hubo con anterioridad sentimientos de simpatía hacia ella (como no los hubo, en general, hacia las montañas), sino, por el contrario, sentimientos de indiferencia, de desagrado o de temor. Se veía la Sierra como un ámbito hosco y hostil, lleno de peligros y amenazas, y la ciudad de Madrid vivía de espaldas a esa montaña cercana, a la que se consideraba causa de incomodidades y enfermedades. Se repetía a menudo que de allí venían los vientos helados que causaban frecuentes pulmonías a la población madrileña, haciendo peligrar su salud y aun su vida. La llegada del romanticismo modificó esa situación. Cambió, en general, la percepción y la valoración del paisaje español (sobre todo del paisaje de montaña), y cambió también, en consonancia, la percepción y la valoración de la Sierra de Guadarrama. Entonces comenzó a surgir una nueva forma de ver la Sierra y una nueva forma de valorar sus cualidades estéticas. Los viajeros extranjeros desempeñaron un papel muy destacado en la introducción de esos nuevos modos de ver y valorar la Sierra de Guadarrama. Después de esas imágenes románticas de la primera mitad del siglo XIX, interesantes e innovadoras, aunque exclusivamente centradas en los aspectos estéticos, llegó, ya en la segunda mitad de ese mismo siglo, el momento de Francisco Giner y de la Institución Libre de Enseñanza, que prolongaron y ensancharon el camino abierto antes por los románticos, y culminaron el «descubrimiento» moderno del paisaje de la Sierra de Guadarrama.

La Institución Libre de Enseñanza fue fundada en Madrid, en 1876, por Francisco Giner de los Ríos (1839-1915), su principal inspirador e impulsor, y algunos otros profesores, todos ellos apartados de sus cátedras a consecuencia de la «cuestión universitaria» provocada, un año antes, por el ministro Manuel de Orovio. A lo largo de sus sesenta años de existencia, desde que se fundó hasta que tuvo que cerrar sus puertas, en 1936, la Institución fue un centro educativo en el que se llevó a cabo una profunda renovación de la enseñanza. Su labor fue, en ese terreno, muy importante y muy influyente, hasta el punto de que Juan López-Morillas (1972, 244) pudo decir que fue «el acontecimiento pedagógico de mayor resonancia en la historia de la cultura española moderna». Pero su actividad no se redujo al terreno pedagógico. La Institución Libre de Enseñanza fue un núcleo intelectual muy activo cuya presencia (e influencia) se dejó sentir con fuerza en otros ámbitos de la vida cultural y política del país. Impulsó una amplia modernización del panorama cultural de la España de su tiempo, introduciendo y desarrollando los planteamientos más actualizados de otros países. Procuró incorporar al panorama español los fundamentos de la cultura europea, y en esa línea europeizadora se inscribe la introducción y el desarrollo en España de la geografía moderna y, dentro de ella, del modo geográficamente moderno de entender el paisaje.

Era el modo de ver y valorar el paisaje que había iniciado el geógrafo Alexander von Humboldt a principios del siglo XIX, y que se caracterizaba por aunar la mirada científica y la artística, la explicación y la comprensión, la razón y el sentimiento. Humboldt recogió el legado del naturalista Saussure, el gran investigador de los Alpes, con su visión predominantemente científica, explicativa, del paisaje, pero recogió también, al tiempo, el legado de Rousseau, con su paisajismo de signo predominantemente artístico, estético y comprensivo. El paisajismo de Humboldt tuvo una influencia directa y notable en el círculo institucionista, en Francisco Giner y en la Institución Libre de Enseñanza (Ortega Cantero, N. 2012). Resulta indicativo, en este sentido, que un hermano de Francisco Giner, Bernardo, tradujese, en los años setenta, cuando se fundó la Institución, tres obras paisajísticamente fundamentales de Humboldt: *Cuadros de la Naturaleza*, *Sitios de las cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas de América*, y *Cosmos* (Humboldt, A. de 1874-1875, 1876, 1878). Esa fue precisamente la perspectiva paisajística (geográfica y de ascendencia humboldtiana) que incorporaron Giner y la Institución Libre de Enseñanza. Con ella pudieron superar los límites estéticos de las anteriores imágenes románticas y adentrarse en un modo de entender el paisaje más amplio y también más complejo, simultáneamente interesado en explicarlo y en comprenderlo. Incorporaron el

paisajismo geográfico moderno, y lo conectaron directamente con sus ideas y sus proyectos, con su horizonte intelectual, educativo y político.

La Institución Libre de Enseñanza participó activamente en lo que Inman Fox (1997, 15) definió como «la construcción de una identidad nacional española», y su modo de ver y valorar el paisaje estuvo directamente relacionado con ese horizonte patriótico o nacionalista. Para Giner y para la Institución, acercarse al paisaje era un modo de acercarse al pueblo español, a su carácter y a su historia. La consideración del paisaje ocupó así un lugar destacado en el horizonte historiográfico del círculo gineriano e institucionista, y lo ocupó también a la hora de entender y procurar descubrir, de acuerdo con ese horizonte, los rasgos característicos de la propia identidad nacional. En esas coordenadas se situó la imagen del paisaje de la Sierra de Guadarrama ofrecida por Giner y la Institución, que supuso un cierto «descubrimiento» de sus valores naturales, históricos y culturales, y que constituyó un verdadero modelo para quienes se acercaron, desde entonces, a la Sierra. Y todo ello se hizo a través del contacto directo con ese paisaje, a través de las continuas excursiones por la Sierra que realizaron desde muy pronto.

La primera de esas excursiones se hizo en 1883, a mediados de julio. La hizo un pequeño grupo de catorce personas: Francisco Giner y Manuel Bartolomé Cossío, que lo encabezaban, otros tres colaboradores de la Institución (el geólogo Salvador Calderón, que era entonces catedrático de Historia Natural del Instituto de Segovia, el biólogo José Madrid Moreno y Jerónimo Vida), y nueve alumnos, entre los que se encontraban Julián Besteiro y Pedro Blanco Suárez. Comenzaron la caminata en Villalba (que era entonces la estación de ferrocarril más próxima a la Sierra), subieron hasta el puerto de Navacerrada y, desde allí, pasando por el puerto de los Cotos, llegaron al valle del Lozoya, donde visitaron con cierto detenimiento la Cartuja del Paular, y se dirigieron finalmente, a través del puerto del Reventón, a La Granja de San Ildefonso, donde se encontraron con Joaquín María de Castellarnau, destinado allí entonces como Ingeniero de Montes de la Real Casa. El *Boletín* de la Institución publicó después, entre diciembre de 1886 y mayo de 1887, un relato pormenorizado del desarrollo de ese recorrido serrano (Excursión 1886-1887).

Esa excursión por el Guadarrama del verano de 1883 tuvo una notable importancia. Además de constituir un modelo para todo el excursionismo institucionista posterior, ofreció una muestra temprana y acabada del nuevo modo de entender el paisaje de la Sierra de Guadarrama promovido por Giner y la Institución. El relato de la excursión fue una de las primeras y más valiosas expresiones de esa nueva manera de acercarse al paisaje, y en él se encuentra la primera imagen geográficamente moderna del paisaje de la Sierra. Esa excursión desempeñó, además, un papel importante en la conformación del pensamiento paisajístico de Francisco Giner. Influyó muy directamente, como advirtió Cossío (1932, 238), en las reflexiones de su artículo titulado «Paisaje», publicado en *La Ilustración Artística*, en 1886, que es fundamental para conocer la concepción paisajística de su autor (compartida por el núcleo institucionista), y para entender su valoración de la Sierra de Guadarrama (Giner de los Ríos, F. 2004). En él ofreció Giner una imagen del paisaje de la Sierra en la que se aunaban, lo mismo que en el paisajismo geográfico moderno, la explicación y la comprensión. La explicación del paisaje era de índole naturalista, consistía en dar cuenta de sus componentes naturales y de la organización resultante de sus relaciones. Y la comprensión del paisaje era de signo cultural, intentaba captar y valorar sus cualidades y significados, sin perder nunca de vista que esas cualidades y significados, aun siendo culturales, eran inseparables del orden natural.

Esa conexión entre lo natural y lo cultural se deja ver con claridad en el artículo de Giner. Su visión de la Sierra de Guadarrama estaba directamente relacionada con las nuevas interpretaciones propuestas por los naturalistas de su tiempo. En este sentido, fue fundamental la labor del geólogo José Macpherson, profesor de la Institución Libre de Enseñanza y protagonista muy destacado del primer momento de la geología moderna en España, que se desenvolvió a lo largo de las tres décadas finales del siglo XIX. Las investigaciones de

Macpherson contribuyeron decisivamente a explicar la organización geológica de la Península Ibérica, y ofrecieron además una nueva interpretación del papel desempeñado en esa organización por la Sierra de Guadarrama. Según Macpherson, la Sierra de Guadarrama había desempeñado un papel especialmente importante en la historia geológica de la Península Ibérica. Era una montaña muy antigua, formada en los tiempos geológicos arcaicos o precámbricos, con rocas gnéisicas, y reorganizada luego durante la era primaria o paleozoica, como consecuencia de las compresiones y erupciones graníticas producidas, en la etapa carbonífera, por la orogenia herciniana. La Sierra de Guadarrama era, por tanto, el testimonio más antiguo de la larga historia geológica de la Península, «el viejo testigo de las primitivas tierras ibéricas», como dijo un geólogo de entonces (Fernández Navarro, L. 1915b, 93), y formaba parte además de la Cordillera Central, que era, en palabras de Macpherson (1883, 358), la «verdadera columna vertebral de la Península Ibérica».

La valoración geológica de Macpherson estuvo relacionada con la valoración cultural que Giner y sus compañeros de la Institución Libre de Enseñanza ofrecieron de la Sierra de Guadarrama. Hay evidentes correspondencias entre la nueva valoración naturalista de la Sierra suscrita por Macpherson, con la importancia que le atribuye en la historia geológica peninsular, y la también nueva valoración cultural del Guadarrama que proponen Giner y sus colaboradores de la Institución, con la importancia que le atribuyen en relación con la historia de España y la conformación, a lo largo de esa historia, de la identidad nacional. La elevada significación cultural que Giner y la Institución atribuyeron a la Sierra de Guadarrama estaba directamente conectada con la importante significación natural que las interpretaciones geológicas modernas atribuyeron a ese mismo ámbito geográfico.

En su artículo de 1886, habla Giner del paisaje del Guadarrama y del paisaje llano de sus proximidades. Señala diferencias y similitudes, y se refiere a las formas montañosas del primero y a las formas llanas del segundo, al paisaje serrano y al paisaje de la cuenca sedimentaria. Habla, en suma, de la Sierra de Guadarrama y de la Meseta en la que esa Sierra se inscribe. Para caracterizar esos dos paisajes, Giner tiene en cuenta los dos componentes naturales que el paisajismo geográfico moderno consideraba fundamentales: el relieve y la vegetación. Se acerca al entendimiento de sus formas, de su fisonomía, mediante el uso sucesivo de criterios geológicos y botánicos. Las formas del relieve de la Sierra y del llano dependen de la naturaleza de los materiales geológicos y de su consiguiente comportamiento frente a los agentes erosivos. De ahí procede el primer contraste natural importante entre el paisaje de la montaña y el del llano. A ese contraste geológico se añade otro, de índole botánica, igualmente importante. Como buen paisajista moderno, sin olvidar el carácter unitario del paisaje, Giner advierte la correspondencia que existe, en cada caso, entre el relieve y la vegetación. Las diferencias geológicas entre el paisaje de la Sierra y el paisaje del llano aparecen asociadas a diferencias de vegetación no menos notables.

A la explicación naturalista sucede, en el artículo de Giner, la comprensión cultural del paisaje. La Sierra de Guadarrama forma parte de Castilla y comparte con ella, según Giner, un conjunto de cualidades características. La Sierra y el llano madrileño que se extiende junto a ella son paisajes distintos, con notables contrastes en sus formas naturales, pero ambos comparten, por su común pertenencia al paisaje castellano, un conjunto de significativas cualidades estéticas y morales. Giner trazó en su artículo de 1886 una imagen verdaderamente modélica de esas cualidades de la Sierra de Guadarrama, y del significado cultural a ellas asociado, tras referirse al contraste natural entre la montaña y el llano:

«Suaviza, sin embargo, este contraste ;escribe Giner- una nota fundamental de toda la región, que lo mismo abraza al paisaje de la montaña que el del llano. En ambos se revela una fuerza interior tan robusta, una grandeza tan severa, aun en sus sitios más pintorescos y risueños, una nobleza, una dignidad, un señorío, como los que se advierten en el Greco o Velázquez, los dos

pintores que mejor representan este carácter y modo de ser poético de la que pudiera llamarse espina dorsal de España» (Giner de los Ríos, F. 2004, 795).

Ésta es la esencia de la imagen cultural del paisaje de la Sierra de Guadarrama ofrecida por Francisco Giner y adoptada luego por la Institución Libre de Enseñanza. Giner atribuyó a ese paisaje un conjunto de cualidades (robusta fuerza interior, severa grandeza, nobleza, dignidad, señorío, esfuerzo indomable, gravedad, austeridad, carácter y modo de ser poético) que se correspondían con las cualidades que el círculo institucionista consideraba propias, distintivas, del pueblo castellano (y español). La Sierra de Guadarrama no sólo ofrecía la más acabada muestra de las cualidades del paisaje castellano del que formaba parte, sino que, además, tales cualidades se correspondían con bastante fidelidad con las cualidades que el horizonte historiográfico de Giner y de la Institución atribuyó a Castilla (la Castilla medieval), y que, a través del protagonismo histórico castellano, contribuyeron de manera decisiva, según ese mismo horizonte, a conformar la comunidad cultural y nacional española. Esas correspondencias, esas conexiones establecidas entre las cualidades del paisaje y los rasgos característicos de la propia historia y de la identidad cultural y nacional resultante de ella, fundamentan el significado de la imagen de la Sierra de Guadarrama ofrecida por Giner (y, en general, por la Institución Libre de Enseñanza).

Hay otro aspecto en la visión del Guadarrama ofrecida por Giner que conviene recordar. Es su dimensión subjetiva, las correspondencias entre lo exterior y lo interior, entre el paisaje y la propia conciencia, que esa visión contiene. Lo cual es una de las características principales, definitorias, de todo el paisajismo moderno. Amiel (1949, 101) dijo que todo paisaje es un estado del alma, y Humboldt (1876, 210) afirmó que «el mundo físico se refleja en lo más íntimo de nuestro ser con toda su verdad viviente», y que es precisamente en esa relación, en esa «armonía», en la que «descansan los más nobles goces que la naturaleza nos ofrece». Por su parte, Giner habla también de esa relación, de esa armonía, cuando evoca en su artículo la impresión que había sentido durante un anochecer en la Sierra de Guadarrama:

«Jamás podré olvidar —escribe— una puesta de sol, que, allá en el último otoño, vi con mis compañeros y alumnos de la *Institución Libre* desde estos cerros de las Guarramillas. Castilla la Nueva nos aparecía de color de rosa; el sol, de púrpura, detrás de Siete Picos, cuya masa, fundida por igual con la de los cerros de Riofrío en el más puro tono violeta, bajo una delicada veladura blanquecina, dejaba en sombra el valle de Segovia, enteramente plano, oscuro, amoratado, como si todavía lo bañase el lago que lo cubriera en época lejana. No recuerdo haber sentido nunca una impresión de recogimiento más profunda, más grande, más solemne, más verdaderamente religiosa» (Giner de los Ríos, F. 2004, 799).

El paisaje de la Sierra de Guadarrama se convirtió así, dentro del horizonte reformista y liberal de Giner y de la Institución, en un verdadero símbolo de los valores vertebradores de la propia historia y de la consiguiente identidad nacional. Si en términos naturalistas, geológicos, Macpherson había dicho, en 1883, que la Sierra de Guadarrama formaba parte de la «columna vertebral de la Península Ibérica», poco después, en 1886, Giner la consideraba, desde el punto de vista cultural y moral, la «espina dorsal de España». La nueva valoración naturalista y la nueva valoración cultural de la Sierra de Guadarrama se dan así la mano en la visión de Giner y de la Institución. La Sierra de Guadarrama se ve como una atalaya natural y, al tiempo, como una atalaya cultural.

3. Peñalara, el valle del Lozoya, la Cartuja del Paular

Dentro de la imagen de la Sierra de Guadarrama ofrecida por Giner y la Institución Libre de Enseñanza, algunos lugares adquirieron una especial importancia. Fue el caso del macizo de Peñalara, la cumbre más elevada del Guadarrama, y, junto a él, del valle del Lozoya, ámbito central y paisajísticamente privilegiado del conjunto serrano, del que dijo Lucas Fernández

Navarro (1915a, 260), que lo recorrió y estudió detenidamente, que era «acaso el paisaje más encantador de la sierra, y sin duda uno de los más bellos de la península». Pero ese valle era un lugar muy valioso no sólo por su caracterización natural y paisajística; lo era también por encerrar en su parte alta, al pie de Peñalara, un importante testimonio histórico y artístico: la Cartuja de Santa María del Paular. De ella dijo Antonio Victory (1915, 165), que presidió la Sociedad de alpinismo Peñalara en los años 30, que era, «en el fondo del más hermoso valle del Guadarrama», «la joya» de la Sierra.

El valle del Lozoya ofrecía una asociación particularmente valiosa de componentes naturales e históricos. Allí estaba, por una parte, la montaña de Peñalara, que era no sólo la mayor elevación de la Sierra, sino también, de acuerdo con la nueva interpretación de Macpherson, el elemento principal de su larga historia y de toda su organización geológica. Peñalara habría sido desde el principio de los tiempos geológicos una especie de fortaleza capaz de resistir los empujes y las tensiones de los movimientos orogénicos posteriores, y habría presidido en todo momento la organización gradual de la Sierra de Guadarrama. Y a ese alta valoración natural, geológica, se añadió otra de signo cultural y simbólico, que hizo de Peñalara la más alta expresión de las cualidades y los valores de la Sierra de Guadarrama (y del paisaje castellano del que forma parte). Lo dijo el poeta y excursionista Enrique de Mesa en 1910, en las páginas iniciales de sus *Andanzas Serranas*: desde la cumbre de aquella montaña, de «arrogante cabeza» y «hombros hercúleos», adornada por «regio manto de pinos», podía entenderse mejor el significado histórico de las dos Castillas, la vieja y la nueva, respectivamente vinculadas a las figuras arquetípicas del Cid y de Don Quijote (Mesa, E. de 1910, 9-10).

El valle del Lozoya, siempre asociado a Peñalara, fue igualmente objeto de una alta valoración natural y cultural. Desde el punto de vista natural, era, como Peñalara, un elemento muy antiguo, y había desempeñado también un papel destacado en la evolución geológica de la Sierra. A ese valor se sumaba el interés de su vegetación y de las especiales condiciones naturales que resultan de su forma y de su situación en el centro de la Sierra, rodeado casi por completo por altas elevaciones montañosas, flanqueado en su cabecera por Peñalara y la Cuerda Larga. En términos geológicos, botánicos y paisajísticos, era el valle más valioso de toda la Sierra de Guadarrama. Y, por si todo eso no fuera bastante, contaba además con la Cartuja del Paular, cuyo indudable valor histórico y artístico se mostraba indisociablemente unido a las cualidades naturales de su paisaje.

La Cartuja estaba en la cabecera del valle del Lozoya, y aparecía además asociada al bastión de Peñalara, y esa conexión (natural, visual y también simbólica) con la montaña más elevada (y más valorada) de la Sierra constituirá uno de sus rasgos más apreciados. Como se dijo de manera bastante gráfica en la revistas *Aire Libre*, el monasterio estaba «como empotrado en el corazón de la Peñalara» (Alumbreros, B. 1924). Las imágenes de la Cartuja vista desde su huerta, con Peñalara detrás, se repitieron una y otra vez en libros y revistas, traduciendo la singular fusión de lo natural y lo histórico y artístico que fundamentaba la muy alta valoración del lugar. Constancio Bernaldo de Quirós (1964, 182) lo dijo en términos elocuentes: aquel «magnífico» valle del Lozoya, «señoreado por Peñalara» y «decorado, además, con la romántica Cartuja de Santa María del Paular», ofrecía una «asociación feliz del Arte con la Naturaleza».

Francisco Giner y sus colaboradores y discípulos de la Institución Libre de Enseñanza manifestaron siempre una marcada predilección por el valle del Lozoya, por su Cartuja del Paular, y por Peñalara. Giner ascendió a la cumbre de Peñalara en varias ocasiones, y de algunas de ellas quedan testimonios escritos interesantes. Y las preferencias de los institucionistas se dirigieron precisamente hacia el valle del Lozoya, donde admiraban la singular conexión de naturaleza y arte que se daba en su paisaje. Allí llegaron por vez primera en la excursión del verano de 1883. Entraron por el puerto del Paular o de los Cotos, descansaron cerca del río, junto a la Casa de la Horca, visitaron la Cartuja, se alojaron en una

posada de Rascafría, y salieron, camino de La Granja, por el puerto del Reventón. Bernaldo de Quirós, buen conocedor del Guadarrama y de su historia, afirmó sin dudarlo que esa excursión había supuesto «nada menos que el descubrimiento del Valle del Lozoya y el Paular» (Bernaldo de Quirós, C. 1921, 62).

No es exagerado decir que la Cartuja del Paular fue un descubrimiento de la Institución Libre de Enseñanza. A ese círculo se debe la primera valoración moderna de la Cartuja, la primera imagen que, además de describirla, se adentra con criterio moderno en su significado histórico y artístico. Antes de ese descubrimiento institucionista, la proyección cultural de la Cartuja del Paular había sido muy modesta. Su situación en el fondo del valle del Lozoya, casi enteramente rodeada por elevadas alineaciones montañosas no fáciles de atravesar, la mantuvo al margen de los itinerarios habitualmente seguidos por viajeros y curiosos. El aislamiento de ese valle fue un hecho decisivo hasta bien entrado el siglo XX, cuando se construyeron las carreteras de acceso por el puerto del Paular o de los Cotos, desde el puerto de Navacerrada, y por el puerto de la Morcuera, desde Miraflores de la Sierra.

El descubrimiento institucionista de la Cartuja del Paular se produjo durante esa excursión del verano de 1883. Lo protagonizaron Giner y Cossío, y lo apoyaron no sólo en sus conocimientos históricos y artísticos, que no eran pocos, sino también, al tiempo, en otro aspecto de indudable importancia: su perspectiva historiográfica y su interpretación de la historia de España. Ambos compartían la idea, conectada con los planteamientos de Herder y Krause, de que la verdadera historia —es decir, la historia interna o intrahistoria— debía ocuparse ante todo de buscar el carácter nacional, la psicología de los pueblos, y de que ese carácter o psicología se expresaba principalmente a través de las creaciones artísticas y literarias.

En conexión con esa postura historiográfica, Giner y Cossío compartían una interpretación de la historia de España en la que se atribuía a Castilla, a la Castilla medieval, el protagonismo en la formación de la nación española, y en la que se consideraba además que su decadencia posterior se debió sobre todo a la pérdida de los valores colectivos fraguados en Castilla. La clave de la interpretación institucionista de la historia de España es la gran importancia que se concede al momento medieval y al papel nacionalmente vertebrador desempeñado en ese tiempo por Castilla. Fue entonces, en ese momento y bajo la dirección de Castilla, cuando se conformó, según esa interpretación, el carácter nacional, la psicología del pueblo español, y la historia posterior se fue alejando de esos sólidos fundamentos y, al hacerlo, se fue adentrando en una decadencia cada vez más patente.

El descubrimiento institucionista de la Cartuja del Paular se plasmó por escrito en el relato de la excursión del verano de 1883. El texto contiene una parte relativamente extensa dedicada a ella. Además de describir y comentar con buen criterio los aspectos arquitectónicos y artísticos del edificio, destacando sus elementos más valiosos (entre los que se contaba el retablo de alabastro, del que ofrecen una nueva interpretación que se aleja de la mantenida hasta entonces por eruditos y viajeros), se refieren —y ésta es sin duda su aportación más importante— al lugar que ocupa la Cartuja en la historia del arte español, a su inserción en la tradición artística nacional. La observación atenta y la interpretación razonada y crítica de la Cartuja les permiten concluir que representa un eslabón significativo en la historia del arte castellano y español, ya que constituye un testimonio valioso de la caracterización del arte castellano bajomedieval, incluyendo su transición final entre lo gótico y lo renacentista, y, por tanto, un testimonio igualmente valioso de la sociedad de la que ese arte procede.

La Cartuja del Paular, fundada a finales del siglo XIV, construida durante la primera mitad del XV y remodelada al finalizar ese siglo, es un testimonio de las notas características del arte castellano de su tiempo, de la Castilla de los Trastámaras, y esas notas expresan, de acuerdo con el horizonte historiográfico institucionista, el carácter colectivo, la psicología del pueblo, o, como decía Cossío, «los rasgos distintivos y peculiares del genio del país». En esas

coordenadas se sitúa la valoración institucionista de la Cartuja del Paular, que remite así al recuerdo —a la memoria— de la Castilla medieval en la que se conformaron los rasgos propios del carácter nacional.

Esta valoración en clave histórica y nacional de la Cartuja del Paular arraigó con fuerza en los ambientes intelectuales y políticos de los últimos decenios del siglo XIX y los primeros del XX. La idea de que la Cartuja era un testimonio y un símbolo de la historia nacional y de la identidad colectiva resultante de ella obtuvo una aceptación bastante generalizada en esos círculos. Un buen ejemplo de ello es lo que escribió, a mediados de los años diez, Francisco F. Villegas, en su libro-guía sobre *La Cartuja del Paular*: «En estos libros de piedra —decía— van quedando estampados, con caracteres indelebles, los rasgos más salientes de la vida de las naciones.» Y en la Cartuja podía el visitante acercarse a «las etapas que ha recorrido el carácter español desde el siglo XV hasta los últimos años del siglo XVIII» (Villegas, F. 1915, 73-74).

Pero esa valoración se vio además matizada por la consideración de lo sucedido en la Cartuja después de sus comienzos medievales. La Cartuja se había visto afectada, a mediados del siglo XVIII, por el terremoto de Lisboa, y después, en la primera mitad del XIX, fue desamortizada y vendida, tras sacar de ella el archivo, la biblioteca y los cuadros de Carducho del claustro. No mucho después, a mediados de los años setenta, el Estado adquirió de nuevo su parte monumental, ante la incapacidad del propietario para conservarla adecuadamente, y fue declarada «monumento nacional histórico-artístico», lo que no evitó el progresivo deterioro que estaba afectándola desde su desamortización. Por último, ya a principios del siglo XX, un rayo causó el incendio de la torre de la iglesia, que quedó así mocha, sin chapitel, hasta los años treinta, acentuando su imagen de abandono y decadencia.

La Cartuja que visitaron los excursionistas del verano de 1883 había sido ya declarada monumento nacional, pero su estado de conservación era lamentable. Vieron en ella no sólo un lugar con un alto significado testimonial y simbólico, relacionado con su procedencia medieval, sino también una clara muestra de la decadencia posterior de los valores asociados a ese significado, los valores propios del carácter nacional. Lo cual no hacía sino confirmar algo que el reformismo de la época denunció con frecuencia: la incapacidad de los políticos en el poder para dar respuestas adecuadas a los verdaderos problemas del país. La Cartuja del Paular se vio desde entonces como un símbolo de lo mejor del pasado y de lo peor del presente—es decir, del auge y de la decadencia— de la historia de España.

En la valoración gineriana e institucionista de la Cartuja del Paular hay algunos aspectos originales e interesantes. Se trata, ante todo, de una valoración que se resuelve en términos históricos y artísticos, sin acudir a referencias de índole religiosa. Atiende a su caracterización artística y a su significado histórico, pero no se interesa por la dimensión propiamente religiosa del lugar. Incluso cuando se hace algún comentario sobre su comunidad de cartujos o sobre su vida monacal, suele centrase en la presencia en ellas de cualidades —austeridad o sobriedad, por ejemplo— que se acercan a las que se atribuyen a la sociedad castellana y medieval de su tiempo, pilares del carácter nacional, sin adentrarse en el terreno de su sentido religioso. En consonancia con los planteamientos ideológicos e historiográficos del círculo institucionista, la valoración de la Cartuja del Paular se centra en sus significados históricos y artísticos, los significados que tienen que ver directamente con la interpretación de la historia de España y de la formación de la identidad nacional que suscriben, y deja de lado otros elementos que, como los religiosos, no desempeñan ningún papel relevante en ese horizonte interpretativo.

Otro aspecto interesante de este asunto es la relación que mantiene esta valoración de la Cartuja del Paular con las que se refieren a otros lugares monumentales de la Sierra de Guadarrama. Es éste un aspecto significativo, directamente conectado también con la interpretación histórica y las preferencias estéticas y paisajísticas del círculo institucionista. La Cartuja del Paular se sitúa en esas valoraciones por delante de otros lugares tan notorios como

el Monasterio de El Escorial y el Palacio de La Granja de San Ildefonso. No cabe olvidar, en este sentido, que la Cartuja remitía —del mismo modo que lo hacía el castillo de Manzanares el Real, también del siglo XV, del tiempo de los Trastámaras— a la entidad castellana y medieval de la Sierra de Guadarrama, a la Sierra de «cuño caballeresco y castellano» de la que habló Unamuno, antes del momento en que, «vencida ya la caballería castellana», llegó El Escorial a la Sierra, con su «sello imperial, español, herreriano, rígido, majestuoso y monástico» (Unamuno, M. de 1966, 594).

Son, por tanto, dos mundos diferentes —el castellano y caballeresco, por un lado, el español e imperial, por otro— y las preferencias de los institucionistas, tanto en términos históricos como estéticos, se inclinaban decididamente hacia el primero. Lo mismo, aunque de forma más exagerada, ocurría respecto del Palacio de La Granja. Los institucionistas y sus seguidores contrapusieron en este caso su declarada simpatía por la Cartuja a su decidida animadversión hacia lo que La Granja significaba en términos históricos y artísticos. Uno de los excursionistas del verano de 1883, José Madrid Moreno, escribió frases como ésta: «El Palacio es de estilo francés, construido en tiempos de Felipe V, de muy mal gusto, abundando los muebles de estilo neoclásico, churrigueresco y moderno» (Madrid Moreno, J. 1931, 219).

De ese modo se conformó la valoración institucionista de la Cartuja del Paular. Se apreciaron sus altas cualidades naturales, artísticas e históricas, pero también, al tiempo, su significado simbólico. Giner y sus colaboradores de la Institución vieron la Cartuja como un testimonio de la historia de España y como un símbolo de los valores característicos de la identidad nacional surgida de esa trayectoria histórica. El poeta Enrique de Mesa ofreció, en los años diez, una interesante prolongación de la imagen gineriana e institucionista de la Cartuja del Paular, que contribuyó a enriquecer su significado cultural, histórico y moral. Mesa publicó, en 1916, *El silencio de la Cartuja*, libro de poemas en el que, al tiempo que se interesaba por los valores naturales de aquel paisaje, se detenía en la consideración de la historia de la Cartuja del Paular, en la que vio un símbolo de la historia de España (Mesa, 1916). La Cartuja tuvo, como España, momentos de esplendor, momentos asociados a la Castilla medieval de los Trastámaras, momentos simbólicamente representados, en la visión de Mesa, por la figura arquetípica de Álvaro de Luna, el valido de Juan II, y tuvo después, al igual que España, momentos de crisis y de postración, largos momentos de decadencia, que Mesa conecta, también simbólicamente, con la decapitación del propio Álvaro de Luna. Y la torre de la iglesia, la torre entonces mocha de la Cartuja, se convierte en un doble símbolo de la caída de los valores castellanos del pasado, los valores que fundamentaban, en opinión de Mesa y de muchos otros, el carácter del pueblo español, los rasgos propios y distintivos de su historia interna, decapitados en la figura de Álvaro de Luna, y de la situación posterior de la decaída España, que parecía haber sido también, al igual que éste, decapitada.

4. La protección del paisaje del Guadarrama

Se puede decir, en resumen, que Francisco Giner y la Institución Libre de Enseñanza fueron los responsables principales del descubrimiento moderno del paisaje de la Sierra de Guadarrama, incluyendo, dentro de él, la Cartuja del Paular. Y su modo de ver y valorar ese paisaje tuvo una influencia considerable en diversas manifestaciones culturales, excursionistas y científicas posteriores. Influyó directamente, por ejemplo, en los pintores y escritores de la generación del 98, y también en los planteamientos de las sociedades de excursiones y alpinismo que se organizaron en Madrid a principios del siglo XX, y, muy especialmente, en la Sociedad de alpinismo Peñalara, fundada en octubre de 1913 y presidida inicialmente por Constancio Bernaldo de Quirós, discípulo de Francisco Giner, que fue la más cercana al horizonte de la Institución Libre de Enseñanza. E igualmente influyó, por añadir un último ejemplo, en la dedicación guadarramista de los estudiosos de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, creada en enero de 1907, en cuyo seno se llevaron a cabo, entre otras, importantes investigaciones sobre la Sierra de naturalistas como Lucas Fernández

Navarro, Hugo Obermaier, Juan Carandell e Ignacio Bolívar, que prolongaron la trayectoria iniciada con anterioridad por la Sociedad para el estudio del Guadarrama, fundada en el seno de la Institución en 1886.

También se dejó sentir la influencia institucionista en la declaración, en los años treinta, del interés nacional de algunos de los lugares más valiosos de la Sierra de Guadarrama. La Sociedad Peñalara solicitó que fuesen declarados «sitios de interés nacional» tres lugares muy significados de la Sierra de Guadarrama: la Pedriza de Manzanares, en el término de Manzanares el Real, el pinar de la Acebeda, perteneciente a San Ildefonso, en la provincia de Segovia, y la cumbre, el circo y las lagunas de Peñalara, en el término de Rascafría. Una Real orden del Ministerio de Fomento, del 30 de septiembre de 1930, declaró «sitios naturales de interés nacional» esos tres parajes, en los que se hallaban los tres componentes principales —roquedo, vegetación y cumbres— del paisaje de la Sierra de Guadarrama. Las ideas, las valoraciones y las propuestas de ese texto legal se hallaban conectadas con los planteamientos de la Sociedad Peñalara y, al tiempo, yendo un poco más lejos, con la visión naturalista y cultural de la Sierra de Guadarrama promovida, desde los últimos decenios del siglo anterior, por el círculo gineriano e institucionista. El preámbulo de la Real orden contiene una descripción sucinta y muy expresiva de los tres lugares declarados sitios naturales de interés nacional, y recuerda además, de paso, la labor que había desarrollado en su tiempo Giner en favor del acercamiento al paisaje del Guadarrama.

«Estos tres lugares;decía la Real orden de septiembre de 1930, declarándolos sitios naturales de interés nacional- son: *La Pedriza del Manzanares*, notable por la singular belleza de su agreste roquedo granítico, en el que destacan los abruptos y casi inaccesibles riscos de los Pinganillos, de curiosas formas; la ingente mole culminante de la Peña del Yelmo, y el enorme Canto del Tolmo, situado en medio de plácida pradería, al pie del que brota clara fuente, y en el que los discípulos y admiradores del ilustre pedagogo Francisco Giner colocaron, hace bastantes años, una lápida en memoria del gran promovedor del amor al campo y a la naturaleza, afición ya por ventura en vías de gran desarrollo. Es el segundo paraje el denominado *Pinar de la Acebeda*, donde la vegetación se manifiesta con máximo esplendor, el bosque más exuberante y frondoso, en el que crecen los acebos, de verdes y elegantes hojas lustrosas, y en donde los claros del pinar muestran pradería más placentera por su amenidad y hermosura. Es el tercer lugar el de la *Cumbre, con el circo y lagunas de Peñalara*, cúspide de fácil acceso, en la cual la montaña alcanza su máxima culminación, de 2.430 metros de altitud, y desde donde la vista se extiende por el amplio panorama de las anchas Castillas. Al pie de la cúspide se muestra el abrupto circo rocoso, abierto por los accidentes geológicos y excavado por la acción de los glaciares de los tiempos anteriores a la Historia, lugar embellecido por las plácidas lagunas, de límpidas aguas, de los Pájaros y de Peñalara» (Real orden 1931, 11-12).

En esa misma Real orden de septiembre de 1930 se incluía además la declaración de «monumento natural de interés nacional» en favor de la Peña del Arcipreste de Hita, a propuesta, en este caso, de la Real Academia Española, que estaba presidida por Ramón Menéndez Pidal. Era un risco cercano al puerto de Guadarrama o alto del León, donde se quería recordar, seis siglos después de la aparición de su *Libro de Buen Amor*, la figura y los recorridos por la Sierra del Arcipreste de Hita.

5. Homenaje a los descubridores modernos de la Sierra

Y, para terminar, conviene recordar otra iniciativa merecedora de atención: la plasmación en la propia Sierra del recuerdo de los institucionistas que protagonizaron, como hemos visto, el descubrimiento moderno de las cualidades y los valores de su paisaje. La Sociedad Peñalara colocó en el Canto del Tolmo de la Pedriza, en junio de 1915, una lápida de mármol dedicada «A la memoria de D. Francisco Giner de los Ríos», poco después de su muerte, que se produjo en febrero de ese mismo año, con el deseo, declarado por Bernaldo de Quirós, de que su

recuerdo avivase «la virtud de entender y practicar el amor a las montañas con la elevación y la dignidad que él personalmente sabía y quería comunicarnos, como homenaje e imitación de las cumbres silenciosas y fuertes» (Peñalara 1915, 83). Casi un año después, en mayo de 1916, la misma Sociedad Peñalara inauguró su primer refugio serrano, en la Umbría Calderón de la Pedriza, con el nombre de Giner de los Ríos.

Posteriormente, en junio de 1932, se inauguró, cerca del puerto de Navacerrada, la «Fuente de los Geólogos», obra del arquitecto Julián Delgado Úbeda, levantada por la Comisaría de Parques Nacionales, en la que se homenajeaba conjuntamente al Ingeniero de Minas Casiano de Prado, autor de la *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*, de 1864, y a los geólogos e institucionistas José Macpherson, Salvador Calderón y Francisco Quiroga, quienes, como dijo Eduardo Hernández-Pacheco (1933, 33), «fueron los primeros hombres de ciencia que estudiaron en el siglo XIX la geología española y en especial describieron geográfica y geológicamente la Sierra de Guadarrama y sintieron profundamente el amor por la naturaleza y el paisaje». Y, unos meses después, en octubre de 1932, se inauguraba, en el puerto de la Morcuera, la «Fuente Cossío», promovida por la Diputación Provincial de Madrid. Quedó materializado y concretado así, en el seno de la montaña que admiraron, estudiaron y frecuentaron, el homenaje a la memoria de quienes contribuyeron de forma destacada a hacer posible el descubrimiento moderno de la Sierra de Guadarrama, a quienes más hicieron por desentrañar y dar a conocer la significación natural y cultural de su paisaje.

6. Conclusión

En relación con todo lo expuesto hasta aquí, cabe decir, a modo de conclusión, que la Institución Libre de Enseñanza desempeñó el papel principal en el descubrimiento moderno de la Sierra de Guadarrama, y, dentro de ella, la labor de Francisco Giner ocupó un lugar muy destacado. Tanto a la hora de entender con criterio moderno el paisaje del Guadarrama, como a la hora de valorar, también con criterio moderno, sus componentes naturales e históricos más notables, las experiencias y las ideas de Francisco Giner fueron verdaderamente decisivas. Por su contenido y por su alcance, la imagen de la Sierra de Guadarrama ofrecida por Giner fue la primera expresión completa y acabada del modo moderno de entender y valorar ese paisaje, expresión muy influyente no solo dentro del círculo institucionista, sino también entre quienes se interesaron después por ese mismo paisaje en diversos ámbitos, desde el naturalista hasta el artístico y el excursionista. E incluso llegó a asociarse estrechamente, en comentarios y evocaciones de todo tipo, la figura y la personalidad de Giner con la Sierra de Guadarrama. Era difícil hablar de él sin referirse a su relación con el Guadarrama, de la misma manera que no era sencillo acercarse a la Sierra sin recordar a su primer valedor. Acaso no haya mejor manera de expresar el sentido y la importancia de su relación con ese paisaje serrano que decir de Francisco Giner, como lo dijo, con su habitual agudeza, Alfonso Reyes, que fue «el inventor del Guadarrama».

Referencias bibliográficas

- Alumbreros, B. (1924): «Andanzas guadarrameñas. Por tierras de El Paular», *Aire Libre*, II, 38, s. p.
- Amiel, H.-F. (1949): *Diario íntimo*. Introducción de Bernard Bouvier. Traducción de Clara Campoamor, Buenos Aires, Losada.
- Bernaldo de Quirós, C. (1921): «Rectificaciones históricas», *Peñalara*, VIII, 87, pp. 61-62.
- Bernaldo de Quirós, C. (1964): «Recuerdos y enseñanzas de don Francisco Giner», en *Estudios jurídicos en Homenaje al Profesor Luis Jiménez de Asúa*, Buenos Aires, Abeledo-Perrot, pp. 167-203.
- Cossío, M. B. (1932): «En la inauguración de la "Fuente de los Geólogos". II. Palabras del profesor D. Manuel B. Cossío», *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, LVI, 868, pp. 237-238.
- Excursión (1886-1887): «Excursión durante las vacaciones del verano de 1883», *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, X, 237, pp. 384, XI, 239, pp. 31-32, 243, pp. 95-96, 244, pp. 111-112, 245, pp. 127-128, 246, pp. 143-144, y 247, pp. 159-160.

- Fernández Navarro, L. (1915a): «El valle del Lozoya», *La Lectura*, XV, 171, pp. 260-271.
- Fernández Navarro, L. (1915b): *Monografía geológica del valle del Lozoya*, Madrid, Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica, 12).
- Fox, I. (1997): *La invención de España. Nacionalismo liberal e identidad nacional*, Madrid, Cátedra.
- Giner de los Ríos, F. (2004): «Paisaje» [1886], en *Obras selectas*. Edición de I. Pérez-Villanueva Tovar, Madrid, Espasa Calpe, pp. 792-801.
- Hernández-Pacheco, E. (dir.) (1933): *Guías de los Sitios naturales de interés nacional. Número 3. La Comisaría de Parques Nacionales y la protección a la naturaleza en España*, Madrid, Ministerio de Agricultura, Comisaría de Parques Nacionales.
- Humboldt, A. de (1874-1875): *Cosmos. Ensayo de una descripción física del mundo* [1845-1862]. Traducción de Bernardo Giner y José de Fuentes, Madrid, Imprenta de Gaspar y Roig, Editores.
- Humboldt, A. de (1876): *Cuadros de la Naturaleza* [1808]. Traducción de Bernardo Giner, Madrid, Imprenta y Librería de Gaspar, Editores.
- Humboldt, A. de (1878): *Sitios de las cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas de América* [1810]. Traducción de Bernardo Giner, Madrid, Imprenta y Librería de Gaspar, Editores.
- López-Morillas, J. (1972): «Preludio del 98 y literatura del desastre», en *Hacia el 98. Literatura, sociedad, ideología*, Barcelona, Ariel, pp. 223-253.
- Macpherson, J. (1883) «Sucesión estratigráfica de los terrenos arcaicos de España», *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, XII, pp. 341-378.
- Madrid Moreno, J. (1931): «Diario de una excursión realizada en el año 1883 a la Sierra de Guadarrama, Santander, Asturias y León», Peñalara, XIX, 212, pp. 218-223, 213, pp. 241-243, 214, pp. 263-265.
- Mesa, E. de (1910): *Andanzas serranas (Por Somosierra y Guadarrama)*, Madrid, Renacimiento.
- Mesa, E. de (1916): *El silencio de la Cartuja*, Madrid, Renacimiento.
- Ortega Cantero, N. (2012): «Los valores del paisaje: la Sierra de Guadarrama en el horizonte de Francisco Giner y la Institución Libre de Enseñanza», en García-Velasco, J. y Morales Moya, A. (eds.): *La Institución Libre de Enseñanza y Francisco Giner de los Ríos: nuevas perspectivas. 2. La Institución Libre de Enseñanza y la cultura española*, Madrid, Fundación Francisco Giner de los Ríos y Acción Cultural Española, pp. 673-711.
- Peñalara 1915: «Homenaje a la memoria de Giner de los Ríos», *Peñalara*, II, 18, pp. 81-83.
- Real orden (1931): «Real orden del Ministerio de Fomento declarando Sitios y Monumentos naturales de Interés Nacional, en la Sierra de Guadarrama, los parajes de la misma que se indican» [30 de noviembre de 1930], en Hernández-Pacheco, E. (dir.): *Guías de los Sitios naturales de interés nacional. Número 1. Sierra de Guadarrama*, Madrid, Ministerio de Fomento, Junta de Parques Nacionales, pp. 9-20.
- Unamuno, M. de (1966): «Manzanares arriba, o las dos barajas de Dios», en *Obras completas. I. Paisajes y ensayos*. Introducciones, bibliografías y notas de M. García Blanco, Madrid, Escelicer, pp. 593-594.
- Victory, A. (1915): «Por el Guadarrama poco conocido. El Purgatorio del Valle del Lozoya», *Peñalara*, II, 23, pp. 165-166.
- Villegas, F. F. [Zeda] (1915): *La Cartuja del Paular*, Madrid y Buenos Aires, Renacimiento.

CARACTERIZACIÓN Y EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN LOS HUMEDALES Y TURBERAS DE PADUL (PARQUE NATURAL DE SIERRA NEVADA, GRANADA)

JONATAN ARIAS-GARCÍA
jariasgarcia@ugr.es
Dpto. Análisis Geográfico Regional y Geografía Física (Universidad de Granada)
Facultad de Filosofía y Letras (Universidad de Granada)

RESUMEN

Los Humedales y Turberas de Padul constituyen una unidad fisiográfica claramente delimitada en el marco del Parque Natural de Sierra Nevada (Granada); y al mismo tiempo, uno de los espacios menos conocidos. Sin embargo, por sus características ecológicas, históricas y socioculturales, contribuyen a la diversidad paisajística del espacio natural. En este sentido, el objetivo del presente trabajo es llevar a cabo una caracterización y evolución del paisaje de los Humedales y Turberas de Padul considerando sus componentes físico-ambientales e históricos, así como su dinámica reciente (usos del suelo, presiones y riesgos) y principales valores.

Palabras clave: Humedales, Paisaje natural, Paisaje cultural, Espacios Naturales Protegidos.

ABSTRACT

The Padul wetlands constitute a clearly defined physiographic unit within the framework of the Sierra Nevada Natural Park (Granada); at the same time, one of the lesser known areas. However, due to their ecological, historical and sociocultural characteristics, they contribute to the landscape diversity of the natural space. In this sense, the objective of this work is to carry out a characterization and evolution of landscape of the wetlands considering its environmental and historical components, as well as its recent dynamics (land uses, pressures and risks) and main values.

Keywords: *Wetlands, Natural landscape, Cultural landscape, Natural Protected Areas.*

1. Introducción

El macizo de Sierra Nevada constituye la más extensa de las áreas montañosas ibéricas dotadas de unidad morfoestructural propia. Localizado en el sur de España (entre las provincias de Granada y Almería), este macizo alberga el mayor gradiente altitudinal de la península ibérica, por lo que presenta una amplia gama de pisos bioclimáticos que se manifiestan en una gran diversidad de "micropaisajes" (Zoido Naranjo y Jiménez Olivencia, 2015).

Esta circunstancia, junto con la histórica explotación y gestión antrópica de sus recursos ha generado que internamente se den diversas combinaciones de usos y aprovechamientos que en numerosas ocasiones se manifiestan a través del paisaje. En cualquier caso, y aun considerando a Sierra Nevada como una unidad morfoestructural indiscutible, cabe destacar su gran diversidad paisajística si se procede a un análisis de este espacio a escala de detalle.

Atendiendo a su reconocimiento, protección y gestión, Sierra Nevada fue declarada como Reserva de la Biosfera en el año 1986. Años más tarde, mediante la Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección, fue declarado el Parque Natural de Sierra Nevada. Con posterioridad, mediante la Ley 3/1999, de 11 de enero, se declaró el Parque

Nacional de Sierra Nevada, lo que supuso la incorporación de los ecosistemas de alta montaña mediterránea en la Red de Parques Nacionales.

Bajo la denominación de "Espacio Natural de Sierra Nevada" (172.238 hectáreas), el macizo está integrado por el parque nacional y natural del mismo nombre. En su totalidad, alcanza una superficie de 172.238 hectáreas, de las que 88.965 hectáreas se encuentran bajo la figura de parque natural.

Por su localización en el contexto de las cordilleras alpinas circunmediterráneas, y especialmente por sus características intrínsecas, Sierra Nevada ha sido objeto de numerosos estudios desde disciplinas diversas: geomorfología (ej.: Gómez Ortiz, 2002; Pérez-Peña et al., 2010), clima y/o incidencia del clima en las formas del relieve (ej.: Palma et al., 2017), botánica (ej.: Blanca et al., 2001), historia (ej.: Titos Martínez, 1997a, 1997b), geografía del paisaje (Jiménez Olivencia, 1992, 2000), etc.; siendo menos numerosas las aportaciones que se han centrado específicamente en los Humedales y Turberas de Padul (o Laguna de Padul), sector del parque natural de Sierra Nevada que será objeto de estudio en el presente trabajo[56]. En el contexto del parque natural, este humedal constituye uno de los espacios menos conocidos, hecho que puede deberse a tres razones principales: por una parte, porque estos humedales difieren respecto al conjunto del macizo de Sierra Nevada desde el punto de vista geomorfológico, hidrológico, histórico, paisajístico, etc., constituyendo una excepcionalidad; por otra, por su localización en la vertiente suroccidental del conjunto montañoso, que le confiere una posición de área periférica;extrema- en el marco del espacio natural; y finalmente, por su reducida superficie en comparación otros espacios del parque.

Los Humedales y Turberas de Padul representan solamente el 0,36% (309 hectáreas) de la superficie del parque natural de Sierra Nevada. Sin embargo, y a pesar de su reducida extensión, constituyen la única Zona de Reserva con protección grado A (máxima protección) del parque natural. En consecuencia, en este espacio el criterio general de la ordenación y gestión está relacionado con la conservación de la biodiversidad, limitando y reduciendo progresivamente la intervención antrópica; prevaleciendo acciones de conservación, investigación e interpretación con la finalidad de proteger este sistema lagunar.

El objetivo del presente trabajo es llevar a cabo una caracterización y evolución del paisaje de los Humedales y Turberas de Padul considerando sus componentes físico-ambientales, históricos, dinámica reciente (usos del suelo, presiones y riesgos) y sus principales valores ecológicos, productivos, histórico-patrimoniales, estéticos, etc., con la finalidad de dar a conocer este singular espacio del parque natural.

2. Material y métodos

2.1. Ámbito de estudio

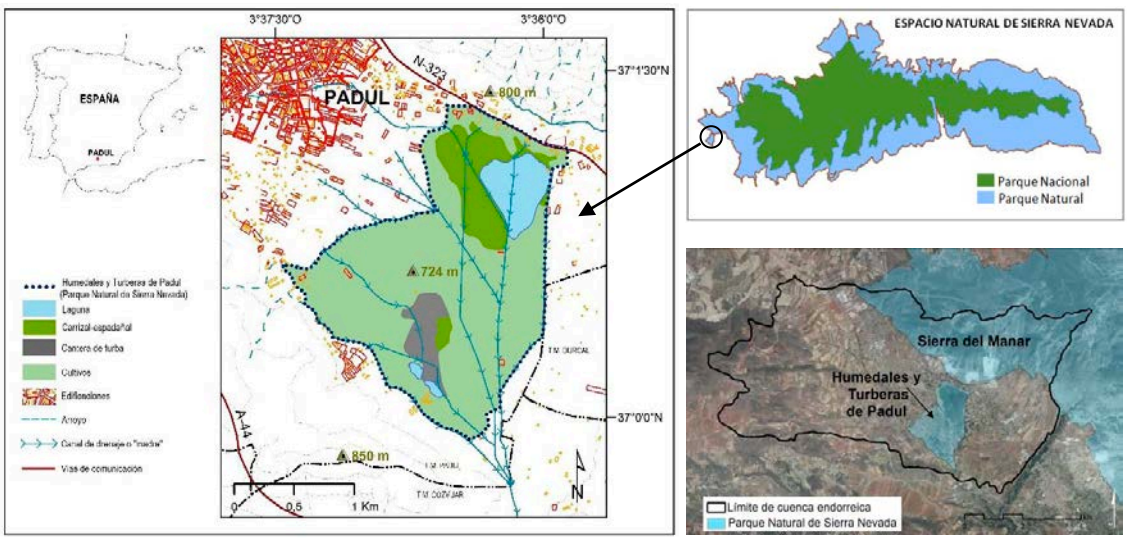
En el contexto del Espacio Natural de Sierra Nevada, los Humedales y Turberas de Padul se localizan en la vertiente suroccidental del conjunto montañoso. Se integran dentro del parque natural desde 1989 y constituyen la única "Zona de Reserva A" del parque[57]. Se trata de un espacio único que engloba los restos de un sistema lacustre-palustre localizado en la fosa tectónica de Padul. No obstante, se encuentra muy transformado desde antaño, quedando

[56] Entre los trabajos previos que han tenido como objeto de estudio los Humedales y Turberas de Padul pueden citarse: Villegas Molina (1967, 1972), Sánchez del Árbol (2009) y Arias García (2016) desde la perspectiva geográfica; Pons y Reille (1988), Néstares y Torres, (1998) desde la palinología; Álvarez-Lao y García (2011, 2012) desde la paleontología; o Castillo Martín et al. (1984), Castillo Martín (1982, 1984) desde la hidrología.

[57] Conforme a lo establecido en el epígrafe 4.2 del Plan de Ordenación de Recursos Naturales de Sierra Nevada, se consideran Zonas de Reserva A aquellas áreas que, al contener valores naturales de primera magnitud por su rareza, fragilidad, biodiversidad o interés científico, requieren el máximo grado de protección

las zonas acuáticas restringidas a tres masas de agua de reducidas dimensiones (reductos lagunares), los canales de drenaje y a las surgencias de agua. Aún así, constituye el humedal de tipo turbera de mayor superficie de la Europa meridional y desde 2006 está incluido en la Lista del Convenio Ramsar relativa a los humedales de importancia internacional (Arias García, 2016) (Figura 1).

FIGURA 1
Mapa de localización de los Humedales y Turberas de Padul (Parque Natural de Sierra Nevada)



Fuente: elaboración propia

Los Humedales y Turberas de Padul constituyen el único ámbito del Espacio Natural de Sierra Nevada que no comparte las características morfoestructurales del macizo montañoso. Se trata de un humedal asociado a una cuenca hidrológica de tipo endorreico de 56 Km^2 cuya divisoria coincide, al menos en el sector septentrional de la cuenca, con la Sierra del Manar (incluida también el parque natural de Sierra Nevada).

Mientras que los Humedales y Turberas son considerados como *Zona de Protección A*, la Sierra del Manar se incluye en el conjunto de las *Zonas de Regulación Especial* (categoría establecida para formaciones climácicas, vegetación con flora amenazada y áreas de interés faunístico y alto valor paisajístico) a excepción de las canteras dolomíticas del piedemonte de la sierra que se encuentran incluidas como *Zonas de Regulación Común* (áreas que exhiben un estado de naturalidad más bajo, coexistiendo aprovechamientos muy diversos en cuanto a calidad e intensidad. La actividad humana es importante, pero con grados de intensidad muy variable, y supone el factor principal que regula la dinámica de esta porción del ecosistema)[58].

2.2. Fuentes y metodología

Con la finalidad de llevar a cabo una caracterización y evolución del paisaje en los Humedales y Turberas de Padul, en primer lugar se analizaron las principales variables del subsistema abiótico y biótico de la Laguna de Padul en el contexto de su cuenca hidrológica asociada. Se identificaron y describieron los principales elementos del medio físico que han contribuido a la configuración del paisaje; y a continuación, se sistematizó y simplificó esta información en un mapa de unidades fisiográficas.
En segundo lugar, se procedió a la búsqueda y análisis de bibliografía especializada y fuentes históricas para llevar a cabo, por una parte, una aproximación a la primigenia

[58] DECRETO 238/2011, de 12 de julio, por el que se establece la ordenación y gestión de Sierra Nevada.

extensión superficial del humedal; por otra, identificar algunas de las claves con incidencia paisajística respecto a sus procesos de transformación a lo largo de la historia. Entre las fuentes consultadas, destacan: Libro de Apeo de Padul (1571), Catastro de Ensenada (1751), Diccionario Geográfico de Tomás López (iniciado en 1766), Diccionario geográfico-estadístico-histórico de Pascual Madoz (1845-1850), Libro de Amillaramiento de Padul (1881), así como otros documentos locales de carácter histórico.

En tercer lugar se procedió a analizar la dinámica reciente (usos del suelo) del humedal en el contexto de su cuenca hidrológica. Por una parte, se utilizaron ortofotografías correspondientes a 4 cortes temporales (1956-1957, 1977-1983, 2010-2011 y 2016); por otra, se elaboró un mapa de usos y coberturas del suelo utilizando como base el MUCVA-2007 a escala 1:25.000, que fue actualizado mediante fotointerpretación y trabajo de campo.

En cuarto lugar, y tras el análisis de la dinámica reciente del humedal, se llevó a cabo la identificación de aquellas presiones y riesgos del humedal con incidencia ambiental y paisajística, generándose el mapa temático correspondiente.

Finalmente, se procedió a la caracterización del paisaje de los Humedales y Turberas de Padul; entendiéndose que el "carácter" de un paisaje es resultado de la interacción entre los factores naturales, socio-culturales e históricos analizados previamente. De la caracterización surge, además, la valoración del humedal desde el punto de vista ecológico, productivo, histórico-patrimonial, social, simbólico y estético.

3. Resultados

3.1. Caracterización del medio físico de los Humedales y Turberas de Padul

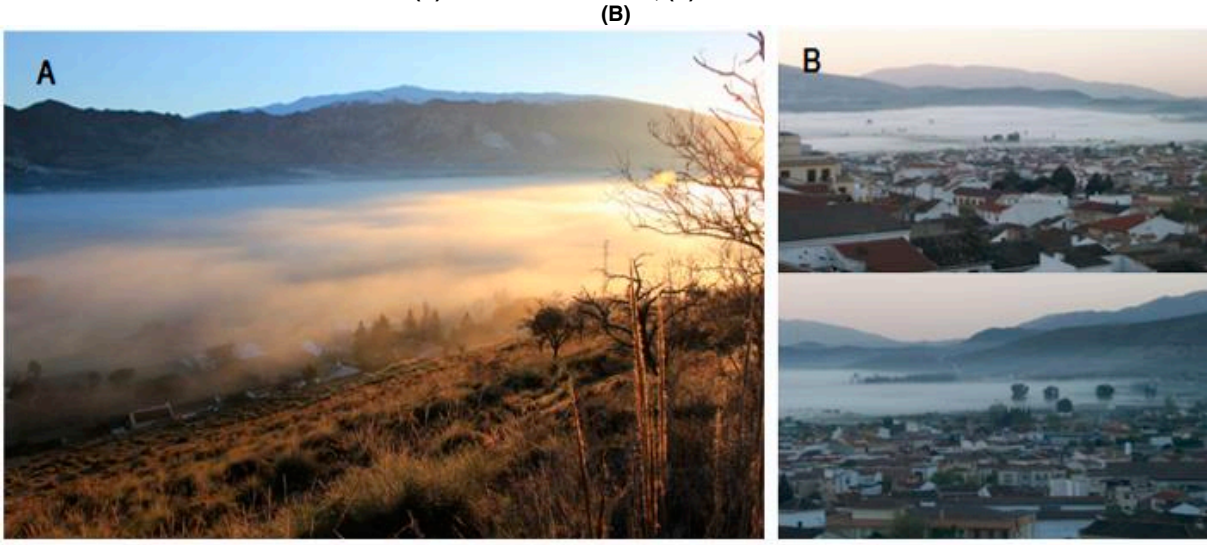
Los Humedales y Turberas de Padul se localizan en el fondo de la depresión tectónica de Padul, constituyendo una unidad litológica, geomorfológica e hidrológica bien diferenciada con respecto al macizo de Sierra Nevada. Se trata de un potente depósito de turba con intercalaciones de arenas, arcillas, gravas y yesos; materiales que se disponen a modo de franja horizontal, sepultando la materia orgánica que se ha ido descomponiendo y sometiendo a un proceso de carbonización incompleto hasta constituir la turba. Estos depósitos pueden alcanzar una profundidad de 50-100 m (Néstares y Torres, 1998; Ortiz et al., 2004, 2010), aunque algunos estudios de carácter técnico estiman una profundidad máxima de 70 m (ENADIMSA, 1980), siendo éstos los depósitos de turba con mayor potencia del sur peninsular.

Desde el punto de vista geomorfológico, la Laguna de Padul se caracteriza por conformar un área deprimida coincidente con gran parte de la fosa tectónica o Cubeta de Padul. Un conjunto de fallas al N y S de dicha fosa dan paso a relieves más enérgicos que la confinan en su borde septentrional y meridional. Cabe señalar que el borde septentrional se corresponde con la Sierra del Manar, un espolón dolomítico cuya cota máxima alcanza los 1.521 m de altitud;La Silleta-, y que en su piedemonte (conformado por un conjunto de conos de deyección), conecta con la fosa tectónica y los humedales y turberas (Arias García, 2016). Esta conexión o transición entre el espacio serrano y la depresión tectónica no es exclusivamente geomorfológica, sino que coincide con los límites establecidos para la inclusión de los Humedales y Turberas y la Sierra del Manar como partes integrantes del Parque Natural de Sierra Nevada en lo que respecta al término municipal de Padul.

Respecto a las características climáticas, atendiendo al estudio realizado por Arias García (2016) en el que se analizaron los datos termopluviométricos de la estación meteorológica de Padul (6-249) y la estación agroclimática del Aguadero (6-250) para el período 1984-2013, los Humedales y Turberas presentarían un *clima mediterráneo continentalizado seco con*

predominio de nieblas. Se trata de un clima templado, seco y relativamente continentalizado debido a la configuración fisiográfica semicerrada de la cuenca de Padul. La temperatura media anual ronda los 17ºC y el régimen térmico permite diferenciar entre un invierno relativamente frío con frecuentes heladas de inversión en zonas llanas, un verano caluroso y unas estaciones intermedias templadas. Por su relevancia y significación paisajística, la frecuencia de nieblas que se generan sobre los Humedales y Turberas constituye un elemento diferenciador desde el punto de vista climático. Estas nieblas son consecuencia de inversiones térmicas y condensaciones generadas por la humedad procedente de los reductos lagunares. En ocasiones, cuando predomina el viento de levante, el aire húmedo penetra desde el Mediterráneo a través de la cuenca del Guadalfeo hasta llegar a la laguna; fenómeno que es denominado por los lugareños como "tiempo de abajo" (Figura 2).

FIGURA 2
Nieblas matinales en los Humedales y Turberas de Padul (Parque Natural de Sierra Nevada)
(A) noviembre de 2010; (B) abril de 2011.
(B)



Fotografías: Jonatan Arias García

El régimen pluviométrico está caracterizado por la mediterraneidad. El total de precipitaciones asciende a 442.9 mm/año, con dos máximos bien definidos (un máximo principal en otoño y primer mes invernal y un máximo secundario en primavera). El verano se presenta como una estación seca, aunque las precipitaciones no llegan a ser nulas. Es a partir de septiembre cuando comienza a producirse un notable incremento de las precipitaciones que asciende paulatinamente hasta alcanzar el máximo otoño-invernal. Respecto a la aridez, a partir de la aplicación del índice de Dantín-Revenga se obtuvo un resultado de 3.4, que manifiesta una aridez general considerable; respecto a la aridez mensual, el cálculo obtenido a partir del índice de De Martonne manifiesta que se trata de un clima semiárido.

Desde el punto de vista hidrológico, los Humedales y Turberas están asociados a una cuenca hidrográfica de carácter endorreico que presenta una superficie de 56 Km^2. La cuenca presenta un patrón de drenaje dendrítico en el que los cursos de agua desembocan en su nivel de base, alimentando los reductos lagunares existentes en la actualidad. La mayoría de los cursos de agua superficiales se corresponden con barrancos estacionales y temporales; y cuando el tramo final de algunos de éstos coincide con el sistema de fallas que afecta al borde septentrional y meridional de la fosa tectónica se produce una pérdida de escorrentía en el tramo final de los mismos, que aportarán sus recursos hídricos de forma subterránea (Castillo Martín et al., 1984). Cabe destacar que la intervención antrópica en el humedal a lo largo de la historia ha desencadenado ciertas modificaciones del régimen

hídrico natural. En este sentido, una clasificación general de la escorrentía superficial de la Laguna de Padul y su cuenca hidrológica asociada permite distinguir:

- Cursos superficiales con caudal estacional y temporal: están asociados a barrancos con distinto grado de encajamiento en función de los materiales por los que discurren (factores texturales) o del grado de fisuración. Por ello, puede diferenciarse entre barrancos temporales asociados a formaciones carbonatadas (Sierra del Manar, por ejemplo); y barrancos temporales y estacionales asociados a relieves alomados y acolinados con una topografía y verticalidad menos agreste.

- Cursos superficiales con caudal permanente: presentan un caudal continuo y se localizan únicamente en el fondo de la depresión tectónica (humedales y entorno inmediato). Puede distinguirse entre aquellos de carácter seminatural (cuyo origen se debe a una surgencia o manantial natural aunque el curso haya sido modificado por la acción antrópica); y artificiales: se corresponden con los canales de desagüe del humedal. Estos canales de desagüe o "madres" presentan su origen a finales del S.XVIII y se crearon con la finalidad de desecar los sectores pantanosos de la depresión de Padul. Se trata de un conjunto de nueve canales que se entrecruzan entre sí y conectan con un canal de desagüe principal denominado "Madre Maestra", que desemboca en el río Dúrcal aportando un caudal de 593 l/s. El flujo de desagüe o drenaje de los canales es muy lento (20 cm/s) y sus dimensiones en cuanto a anchura y profundidad es variable, oscilando entre 1-5 m y 0.5-3 m respectivamente. La longitud también difiere entre unos canales y otros, aunque suelen tener un largo recorrido. Respecto al caudal, oscila entre 20 y 600 l/s (Castillo Martín, 1982, 1984; Castillo Martín et al., 1984) (Figura 3).

FIGURA 3
Algunos de los canales de desagüe o "madres" en los Humedales y Turberas de Padul

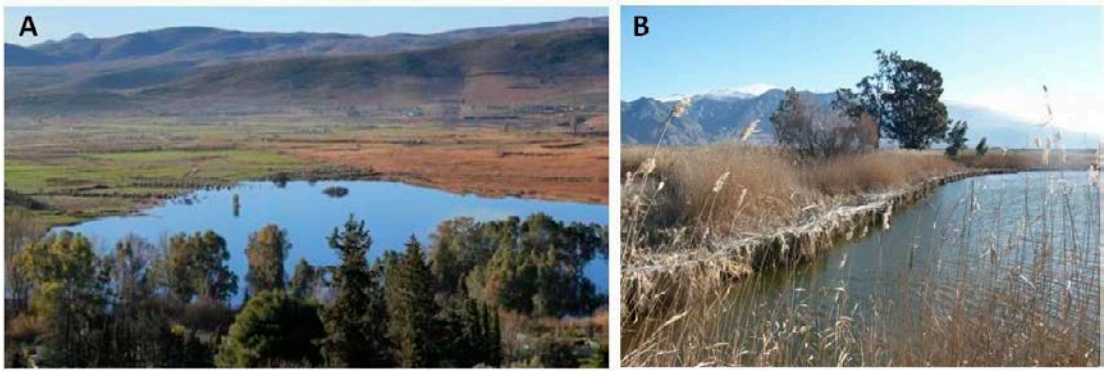
(A) Madre Maestra; (B) Madre del Quiti; (C) Madre del Ventano. Fotografías: Jonatan Arias García

Respecto a las masas de agua superficiales, en los Humedales y Turberas de Padul pueden diferenciarse dos tipos:

- Reductos lagunares con hidroperíodo permanente. Se trata de un conjunto de lagunas que se circunscriben a dos únicos sectores: Laguna o Turbera del Aguadero (norte de la fosa tectónica) y Turbera del Agia (sur de la fosa tectónica) (Figura 4). En este sentido, cabe señalar que aunque la superficie incluida en el Parque Natural de Sierra Nevada bajo la denominación de "Humedales y Turberas de Padul" es de 309 hectáreas, la superficie correspondiente a masas de agua en sentido estricto es de 24.2 hectáreas.

- Zonas de encharcamiento ocasional: se corresponden con lo que Castillo Martín (1984) denominó como "charcas pluviales". Estas charcas o masas de agua de carácter efímero aparecen únicamente cuando se producen aguaceros concentrados o tras días de precipitación continuada. Su extensión es muy variable, así como su permanencia, que puede ser de horas, días o semanas, lo que dificulta su delimitación espacial.

FIGURA 4
(A) Panorámica de la Turbera y Laguna del Aguadero y vega de Padul; (B) Una de las lagunas de la Turbera del Agia. Parque Natural de Sierra Nevada



Fotografía: Jonatan Arias García

Por otra parte, y considerando los trabajos de Rivas-Martínez (1983, 1987) y Valle Tendero, Navarro Reyes y Jiménez Morales (2005), los Humedales y Turberas de Padul presentan, desde el punto de vista bioclimático: un bioclima pluviestacional oceánico, un termotipo mesomediterráneo inferior y un ombrotipo hiperhúmedo; este último debido a la constante disponibilidad hídrica del suelo y subsuelo, que le confiere un carácter azonal. En consecuencia, la vegetación potencial de la Laguna de Padul, por su carácter endorreico y turboso, alberga comunidades exoseriales acuáticas, terofíticas y helofíticas (Valle Tendero, 2005a; 2005b). Para analizar la vegetación del ámbito de estudio, trabajos previos como el de Pérez Raya y López Nieto (1991) han constituido la principal fuente de información para identificar las comunidades que a continuación se describen. No obstante, también se ha llevado a cabo trabajo de campo y la consulta de estudios complementarios como los de Sánchez Castillo y Morales Torres (1981) y Valle-Hernández et al. (2003).

Aunque en su conjunto se han denominado como “comunidades exoseriales acuáticas, terofíticas y helofíticas”, se han identificado hasta doce comunidades distintas que, de acuerdo con Pérez Raya y López Nieto (1991) pueden agruparse en tres categorías: comunidades acuáticas, comunidades terofíticas y comunidades helofíticas:

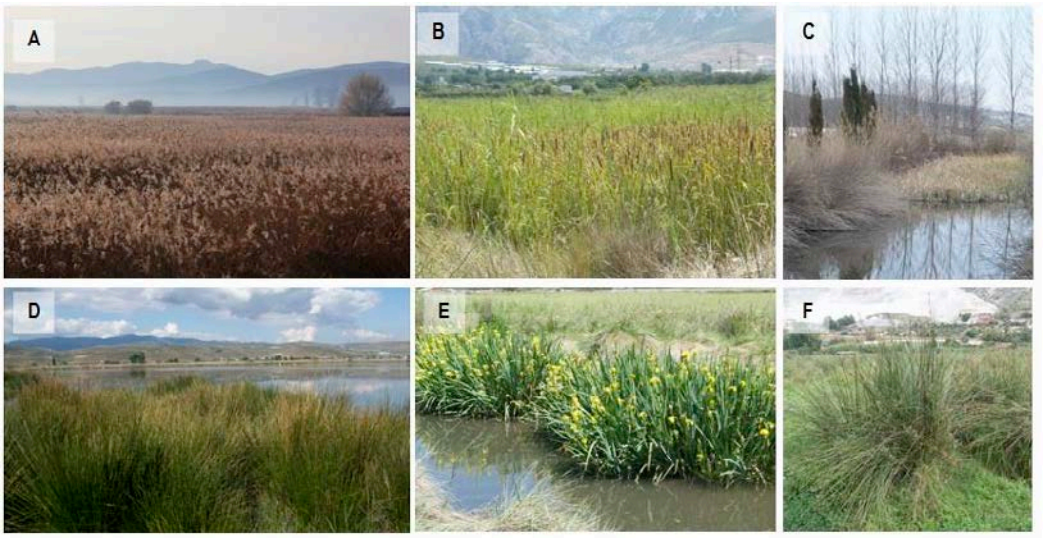
- Comunidades acuáticas, que incluyen la comunidad de la lenteja de agua *(Lemnetea gibbae).* Destacan las especies de *Lemna gibba* y *Lemna minor*; comunidad del pinito de agua *(Ceratophyllum demersum)*; comunidad del alga *Charetum vulgaris*; comunidad de la espiga de agua *Potamogeton pectinatus*; comunidad de *Zannichellia pedunculata*; y comunidad de *Potamogeton coloratus*.

- Comunidades terofíticas, donde destaca la comunidad del junco enano *(Juncus bufonius)*, una comunidad de aparición muy fugaz durante la primavera que se desarrolla en suelos con una inundación poco prolongada. Contacta con zonas no inundadas pero con cierto grado de humedad y con diversos juncales y herbazales perennes. Las especies características se corresponden con: *Juncus bufonius* y *Centaurium pulchellum*. Se trata de prados terofíticos de cobertura media-densa que se desarrollan en áreas próximas a lagunas y zonas que se encharcan de forma periódica.

- Comunidades helofíticas. La vegetación hidrófila enraizada, constituida por grandes helófitos o hierbas jugosas helofíticas, se localiza sobre los bordes de los cursos de agua, lagunas y zonas pantanosas. Se describe la comunidad atendiendo al estudio de Pérez Raya y López Nieto (1991), incluyendo también las aportaciones de Martínez-Parras y Peinado (1983). Las comunidades helofíticas que pueden reconocerse son: carrizales, juncales y espadañares *(Typho-Scirpetum tabernaemontani)* (Figura 5); comunidad de

Scirpetum maritimi; comunidad de *Helosciadetum nodiflori*; comunidad de *Junco subnodulosi-Sparganietum erecti*; y comunidad de *Cladio marisci-Caricetum hispidae.*

FIGURA 5
Especies características de la comunidad *Typho-Scirpetum tabernaemontani.* Humedales y Turberas de Padul



(A) Carrizal *(Phragmites australis)* en la Turbera del Aguadero; (B) Espadañal *(Typha domingensis)*; (C) *Sparganium erectum* en canal de desagüe junto a Turbera del Agia; (D) Juncal de *Scirpus tabernaemontani* junto a Turbera del Aguadero; (E) Lirio amarillo *(Iris pseudacorus)* en zona de encharcamiento permanente; (F) Junco churrero (*Scirpus holoschoenus)* junto a Turbera del Aguadero. Fotografías: Jonatan Arias García

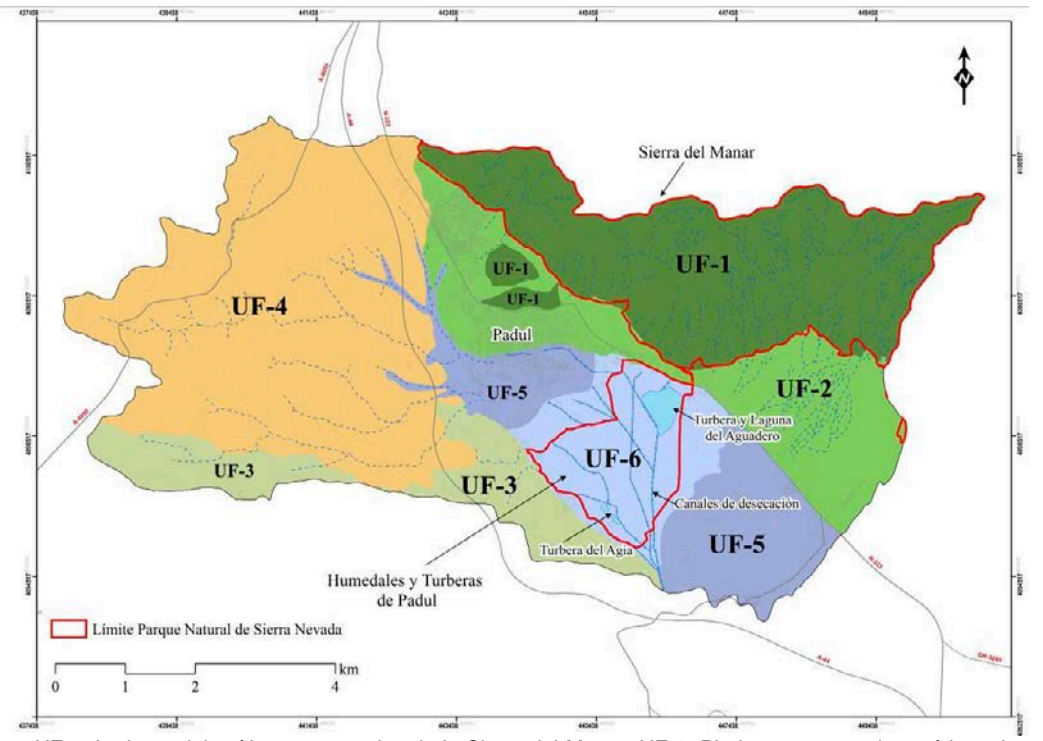
Desde el punto de vista edafológico predominan los suelos de turba, cuya principal característica es su alto contenido en materia orgánica e hidromorfía. Estas características son propias de su evolución, donde el exceso de agua debido al encharcamiento originó el desarrollo de una vegetación palustre que, unida a otros aportes orgánicos (animales y vegetales) y sedimentarios, constituyeron depósitos que fueron sometidos a un proceso de carbonización incompleta (Sánchez del Árbol, 2009). En el ámbito de estudio, las turberas adquieren una estructura lenticular donde la turba se corresponde con la denominada turba gyttia; una turba detrítica, resedimentada y muy descompuesta. En ella las estructuras vegetales son poco o nada reconocibles a excepción de pequeños niveles. Aparecen también niveles de turba arcillosa, arcillas turbosas y arcillas húmicas con intercalaciones de bancos y lentejones de sedimentos como las margas, arcillas margosas o arenas arcillosas (ENADIMSA, 1980).

Respecto al hábitat faunístico, en los Humedales y Turberas las especies de peces presentan la menor relevancia debido a su escasa diversidad. Solo el cacho *(Squalius cephalus)* y especies invasoras como la carpa *(Cyprinus carpio)* conforman esta comunidad. Entre los invertebrados destacan numerosas especies de arácnidos o insectos, mientras que en el caso de los crustáceos cabe señalar la desaparición del cangrejo autóctono *(Austropotamobius pallipes)*, que ha sido sustituido por el invasor cangrejo americano *(Procambarus clarkii).* Entre los anfibios aparecen: sapo común *(Bufo bufo)*, sapo corredor *(Epidalea calamita),* sapo de espuelas (*Pelobates cultripes),* sapillo moteado ibérico *(Pelodytes ibericus)*, etc. Los reptiles suponen también una comunidad bastante diversa. Algunos están ligados al medio acuático, como el galápago leproso *(Mauremys leprosa)*, culebra viperina *(Natrix maura)* y la culebra de collar *(Natrix natrix)*; mientras que otros son característicos del medio terrestre aunque también son perceptibles en el humedal: culebra de herradura *(Hemorrhois hippocrepis)*, culebra de escalera *(Rhinechis scalaris)*, culebra bastarda *(Malpolon monspessulanus)*, culebrilla ciega *(Blanus cinereus),* etc. En cualquier

caso, cabe destacar que las aves constituyen la comunidad animal que aporta una mayor diversidad al hábitat del humedal, pudiéndose diferenciar hasta 200 especies a lo largo del año: 29 especies sedentarias, 11 estivales, 4 estivales y de paso, 22 invernantes, 3 invernantes y de paso y 20 de paso (Rivas Fernández y Moreno Rueda, 2009).

Con la finalidad de simplificar las características del medio físico de la cuenca de Padul en el contexto del parque natural, se han diferenciado 6 unidades fisiográficas (UF) de las cuales dos se insertan en el Espacio Natural de Sierra Nevada (Figura 6).

FIGURA 6
Mapa de Unidades Fisiográficas de la cuenca de Padul en el contexto del Espacio Natural de Sierra Nevada



UF-1. Laderas dolomíticas escarpadas de la Sierra del Manar; UF-2. Piedemontes conglomeráticos de las Faldas del Manar; UF-3. Cerros y lomas calcáreas; UF-4. Lomas y vaguadas detríticas y carbonatadas del Secano; UF-5. Llanura aluvial asociada a depresión tectónica (Cubeta de Padul-Dúrcal); UF-6. Humedales, turberas y vega de Padul. Fuente: elaboración propia.

3.2. Aproximación a la extensión original del humedal y sus principales intervenciones a partir de las fuentes históricas

La gran laguna que ocupó el fondo de la depresión de Padul se ciñe en la actualidad a dos reductos lagunares localizados al norte (Turbera y Laguna del Aguadero) y sur (Turbera del Agia) de la misma. La dimensión original del humedal es difícil de cuantificar debido a la secular intervención antrópica del mismo; intervención que se corresponde con sucesivas desecaciones y eliminación de la cubierta vegetal lacustre-palustre. Por otra parte, las mediciones que ofrecen las fuentes históricas con respecto a su extensión difieren considerablemente de unas a otras y la cartografía histórica que representa al humedal en condiciones previas a su desecación carece de una escala de detalle, e incluso contiene errores referentes a la localización o la toponimia (Arias García, 2016).

Algunos trabajos como los de Pérez Marrero y Bestué Cardiel (2014) manifiestan las discrepancias existentes en cuanto a la dimensión original de la laguna; en este sentido, las diferentes fuentes históricas establecen una dimensión que oscila entre las 105.6 y 950.4

hectáreas. En cualquier caso, y de acuerdo con Pérez Raya y López Nieto (1991), el humedal de Padul posiblemente constituyó una de las zonas húmedas más extensas de Andalucía Oriental.

De acuerdo con Villegas Molina (1967, 1972), la Laguna de Padul debió ser lo suficientemente extensa como para que en tiempos romanos se acuñase el topónimo *Paludem* para el asentamiento, cuyo significado es "laguna o charca". Además, la existencia de una calzada labrada en la roca en el cerro de Los Molinos (límite meridional del humedal), utilizada por íberos y romanos para el paso de los carruajes, manifiesta también que gran parte de la depresión albergaba un extenso humedal o que al menos existía un encharcamiento que imposibilitaba el transcurso de los carros por el fondo de la misma (Pérez Marrero y Bestué Cardiel, 2014).

La primera fuente escrita que hace referencia a la extensión superficial de la laguna data del siglo XVI. Se trata del Libro de Apeo de Padul (1571), que señala la existencia de *una laguna grande junto al pueblo de 8.000 marjales que solía bañar una gran cantidad de tierras (2.000 marjales) a las que llaman "margen" y que son inútiles para sembrar.*

En el siglo XVIII, el Catastro de Ensenada (1751) estima una extensión de la laguna de 3.550 marjales. Pocos años después, el proyecto de desecación del humedal (1779) estimaba una mayor extensión (16.000-18.000 marjales). En este sentido, trabajos como los de Villegas Molina (1967, 1972) estiman que la laguna llegó a ocupar un tercio o un cuarto del área total de la depresión, alcanzando una extensión máxima de 300 hectáreas. Este autor llega a la conclusión de que la estimación del proyecto de desecación, en lo que se refiere a la extensión de la laguna, posiblemente se refería a toda la depresión y no solo a los espacios inundados o encharcados.

Con independencia de las discrepancias existentes en las distintas fuentes históricas con respecto a la extensión del humedal, cabe destacar que será durante el siglo XVIII cuando se acometan las mayores transformaciones de la zona húmeda.

Aunque la gran desecación de la laguna se aprueba en 1779[59], según Carrasco Duarte (2001), parece ser que el humedal constituía un problema histórico para los habitantes de la Villa de Padul y las poblaciones cercanas, por lo que los intentos de desecación ya se habrían producido con anterioridad. En el S.XVI, el Libro de Apeo (1571) alude a que *los terrenos encharcados podrían servir de mucho aprovechamiento para hacer hazas de riego, pues se podría desaguar la laguna por el río de Cozvíjar*; además, esta fuente también hace referencia a que antiguamente se desaguaba parte de ella. De acuerdo con Pérez Marrero y Bestué Cardiel (2014), se habrían producido algunas desecaciones parciales desde época nazarí, aunque la laguna volvería a recuperar su dimensión original años más tarde tanto por la falta de labores de mantenimiento de los drenajes como consecuencia de los enfrentamientos bélicos de la Conquista Castellana.

En cualquier caso, será el Libro de Apeo de Padul la fuente que haga referencia a que, con la finalidad de incrementar las tierras de cultivo en la laguna, *"sería necesario enviar a personas que entendiesen de ello y lo vieren y lo tasasen lo que podría costar en desaguarla (…) y el valor del aprovechamiento que resultaría de ello y por ser cosa necesaria (…), porque poco a poco se van anegando las tierras que hay alrededor".*

[59] Libro Capitular de Granada, 1779, folio 109 vuelta, reunión del 15 de junio, en la que se nombran peritos para el reconocimiento de la laguna: dos médicos para los problemas de salud y un agricultor para estudiar las tierras y sus posibles cultivos. Folios 130-136, correspondientes a la reunión del 17 de agosto, donde se celebró la votación del proyecto de desecación.

Estos intentos y propuestas de desecación serán una realidad a finales del siglo XVIII. En este período la Villa de Padul era propiedad del Ayuntamiento de Granada por compra realizada al Rey Felipe IV en 1627 (Carrasco Duarte, 2001). La mayor parte de la laguna era por entonces propiedad del Conde de Villamena de Cozvíjar. En 1779 se presenta un proyecto de desecación para estudiar las posibilidades de su desecación y, con el informe de peritos y médicos donde se recogían las ventajas e inconvenientes de tal actuación, se concedió al conde permiso para llevarlo a la práctica. Será entonces cuando se construya un sistema de canalización con objeto de desaguar el humedal mediante canales o "madres de desagüe".

De acuerdo con Carrasco Duarte (2001), la justificación para el desagüe era fundamentalmente de tipo económico: incremento de tierras cultivables y posibilidad de una zona de pastoreo de reses que suministrarían carne a la ciudad de Granada. En lo que respecta a las motivaciones sanitarias, la desecación acabaría con las fiebres endémicas y las enfermedades características de los humedales. Por el contrario, los que estaban en contra de la desecación aludían a dos motivos principales: la negación al derecho de propiedad sobre el agua que tenía el Conde de Villamena; y al desconocimiento de las consecuencias que podría desencadenar tal proyecto, pues cabría la posibilidad de perjudicar a los labradores que tenían sus tierras en áreas cercanas a las obras de desecación.

Desde entonces, las tierras desecadas tendrán un claro carácter agrícola. No obstante, nunca fue explotada de forma directa por su propietario (D. Pedro Teruel y Saavedra, Conde de Villamena) sino que, dividida en pequeñas parcelas, fue concedida a numerosos colonos para su cultivo por un precio que oscilaba entre las 2 y 281 pesetas (Carrasco Duarte, 2001).

Las referencias históricas de la laguna a partir de 1779 ponen de manifiesto un avanzado estado de desecación. A finales del S.XVIII, Tomás López señala que *"en la salubilidad que caracteriza al Valle de Lecrín ha de exceptuarse la Villa de Padul que, al estar tan inmediata a su laguna, ha sido reputada por enferma, aunque ha dejado de serlo desde hace pocos años con el objeto de cultivar sus terrenos, desecando la mayor parte de la misma, a cuya desecación han contribuido muy mucho lo poco lluvioso de estos últimos años".*

A mediados de este siglo, Pascual Madoz, en su diccionario geográfico-estadístico-histórico (1845-1850) hace la siguiente referencia a la Villa de Padul: *"marchando desde Granada a Motril y las Alpujarras, sus vistas son deliciosas (…); de que la vega ofrezca su frondosa vegetación en una continua primavera (…); encontrándose en ella hermosos sotos de alamedas, viñas, olivares, y aún en lo inculto, que está casi siempre encharcado, por lo que se llama la Laguna, carrizos, aneas y otras hierbas que contribuyen con su verdor a formar un paisaje pintoresco (…)".* De esta fuente histórica se deduce que, a pesar del avanzado estado de desecación, aún se conservaban zonas encharcadas, pues según la descripción de Madoz: *"su clima es sano, si bien en los estíos se padecen calenturas intermitentes debidas al estancamiento de las aguas que se filtran por las sierras que la rodean (…) y es muy verosímil que habiendo años lluviosos y desidia en limpiar las madres que evacúan la laguna, vuelva el desecado tornar a encharcarse y el Padul a sufrir las enfermedades".*

A finales de este siglo, el Libro de Amillaramiento de Padul (1881) hace referencia a unos terrenos anegados que ocupan 320 marjales.

El siglo XX comienza con una escritura de venta que data del año 1900 otorgada por los herederos del Conde de Villamena (propietario de gran parte de la laguna) a D. José Corral y Robles por la cantidad de 120.000 pesetas. En lo que respecta a la utilización de la turba, algunas notas históricas ponen de manifiesto el interés que comenzaban a suscitar las turberas de Padul. Según la nota publicada por Díez Tortosa (1909), desde finales del S.XVIII

comenzaba a existir un cierto interés en su explotación por parte de una sociedad inglesa. En esta nota se hace referencia a que en torno a 1874-1875 la turba, denominada “orujo de La Laguna”, había sido utilizada por un ingeniero valenciano como combustible, construyendo una calera para cocer la caliza en los Llanos de Marchena. Pocos años después, en 1901, D. Ricardo Navarro obtuvo del propietario de la laguna una cesión para la explotación del “orujo” durante 30 años, aunque al poco tiempo se intentó vender a dos hermanos ingleses (D. Juan Carmichael y D. Jaime Carmichael) por la cantidad de 350.000 pesetas. Al no reunir éstos el capital necesario, desistieron de la explotación.

En 1911, el expediente 1820/16 de la Jefatura Provincial de Minas recoge un nuevo intento de explotación de la turba como combustible, argumentando que, además de obtener volúmenes importantes de turba, se favorecería la desecación de algunas tierras que aún se encharcaban con frecuencia y dificultaban las labores agrícolas. Puesto que parte de las tierras susceptibles de ser explotadas estaban ocupadas por cultivos, se ofreció a sus propietarios unas 880 pesetas por hectárea. Sin embargo, los colonos que explotaban las tierras mostraron en todo momento su desacuerdo. En septiembre de 1911 se canceló el expediente, poniendo fin a este intento de aprovechamiento industrial de la turba.

De esta documentación histórica se desprende que el proceso de desecación no había finalizado y era inevitable que se produjesen encharcamientos ocasionales, como por ejemplo, en períodos de lluvias intensas. En consecuencia, las labores de saneamiento y limpieza eran constantes, e incluso en años como 1937 el ayuntamiento pidió a los propietarios de las tierras el 25% del coste de la limpieza, atribuyéndolo a la parte higiénica y agrícola del proyecto. En 1938 las labores de saneamiento se reforzaron con la mano de obra procedente de los prisioneros de la guerra, que llegaron a rebajar el nivel de las aguas en 1.10 m. Durante 1940 y 1951 los canales de desagüe se drenaron por parte de los mismos labradores.

Al carácter eminentemente agrícola de la desecada laguna se suma a mediados del S.XX una nueva actividad: las canteras de turba a cielo abierto. Las primeras explotaciones se inician en 1943, aunque se detuvieron al no obtener concesión de la Comisión de la Turba. Será a partir de 1956 cuando la explotación se lleve a cabo de forma continuada por dos compañías, ambas con una concesión administrativa hasta 2034. De esta forma, a mediados del S.XX el paisaje del humedal queda configurado por pequeños reductos lagunares, canteras de turba a cielo abierto y una vega cultivada en pequeñas parcelas heredadas del gran proyecto de desecación de finales del S.XVIII.

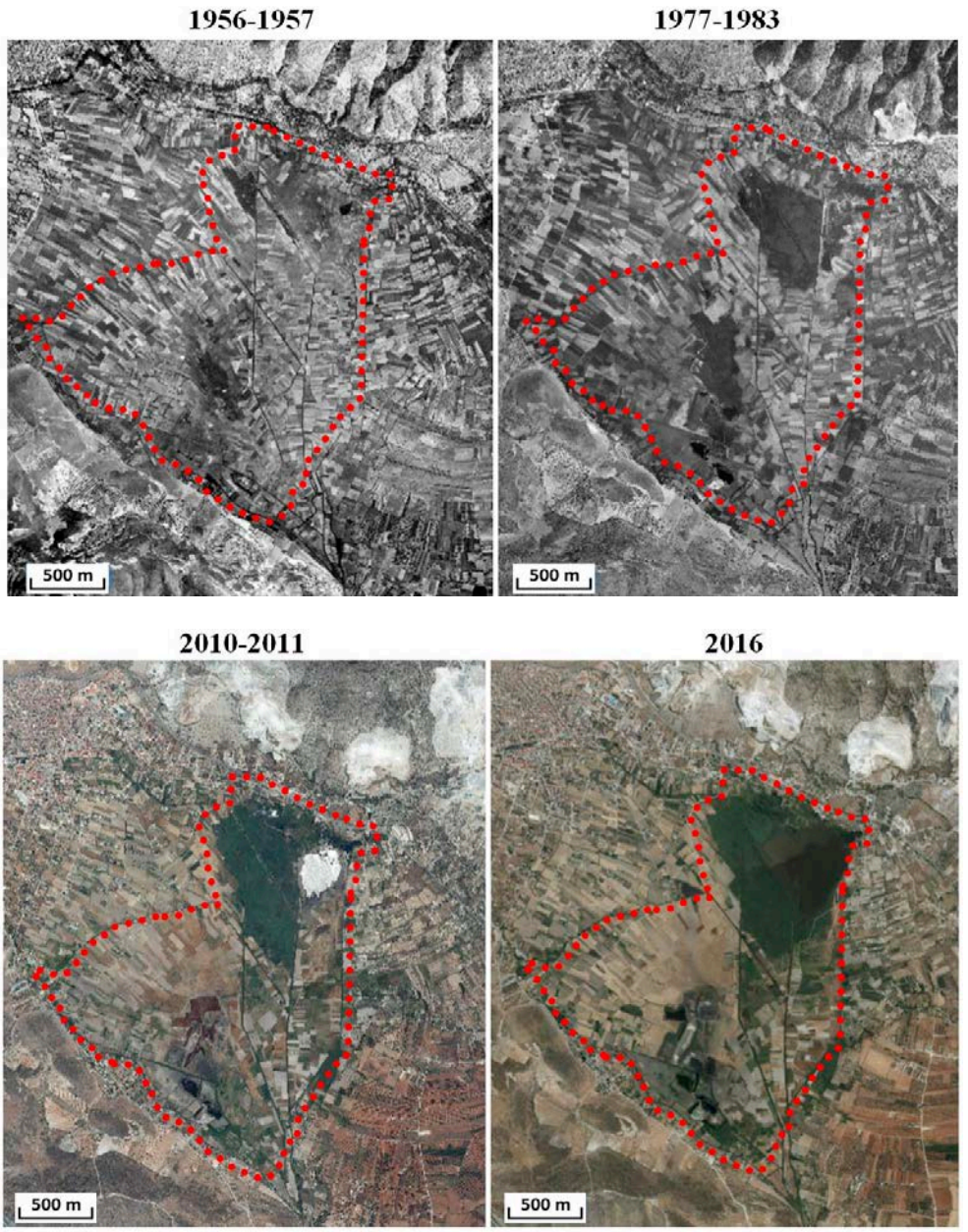
3.3. Dinámica reciente y cambios en los usos del suelo: la recuperación del humedal

Un análisis mediante fotografía aérea (Figura 7) pone de manifiesto que, al menos hasta finales de la década de los 50, la agricultura era la actividad imperante en el espacio que previamente había ocupado el humedal de Padul, convertido en vega cultivable a partir de sus históricas desecaciones. En la fotografía aérea de 1956-1957 se observa una vega totalmente cultivada donde las canteras de turba aún no adquieren demasiada extensión dado que su explotación se inicia en 1956. Se trata, por tanto, de un espacio eminentemente agrícola en el que el parcelario presenta un carácter minifundista que apenas ha experimentado cambios desde el S.XVIII.

Durante la década de 1960-1970 se produce una fuerte emigración desde las zonas rurales a otras ciudades españolas, e incluso a destinos internacionales como Francia. En consecuencia, parte de las parcelas cultivadas se abandonan y se reduce el dragado de los canales de drenaje (Castillo Martín et al., 1984; Carrasco Duarte, 2001). En la fotografía aérea de 1977-1983 se observa como el carrizal se recupera y alcanza una gran extensión al norte y sur de la vega. En este último caso, aparecen también zonas extractivas (canteras de

turba) en la mitad meridional cubiertas por una masa de agua. Algunas investigaciones (ENADIMSA, 1980; Castillo Martín et al., 1984) manifiestan que, paralelamente al abandono agrícola, tiene lugar un proceso natural de subsidencia de la fosa tectónica, que también influirá en la reducción de la capacidad de desagüe de los canales construidos para tal fin y, por tanto, en el incremento de las superficies pantanosas

FIGURA 7
Dinámica evolutiva de la vega y Humedales y Turberas de Padul (1956-1957 a 2016) en el contexto del Parque Natural de Sierra Nevada



Fuente: Ortofotografía digital: vuelo americano Serie B (1956-1957); Vuelo Fotogramétrico Nacional Interministerial (1977-1983); Ortofoto PNOA (2010-2011); Ortofoto PNOA máxima actualidad (2016).

Esta subsidencia tiene lugar sobre todo en el sector septentrional de la depresión. Conforme se produce la subsidencia, algunos canales alcanzan cotas inferiores a las del resto del sistema de canalización, quedando hundidos y relativamente descolgados del sistema de

drenaje, generando un incremento del encharcamiento y regeneración de la vegetación palustre.

Durante las siguientes décadas, la vega continúa albergando sus dos actividades características: la agricultura y la extracción de turba. En el primer caso, el abandono agrícola de algunas parcelas será un hecho irreversible; además, a finales de la década de los 90 se adquieren algunas parcelas por parte de asociaciones naturalistas con el fin de recuperar parte del primitivo humedal. Todas las parcelas adquiridas se localizan junto a la turbera del Aguadero (sector septentrional); hecho que explica que el carrizal incremente su superficie sobre todo en este sector. En cambio, en la vega meridional continúa la extracción de turba, contribuyendo consecuentemente a la reducción de la superficie ocupada por la vegetación palustre.

La extracción de turba mediante canteras a cielo abierto se ha llevado a cabo de forma casi ininterrumpida desde 1956. Será a finales de la década de los 70 cuando se produzca un auge de la extracción dada la utilidad de la turba como correctivo de tierras. Durante la década de los 80 se lleva a cabo una investigación con la finalidad de utilizar la turba como fuente de energía. El proyecto se realizó en el marco del Plan Energético Nacional. Se estimó la existencia de 54 millones de toneladas de turba cuya explotación podría llegar a los 43 m de profundidad pues, aunque los depósitos llegaban a los 70 m de profundidad, una explotación superior a los 43 m podría generar problemas con los taludes derivados de la extracción e incluso con las aguas subterráneas.

La técnica de extracción propuesta contó con informes de turberas similares en Irlanda y Alemania. Se propuso la creación de zanjas de drenaje y secado e incluso canales perimetrales de desecación en torno a los depósitos de turba. Su producción se estimó en 1 millón de toneladas de turba al año. Sin embargo, la puesta en marcha de este proyecto requería grandes inversiones en maquinaria e infraestructuras, e incluso la construcción de una central nuclear en el municipio de Arenas del Rey (Granada), hacia donde se transportaría la turba mediante ferrocarril. Dado el elevado coste que suponía la ejecución del proyecto y la alta saturación hídrica que presentaban los depósitos de turba (inconveniente principal para aprovechar el poder energético de la turba en su estado natural), finalmente el proyecto no se llevó a cabo (ENADIMSA, 1980; Castillo Martín et al., 1984; Carrasco Duarte, 2001).

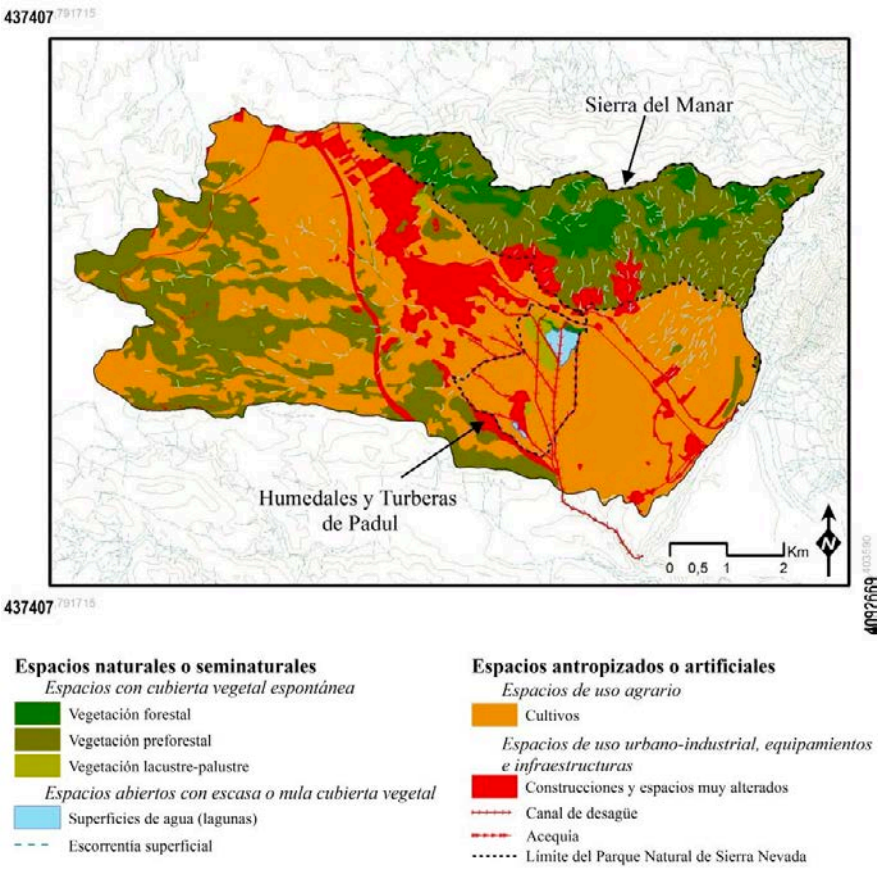
Como puede apreciarse en la figura 7, será partir de 2010 cuando se produzcan los cambios más significativos en los usos del suelo de la vega, humedales y turberas. El cierre provisional de las explotaciones de turba generó un incremento de la superficie encharcada tanto en la turbera septentrional (Aguadero) como en la meridional (Agia). En ese mismo año, la turbera del Agia comenzó a explotarse nuevamente por la empresa Turbera del Agia S.L. En cambio, desde 2010 hasta la actualidad, la cantera de turba del Aguadero permanecerá clausurada, incrementándose notablemente la superficie encharcada y su carrizal asociado.

Por otra parte, se analizan a continuación los principales usos del suelo de la cuenca hidrográfica en su conjunto, incluyendo aquellos espacios que forman parte del Parque Natural de Sierra Nevada (Humedales y Turberas y Sierra del Manar) (Figura 8).

Atendiendo a la anterior figura, en primer lugar cabe señalar el predominio de los espacios antropizados o artificiales. Destacan especialmente los espacios de uso agrario (cultivos), que dominan el 40.2% de la cuenca. Respecto a los espacios de uso urbano-industrial, equipamientos e infraestructuras (construcciones y espacios muy alterados), destaca el uso urbano (178 Ha) y las explotaciones minero-extractivas. En este último caso, son 8 las explotaciones extractivas identificadas, que corresponden a dos tipos: extracción de áridos (dolomías) y extracción de turba (en los humedales y turberas del fondo de la depresión). El

primer tipo ocupa una superficie 113.2 Ha, mientras que la superficie ocupada por las canteras de turba se reduce a 17 Ha en la actualidad (no obstante, hasta 2010 el fondo de la cuenca contaba con otra explotación de turba de 16 Ha, en la actualidad clausurada).

FIGURA 8
Mapa de usos del suelo de la cuenca de Padul en el contexto del Parque Natural de Sierra Nevada



Fuente: elaboración propia a partir de MUCVA E. 1:25.000 (2007), adaptado y actualizado mediante fotointerpretación.

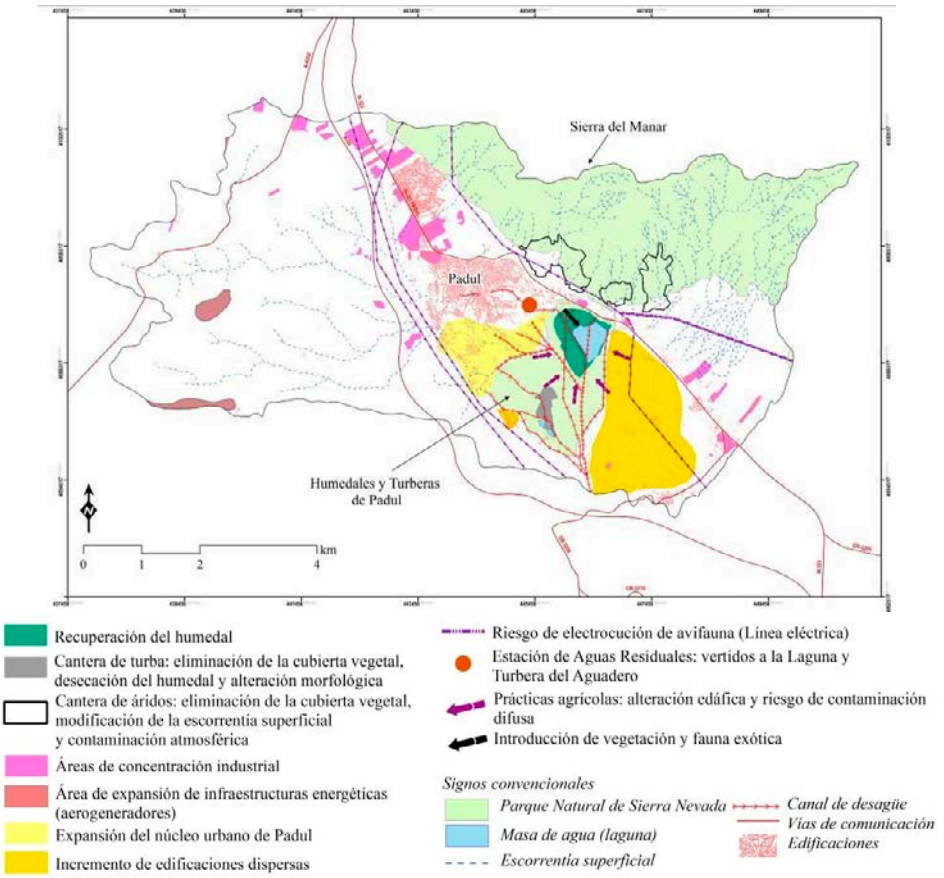
En relación a la cubierta forestal, como cambio más significativo cabe señalar que la cubierta vegetal no se corresponde en la actualidad con la vegetación potencial propia de este sector, perteneciente a las series béticas de la encina *(Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae S.)* y del pinar-sabinar edafoxerófilo *(Rhamno myrtifolii-Junipereto phoeniceae S).* En consecuencia, el tapiz vegetal actual se corresponde con pinares de repoblación donde prevalece el pino carrasco *(Pinus halepensis)* y algunos ejemplares de pino resinero *(Pinus pinaster)*.

Respecto a la unidad conformada por los Humedales y Turberas, por su carácter lacustre-palustre, alberga el sistema más complejo de infraestructuras hidráulicas (canales de desagüe y acequias) que ha tenido la finalidad de desecar el primigenio humedal e incrementar la superficie cultivable. Este proceso, con un profundo carácter histórico, ha desencadenado, por una parte: una notable reducción de la superficie ocupada originalmente por comunidades de carrizales, juncales y espadañales, que en la actualidad sólo supone el 0.8% de la cuenca (45.5 Ha) como consecuencia de la roturación de tierras; por otra, un retroceso de la vegetación acuática, como consecuencia, en este caso, de la desecación de superficies de aguas libres.

3.4. Presiones y riesgos

Un análisis pormenorizado de los usos del suelo del humedal y su cuenca asociada, así como el trabajo de campo y la fotointerpretación, han permitido detectar una serie de presiones y riesgos que afectan actualmente a los reductos lagunares en el contexto de su cuenca hidrológica (Figura 9).

FIGURA 9
Presiones y riesgos ambientales en la cuenca de Padul en el contexto del Parque Natural de Sierra Nevada



Fuente: elaboración propia.

Atendiendo a la figura anterior, se identifica una mayor concentración de presiones y riesgos en el área central de la cuenca, coincidente con los Humedales y Turberas. A excepción de la recuperación parcial del humedal tras la clausura de la cantera de turba del Aguadero, que puede entenderse como una dinámica progresiva y/o positiva, el resto del humedal presenta presiones y riesgos de diverso tipo.

En relación con la presión agrícola, cabe señalar que esta actividad supone una explotación de la capa fértil del suelo en detrimento de la cubierta vegetal natural. Secularmente se ha producido una eliminación de la cubierta vegetal riparia y palustre con la finalidad de incrementar la superficie cultivable. Este proceso ha desencadenado, por una parte, la simplificación cualitativa y cuantitativa de especies arbóreas como álamos, olmos, sauces, etc.; por otra, la alteración de la secuencia vegetal original de las comunidades acuáticas y helofíticas. Además, la utilización de abonos, nutrientes y fertilizantes constituye también un riesgo en relación con la contaminación difusa del suelo y del agua, que puede incrementar el riesgo de eutrofización de los reductos lagunares y canales de desagüe.

Por su parte, los canales de desecación, aún activos, contribuyen tanto al desagüe del humedal como a la expansión de especies de ictiofauna invasoras como la carpa *(Cyprinus carpio)*, en detrimento de especies autóctonas como el cacho o cachuelo *(Leuciscus idus)*, aunque también deben considerarse otras especies invasoras como el cangrejo rojo americano *(Procambarus clarkii)* o el galápago de Florida *(Trachemys scripta elegans)*. Entre las especies vegetales que han sido introducidas en el humedal, cabe destacar la presencia del eucalipto *(Eucalyptus spp.)* o ailanto *(Ailanthus altissima).*

Por otra parte, la construcción de viviendas en las inmediaciones de la vega de Padul se ha incrementado también notablemente. Algunas de las casas de aperos asociadas a la agricultura de la vega han perdido su función agrícola, adquiriendo en numerosas ocasiones la función de segunda residencia. Estas edificaciones, junto con las asociadas a las explotaciones de turba implican también la aparición de tendidos eléctricos que llegan a entrar en contacto con la vegetación palustre, generando un elevado riesgo de incendio así como la posibilidad de electrocución de la avifauna.

3.5. Caracterización y valoración del paisaje del humedal

De acuerdo con Swanwick (2002, 2004) y en relación con las orientaciones del Convenio Europeo del Paisaje, la caracterización paisajística está sujeta a sus componentes naturales, históricos y culturales, así como a la interrelación entre tales componentes; es decir, el carácter puede definirse como la conjunción particular y reconocible de elementos presentes en un determinado paisaje que lo hacen diferente a otro. El carácter es resultado de factores naturales, socio-culturales, históricos y perceptivo-visuales y se consolida a partir de un subsistema ambiental que evoluciona por efecto de procesos naturales de diversa índole y a un ritmo concreto, así como por una estructura social que introduce elementos nuevos y elimina otros interfiriendo en los mecanismos y ritmos naturales.

El carácter paisajístico actual de la Laguna de Padul puede calificarse como "natural" (o naturalizado), agrícola y, desde luego, histórico-cultural, ya que comparte los contrastes propios de los paisajes agrarios junto con la inclusión de un humedal históricamente desecado y actualmente en recuperación.

En este humedal de tipo turbera, las condiciones topográficas y edáficas han propiciado su secular desecación y roturación para su puesta en cultivo mediante explotaciones que son intensivas cuando además, existen infraestructuras de regadío. Se trata de un "humedal cultivado" en el que la agricultura, eminentemente cerealista, presenta una histórica atomización del parcelario que se mantiene en el paisaje contemporáneo. A la explotación agrícola se suma una actividad minero-extractiva que, aunque puede considerarse un impacto ambiental, contribuye sin duda al carácter paisajístico del humedal. Así, los procesos históricos que han perseguido la explotación de los recursos agrícolas y minero-industriales de la laguna le confieren a ésta el carácter de *humedal cultural*.

En el contexto del Espacio Natural de Sierra Nevada, los Humedales y Turberas de Padul constituyen uno de los espacios que presentan una mayor singularidad desde el punto de vista paisajístico. En este sentido, entre los elementos constitutivos de este paisaje, la laguna y su amplio carrizal prevalecen sobre el resto tanto por su extensión como por la homogeneidad que le otorgan en cuanto a colorido, forma y textura; pero además, cabría destacar que este paisaje presenta numerosos valores entre los que pueden señalarse:

(1) Valores ecológicos: constituye el humedal de tipo turbera más meridional del continente europeo. En este sentido, puede considerarse como un espacio clave para investigaciones en relación con el polen, el paleopaisaje o los cambios climáticos. Por

otra parte, desde el punto de vista faunístico, alberga más de 170 especies de aves, algunas de las cuales presentan un alto riesgo de extinción.

(2) Valores productivos: entre los valores productivos históricos puede señalarse la explotación de los recursos vegetales (carrizo y anea), hídricos y edáficos (turba), aunque desde 1989, con la inclusión del humedal en el Parque Natural de Sierra Nevada, las limitaciones derivadas de dicha protección han supuesto una simplificación en cuanto a la explotación de los recursos. En este sentido, la agricultura constituye en la actualidad el principal valor productivo de las superficies aledañas a la laguna, pues la productividad edáfica propia de los suelos de turba junto con el abastecimiento de agua mediante acequias y brazales, le confieren a esta turbera una clara vocación agrícola caracterizada por un monocultivo de cereal en el que se intercalan pequeñas parcelas con policultivos tradicionales de subsistencia (huerta) y algunos olivares de reducida extensión. Por su parte, la ganadería supone en la actualidad una actividad residual; tan solo algunos rebaños de ganado ovino utilizan esta área como zona de pasto.
(3) Valores histórico-patrimoniales: los históricos canales de desagüe constituyen uno de los valores históricos de primer orden en el humedal, pues suponen una de sus principales señas de identidad ya que la Laguna de Padul y su vega no puede entenderse sin sus características "madres". Por otra parte, cabe destacar el patrimonio paleontológico (restos de mamut lanudo o *Mammuthus primigenius*) y el arqueológico, que en la actualidad está siendo objeto de estudio con el proyecto de investigación "Utilización y ocupación de las zonas húmedas de Andalucía medieval (HAR2014-56365-P)", financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

(4) Valores de uso social: según los datos ofrecidos por la Concejalía de Turismo del Ayto. de Padul y el aula de la naturaleza El Aguadero, el humedal recibe unos 1.500 visitantes/año. No obstante, se estima que el 70% de los visitantes no acceden al aula de la naturaleza, por lo que las visitas reales exceden a las registradas oficialmente. Además, desde 2010 se han incrementado notablemente las infraestructuras de uso público (observatorios de aves, un área recreativa, aparcamiento, sendero señalizado, etc.) así como diversas actividades entre las que destacan los talleres gratuitos para el anillamiento científico de aves.

(5) Valores mitológicos y simbólicos: los humedales, concebidos históricamente como enclaves insalubres y misteriosos, no han estado exentos de leyendas, atribuyéndoles valores mitológicos que han trascendido de generación en generación en sus poblaciones circundantes. En este sentido, sobre la Laguna de Padul recae la *Leyenda del Ojo Oscuro, José Lao y sus bueyes*[60]. Respecto a los valores simbólicos, la reciente recuperación parcial del primigenio humedal sobre la cantera de turba donde se hallaron los restos de mamut lanudo en la década de los 80, ha convertido a este gran mamífero que ocupó los humedales hace unos 30.000 años en todo un símbolo para el municipio de Padul y su estrategia turística.

(6) Valores estéticos: las fenofases estacionales constituyen uno de los principales valores del humedal de Padul. Mientras que durante el período otoño-invernal predominan los tonos dorados en el extenso carrizal, durante la primavera y el verano el color verde intenso domina el paisaje. En estos cambios estacionales la fauna alcanza también un notable protagonismo, sobre todo las aves, siendo especialmente significativo el período postnupcial, cuando regresan desde los territorios de cría europeos hacia el continente africano. Por otra parte, cabe señalar el fondo escénico del paisaje de los Humedales y Turberas de Padul, donde destaca Sierra Nevada como uno de sus principales valores estéticos. Sus cumbres nevadas durante el invierno y primavera, así como su intensa

[60] El Ojo Oscuro es un manantial de origen kárstico con un caudal de 590 l/s.

tonalidad grisácea durante el estío, diversifican la gama cromática del fondo escénico de la laguna.

4. Conclusiones

Los Humedales y Turberas de Padul constituyen una unidad fisiográfica indiscutible tanto en el contexto de su cuenca hidrológica asociada (escala local) como en el Espacio Natural de Sierra Nevada (escala comarcal/regional).

Aunque la principal razón de su inclusión en el parque natural radica en sus valores ecológicos, cabe destacar que los espacios considerados como humedal en sentido estricto no superan en la actualidad el 20% de la superficie que originalmente llegaron a ocupar. Además, continúan sometidos a un proceso de desecación iniciado hace más de dos siglos y presentan numerosas presiones ambientales y paisajísticas que deberían ser líneas prioritarias en la gestión de este espacio.

Por su particularidad como sistema lacustre-palustre, debe considerarse en la gestión de la Laguna de Padul que ésta no pueda concebirse como un elemento aislado del territorio, pues constituye un ecosistema sensible e interdependiente de su cuenca hidrológica asociada que precisa de una gestión integral aunque ésta supere los límites administrativos del Espacio Natural de Sierra Nevada.

Por otra parte, y más allá de la compatibilidad o restricción de usos que el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) establece para el caso de los Humedales y Turberas de Padul, se enumeran a continuación algunas sugerencias que podrían ser de utilidad para la gestión del paisaje de este espacio: (1) Perfeccionar las campañas de información y sensibilización con la finalidad de promocionar el valor de la Laguna de Padul, que supera la perspectiva faunística y alcanza la eco-cultural y paisajística; (2) Adquisición por parte de la administración de las propiedades privadas ocupadas por carrizal y canteras de turba para poder llevar a cabo una restauración integral del humedal, sin menoscabo de su patrimonio industrial asociado; (3) Controlar la roturación de las tierras circundantes a la masa de agua, pues se trata de suelos que mantienen una notable humedad edáfica y funcionan como criptohumedales; (4) Recuperar y restaurar su integridad ecológica y paisajística. La gestión del humedal no debe centrarse en elementos singulares o sectoriales (masa de agua, hábitat faunístico, cubierta vegetal), sino que ha de realizarse de manera integrada para que la zona húmeda pueda funcionar de manera autosuficiente. Al mismo tiempo, ha de evitarse la recreación, es decir, la reproducción de escenarios visuales emblemáticos que se aproximan más a los objetivos de los parques temáticos que a la restauración del carácter paisajístico.

En cualquier caso, cabe señalar que la recuperación parcial del humedal que está teniendo lugar desde 2010 ha generado una dinámica progresiva sin precedentes, por lo que puede suponer una oportunidad para la gestión de la laguna y su revalorización como espacio singular en el contexto del parque natural. Esta revalorización podría plantearse desde el punto de vista paisajístico; por ejemplo, mediante la instalación de paneles informativos que muestren a los visitantes cómo se ha ido consolidando un paisaje que, más allá de sus valores ecológicos, constituye un paisaje cultural que enriquece la diversidad paisajística del Espacio Natural de Sierra Nevada.

Referencias bibliográficas

- Álvarez;Lao, D., y García, N. (2011). Geographical distribution of Pleistocene cold-adapted large mammal faunas in the Iberian Peninsula. *Quaternary International*, 233, 159-170.
- Álvarez-Lao, D., y García, N. (2012). Comparative revision of the Iberian woolly mammoth *(Mammuthus primigenius)* record into a European context. *Quaternary Science Reviews*, 32, 64-74.
- Arias García, J. (2016). *Identificación, caracterización y cualificación de los paisajes de las grandes cuencas endorreicas de Andalucía: ensayo metodológico para la implementación del Convenio Europeo del Paisaje en sistemas lacustre-palustres.* Tesis doctoral. Granada, España: Universidad de Granada [Disponible en: http://hdl.handle.net/10481/40944].
- Blanca, G., López Onieva, M.R., Lorite, J., Martínez Lirola, M.J., Molero Mesa, J., Quintas, S., Ruiz Girela, M., Varo, M., y Vidal, S. (2001). *Flora amenazada y endémica de Sierra Nevada*. Granada, España: Editorial Universidad de Granada y Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Carrasco Duarte, M. (2001). *El Padul.* 3ª ed. Granada, España: Concejalía de Promoción y Desarrollo. Excmo. Ayuntamiento de Padul.
- Castillo Martín, A. (1982). *Estudio hidroquímico de la depresión de Padul (Granada).* Tesis de Licenciatura. Universidad de Granada (Inédita).
- Castillo Martín, A. (1984). Síntesis hidroquímica de la Depresión de Padul (Granada). *Cuadernos de Geología,* 12, 209-217.
- Castillo Martín, A., Benavente Herrera, J., Fernández-Rubio, R., y Pulido-Bosch, A. (1984). Evolución y ámbito hidrogeológico de la laguna de Padul (Granada). En MOPU, *Las Zonas Húmedas de Andalucía* (pp. 87-100). Madrid, España: Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Díez Tortosa, J.L. (1909). Nota sobre el turbal de El Padul. *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural, Tomo IX*, 280-285.
- ENADIMSA (Empresa Nacional Adaro De Investigaciones Mineras) (1980). *Investigación de carbón en Arenas del Rey y Padul.* Departamento Minería Superficie. Referencia: P0/71/005. Plan Energético Nacional (Inédito).
- Gómez Ortiz, A. (Coord.) (2002). *Mapa geomorfológico de Sierra Nevada. Morfología glaciar y periglaciar.* Ed. Universidad de Granada y Consejería de Medio Ambiente.
- Jiménez Olivencia, Y. (1992). *Los paisajes de Sierra Nevada. Cartografía de los sistemas naturales de una montaña mediterránea.* Granada, España: Colección Tierras del Sur. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Jiménez Olivencia, Y. (2000). De los complejos naturales a los paisajes: el modelo de Sierra Nevada. *Cuadernos Geográficos,* 30, 347-363.
- Martínez Parras, J.M., y Peinado Lorca, M. (1983). Estudio botánico de los ecosistemas de la depresión de Padul (Granada). *Collectanea Botanica,* 14, 317-326.
- Néstares, T., y Torres, T. (1998). Un nuevo sondeo de investigación paleoambiental del Pleistoceno y Holoceno en la turbera de Padul (Granada, Andalucía). *Geogaceta,* 23, 99-102.
- Ortiz, J.E., Torres, T., Delgado, A., Julià, R., Lucini, M., Llamas, F.J., Reyes, E., Soler, V., y Valle, M. (2004). The palaeoenvironmental and palaeohydrological evolution of Padul Peat Bog (Granada, Spain) over one million years, from elemental, isotopic and molecular organic geochemical proxies. *Organic Geochemistry*, 35, 1243–1260
- Ortiz, J.E., Torres, T., Delgado, A., Llamas, F.J., Soler, V., Valle, M., Julià, R., Moreno, L., y Díaz-Bautista, A. (2010). Palaeoenvironmental changes in the Padul Basin (Granada, Spain) over the last 1 Ma based on the biomarker content. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298, 286–299.
- Palma, P., Oliva, M., García-Hernández, C., Gómez Ortiz, A., Ruiz-Fernández, J., Salvador-Franch, S., y Catarineu, M. (2017). Spatial characterization of glacial and periglacial landforms in the highlands of Sierra Nevada (Spain). *Science of the Total Environment, 584-585*, 1256-1267.
- Pérez Marrero, J., y Bestué Cardiel, I. (2014). Sistemas de regadío tradicional del Padul y su laguna. *Congreso Internacional Regadío, Sociedad, Territorio. Homenaje a Thomas F.Glick.* Valencia (España), 25 a 27 de septiembre de 2014.
- Pérez-Peña, J.V., Azor, A., Azañón, J.M., y Keller, E.A. (2010). Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spain): Insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis. *Geomorpholgy,* 119, 74-87.
- Pérez Raya, F., y López Nieto, J.M. (1991). Vegetación acuática y helofítica de la depresión de Padul (Granada). *Acta Botanica Malacitana*, *16* (2), 373-389.
- Pons, A., y Reille, M. (1988). The Holocene and Upper Pleistocene pollen recard from Padul (Granada, Spain): a new study. *The Holocene*, 66, 243–263.
- Rivas Fernández, J.M., y Moreno Rueda, G. (2009). *Guía de aves de los Humedales y Turberas de Padul*. Granada, España: Ayuntamiento de Padul. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Rivas-Martínez, S. (1983). Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa,* 5, 33-43.
- Rivas-Martínez, S. (1987). *Mapa de series de vegetación de España 1:400.000 y memoria.* Madrid, España: ICONA, Serie Técnica.
- Sánchez Castillo, P.M., y Morales Torres, C. (1981). Algunas especies hidrofíticas de la provincia de Granada. *Anales del Jardín Botánico de Madrid, 37* (2), 677-692.

- Sánchez del Árbol, M.A. (2009). El medio bio-físico de la Depresión de Padul (Valle Alto de Lecrín). En J. Gómez Zotano y F. Ortega Alba (Coord.), *El sector central de las Béticas: una visión desde la Geografía Física* (pp. 299-322). Granada, España: Editorial Universidad de Granada.
- Titos Martínez, M. (1997a). *Sierra Nevada: una gran historia.* Vol. I. Granada, España: Colección Tierras del Sur. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Titos Martínez, M. (1997b). *Sierra Nevada: una gran historia.* Vol. II. Granada, España: Colección Tierras del Sur. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Valle-Hernández, M., Rivas-Carballo, M.R., Lucini, M., Ortiz, J.E., y Torres, T. (2003). Interpretación paleoecológica y paleoclimática del tramo superior de la turbera de Padul (Granada, España). *Polen,* 13, 85-95.
- Valle Tendero, F. (Coord.) (2005a). *Datos botánicos aplicados a la gestión del medio natural andaluz II: series de vegetación.* Sevilla, España: Colección Manuales de Restauración Forestal nº5 (Vol. II). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Valle Tendero, F. (Coord.) (2005b). *Datos botánicos aplicados a la gestión del medio litoral andaluz IV. Anexo Cartográfico y Series de vegetación Edafohigrófilas.* Sevilla, España: Colección Manuales de Restauración Forestal nº5 (Vol. IV). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Valle Tendero, F., Navarro Reyes, F.B., y Jiménez Morales, M.N. (Coord.) (2005). *Datos botánicos aplicados a la gestión del medio natural andaluz I: Bioclimatología y Biogeografía.* Sevilla, España: Colección Manuales de Restauración Forestal nº5 (Vol.1). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Villegas Molina, F. (1967). Laguna de Padul. Evolución Geológico-Histórica. *Estudios Geográficos, Vol. 28* (109), 561-576.
- Villegas Molina, F. (1972). *El Valle de Lecrín.* Instituto de Geografía Aplicada del Patronato “Alonso de Herrera”. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Zoido Naranjo, F., y Jiménez Olivencia, Y. (Dir.) (2015). *Catálogo de paisajes de la provincia de Granada.* Sevilla, España: Centro de Estudios Paisaje y Territorio. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

UN DAGUERROTIPO DE 1847: LA PRIMERA IMAGEN FOTOGRÁFICA DE SIERRA NEVADA

MANUEL TITOS MARTÍNEZ
mtitos@ugr.es
Universidad de Granada

RESUMEN

En 1847 dos investigadores de Alsacia, Daniel Dollfus-Ausser y Guillaume-Philippe Schimper, realizaron una expedición a Sierra Nevada. Su objetivo principal era la localización de una nueva especie de cabra montes, que efectivamente encontraron y describieron, pero su interés se extendía también a la botánica y la geología, principalmente los musgos y el glaciarismo. En Granada utilizaron los servicios de un daguerrotipista francés para la obtención de una placa que, aunque muy deteriorada, se conserva en la biblioteca de la Universidad de Mulhouse procedente del fondo donado por el propio Dollfus-Ausser, que es, hasta hoy, la primera fotografía tomada en Sierra Nevada, la que inaugura la fotografía de montaña en España y una de las primeras del mundo. En este artículo se da a conocer dicho daguerrotipo, se describe la personalidad de los viajeros, las circunstancias de su viaje y lo que representa en la historia de la fotografía, del montañismo y de Sierra Nevada.

Palabras clave: Sierra Nevada, fotografía de montaña, daguerrotipo, glaciares, capra hispánica, cabra montés, geología, botánica.

ABSTRACT

In 1847, two researchers from Alsacia, Daniel Dollfus-Ausser and Guillaume-Philippe Schimper, set out for an expedition to Sierra Nevada. Although their main goal was to locate a new species of Iberian Ibex – actually finding and describing it-, their interest also encompassed botany and geology, namely moss and glaciers. In Granada, they hired the services of a French daguerreotypist in order to make a sheet that is still preserved, despite its later deterioration, in the collection donated by Dolfuss-Ausser to the University of Mulhouse Library. To the present day, it is the oldest photography taken in Sierra Nevada, inaugurating Mountain photography in Spain, and it stands as one of the very first in the world. By studying such a unique daguerreotype, this paper depicts the personality of the two travellers and the circumstances of the journey as well as its significance to the history of photography, mountaineering and Sierra Nevada.

Keywords: *Sierra Nevada, Mountain photography, daguerreotype, capra hispanica, Iberian Ibex, geology, botany.*

1. El interés iconográfico de Sierra Nevada

La singularidad geográfica de Sierra Nevada atrajo desde el siglo XVIII a científicos de todo el mundo, principalmente geólogos y botánicos, que dibujaron minuciosamente su estructura y sus plantas;impresas y coloreadas posteriormente de manera manual- y elaboraron algunos dibujos de singular interés. Johann F. L. Hausmann (1782-1859) fue el primero, ya que en 1829 realizó un viaje a la Alpujarra y a Sierra Nevada con el propósito de visitar las minas y las plantas metalúrgicas, en la Sierra de Gádor, en Berja, entonces en plena explotación. Su alzado de la cara sur de Sierra Nevada, guarda relación con las visiones posteriores de Boissier, Schimper o de Pfendler D'Ottenshein, aunque es dudoso que estos autores pudieran conocer el trabajo del primero. Poco después, en 1834, el británico Samuel Cook dejó también impreso un leve perfil geológico de la montaña granadina, aunque con muy poca información. Luego, a

mitad del siglo, los ingenieros de minas, con una investigación aplicada al desarrollo de su actividad, recorrieron Sierra Nevada y elaboraron planos mineros y topográficos de Güéjar Sierra y de la cabecera del Genil, destacando por su trabajo en este sentido Amalio Maestre, Pedro Sampayo y Antonio A. de Linera.

Pero fue en el ámbito de la botánica donde la investigación y las aportaciones iconográficas fueron en estos momentos más amplias y destacables. ¿Cómo dejar de citar en este sentido los más de doscientos grabados coloreados a mano que forman la colección publicada en Paris en 1845 por el botánico suizo Charles Edmond Boissier en su *Viaje botánico al sur de España durante el año 1837*, o su "Cuadro sinóptico de las alturas y límites de los vegetales más característicos del reino de Granada", una bellísima representación en perfil de las cuatro zonas (templada, montañosa, alpina y glacial) en que Boissier dividió el reino de Granada? ¿Cómo no hacer referencia a los trabajos que, en el mismo sentido y con la misma técnica e intención, publicó el científico austro-alemán Moritz Willkomm en 1852 y 1856? Al mismo Willkomm debemos también dos hermosos dibujos, "Vista del Collado de las Montesas" y "Vista de Güéjar Sierra", que incorporó a su libro *Las Sierras de Granada*, publicado en Viena en 1881 y que por su sentido descriptivo y estético adquieren un carácter tan documental como artístico (Titos Martínez, 1997 y 2003).

Desde mitad del siglo XIX la fotografía se va consolidando como una herramienta de representación con un enorme futuro y Granada se manifiesta como un tema recurrente para cuantos fotógrafos y editores se acercaron a España con la intención de descubrir y difundir sus costumbres, sus paisajes y su patrimonio monumental. La ciudad fue para esta temprana fotografía un paisaje de la historia, antes que nada, pero a la par un escenario pintoresco, lleno de plasticidad. La Alhambra y los tipos populares centraron la atención del observador y de su cámara oscura, mientras que la presencia del paisaje natural y de Sierra Nevada en particular fue secundaria y, en cierto modo, inevitable. En tanto que telón de fondo del escenario urbano y de sus hitos monumentales, el relieve se impone en ellos en la distancia, pero no es el protagonista de la composición. En esos centenares de fotografías que alimentan el imaginario romántico de la Granada nazarí entre las décadas de 1850 y 1870, son escasísimas las que se hacen eco de Sierra Nevada y siempre, como decimos, como fondo de la ciudad. En tan escueto repertorio destaca la que se ha citado hasta ahora como la primera imagen fotográfica que alude directamente a la montaña, la elaborada por Charles Clifford a finales de 1854; en ella, la mole de la Sierra se descubre al fondo del Valle del Genil desde los confines del Realejo, abordando un tema tan atractivo como recurrente: la frontera urbana, ese espacio donde el camino que desciende hacia el río remonta visualmente hacia las alturas del macizo penibético (Piñar Samos, 2005).

El resto de la producción fotográfica de las décadas centrales del siglo siguió abordando el tema de la Sierra en el contexto de composiciones referidas a la ciudad, cuyos antecedentes directos hay que buscar entre los grabados y litografías románticas. Destacan en este repertorio algunas tomas estereoscópicas magistrales compuestas por Soulier y Gaudin en torno a 1858 o Napper en 1861, viajeros que incluyeron a Granada en su itinerario fotográfico. Ya en el último tercio del siglo, profesionales arraigados localmente – Rafael Garzón, Ch. Maufsaise, J. García Ayola;, insistirían en esta temática, pero sin rebasar nunca los límites de la ciudad ni adentrarse en las incógnitas de la cordillera penibética (Titos Martínez y Piñar Samos, 2009, pp. 30-37).

2. El primer daguerrotipo de Sierra Nevada y la colección de fotografía de montaña de Dollfus-Ausset

Por eso resulta tan excepcional el caso plenamente documentado y materialmente conservado de un fotógrafo francés, que, acompañando a los naturalistas Daniel Dollfus-Ausset y Guillaume Philippe Schimper, estuvo en Sierra Nevada en el verano de 1847 y realizó al daguerrotipo la

que se puede afirmar que, hasta hoy, es la primera fotografía de la que existe referencia que fuera tomada en el interior de Sierra Nevada.

Los daguerrotipos son los ancestros de la fotografía. Fueron descubiertos por Louis Daguerre en 1837 a través de una serie de experimentos previos de Joseph Necéphore Niépce. Este último había iniciado sus investigaciones en 1816 y las continuó hasta su fallecimiento en 1833. Ya se conocía que una cámara oscura que recibiera una imagen por un agujero abierto en uno de sus extremos, era capaz de reproducirla en la otra cara de manera invertida; el experimento fue utilizado por algunos pintores para facilitar su tarea como dibujantes. Niépce se propuso impresionar aquellas imágenes experimentando con diversos soportes como papel, piedra o metal, recubiertos de materiales químicos fotosensibles. Utilizando el llamado betún de Judea, sustancia compuesta de hidrógeno y carbono procedente de la destilación del petróleo, logró obtener la primera de las imágenes estables en 1826 (*Point de vue pris d'une fenêtre du Gras, Saint-Loup-de-Varennes*), pero la lentitud de su método, 20 horas para plasmar cada imagen, y lo borroso de la misma dificultaron su progreso hasta que Louis-Jacques-Mandé Daguerre (1787-1851) inició unos experimentos en 1827, que dieron finalmente buen resultado cuando utilizó como soporte una placa de cobre recubierta de yoduro de plata que se ennegrecía e impresionaba al contacto con la luz formando la imagen; esta imagen era a continuación revelada con vapor de mercurio, cuyas partículas se fundían con las de la plata, fijándolas a continuación mediante un lavado con agua caliente y sal común.

Aunque desde 1837 Daguerre tenía resultados alentadores, su invención, y por consiguiente la de la fotografía, no fue oficialmente anunciada hasta el 19 de agosto de 1839 en París, cuando éste presentó su *Vue du boulevard du Temple*, que se convertiría en la primera fotografía oficialmente tomada por este procedimiento. Sin embargo, la fragilidad del soporte, el largo tiempo de exposición, la complejidad del proceso y la pesadez del equipo lo hicieron pronto obsoleto y en apenas dos décadas fue sustituido por el papel. Una vez hechos, los daguerrotipos debían ser conservados en un estuche cubierto con un cristal porque al contacto con el oxígeno la placa se plata se iba oscureciendo y la imagen desapareciendo. De ahí el escaso número de ellos conservados y el alto valor científico, artístico y documental de los mismos (Frizot, 1989, pp. 8-9).

De tan solo ocho años después de su presentación oficial, 1847, data la primera imagen fotográfica citada de Sierra Nevada realizada con esta técnica a la que se dedica este artículo[61]. Efectivamente, en la Biblioteca de la Universidad Alta Alsacia y de la Sociedad Industrial de Mulhouse (BUSIM), bajo la referencia P 1363, se conserva un daguerrotipo con la siguiente titulación original:

> *Espagne, Sierra Nevada, 1847.*
> *Moraine sur les hauteurs, entre Granade et la bergerie de St Géronimo.*
> *Daguerréotype sans glace parallèle par un artiste Français.*

La placa forma parte de un fondo de diez donado a la Sociedad Industrial de Mulhouse por la familia de Daniel Dollfus-Ausset (1797-1870), un industrial aficionado a la geología e interesado especialmente en el glaciarismo, cofundador de dicha Sociedad.

Daniel Dollfus-Ausset o Dollfus sencillamente porque Ausset es realmente el apellido de su esposa, Caroline Ausset, nació en París el 15 de abril de 1797, fue propietario y director de una de las más importantes fábricas de tejidos estampados, Dollfus, Mieg & Cie., con amplias

[61] Debo la información inicial sobre la existencia del daguerrotipo a mi colega de la Universidad de Paris Hélène Didier Sorbe y la copia utilizada a las gestiones de Javier Piñar Samos de la Universidad de Granada, Claire Déléry del Museo Guimet y Kamal Mouheb de la BUSIM, Bibliothèque de l'Université et de la Société Industrielle de Mulhouse.

conexiones con Argelia (Stoskopf, 2008), pero su verdadera vocación estuvo relacionada con el montañismo alpino, cordillera que pronto comenzó a explorar. En una de esas expediciones realizada al macizo Grimsel, en los Alpes suizos en compañía del científico alsaciano Guillaume Philippe Schimper en 1841, conocieron al famoso glaciólogo Agassiz que fue para ambos una revelación que marcaría el resto de sus vidas. El estudio de los glaciares fue desde entonces su pasión, especialmente el de l'Aar, en l'Oberand Bernois, la zona más elevada del cantón de Berna en la Suiza alpina, donde Dollfus-Ausset construyó un refugio de alta montaña, "le Pavillon de l'Aar" que llevó su propio nombre y se convirtió en etapa obligada y campo base para todos los estudiosos y excursionistas de la zona, entre ellos Schimper que lo visitó anualmente durante muchos años. En 1865 construyó también allí un observatorio meteorológico, el de mayor altitud de Europa, donde dos cazadores contratados por él realizaron diariamente durante trece meses el registro de datos meteorológicos y glaciares. Cuando la edad y las secuelas de su vida montañera le impidieron continuar practicando el alpinismo, se dedicó a ordenar la información recopilada durante toda su vida como montañero e investigador sobre lo que a él más le interesaba, los glaciares, dando a la luz una trabajo monumental, *Matériaux pour l'étuds des glaciers*, una obra en ocho partes y catorce volúmenes publicada en París entre 1863 y 1870 (Dollfus-Ausset, 1863-1870). Fue Vicepresiente de las Sociedades Francesas de Geología y Meteorología y falleció en Mulhouse el 21 de julio de 1870, dos días después de que comenzara la guerra Franco-Prusiana que haría cambiar su territorio de país, convirtiendo durante casi cincuenta años a los alsacianos en alemanes y Mulhouse en Reidisheim.

El primero y el más antiguo de los daguerrotipos de la colección de Dollfus-Ausset contiene una imagen aislada y única de Sierra Nevada, de la que no consta el fotógrafo ("un artista francés"). Las otras nueve fueron elaboradas a demanda del glaciólogo por el fotógrafo Gustave Dardel en una expedición organizada a los Alpes por el mismo Dollfus-Ausset en 1849 y figura entre ellas la primera vista fotográfica tomada del Cervino o Matterhorn. Se sabe la fecha en que fue tomada la placa española, 1847 y el lugar: entre Granada y la granja de San Jerónimo. Pero ¿quién pudo hacer el daguerrotipo de Sierra Nevada. Pudo ser él mismo y algún texto a él se lo atribuye (Jouty y Odier, 2009), pero si así fuera lo habría dejado anotado. El hecho de que no aparezca el nombre y que Dollfus-Ausset señale como autor a "un artista francés", permite concluir que él no fue el autor, y que del mismo no pudo recordar su nombre cuando, meses después, tituló la placa, ya en Francia.

Por otra parte, no consta que los expedicionarios llegaran a España con un daguerrotipista que, de haber venido, hubiera hecho más de una placa en el viaje. Al identificar a los viajeros, Morand y Kempf cuentan que a Dollfus-Ausset (imagen 1 y 4) y Shimper (imagen 3), les acompañaba Gustave, el hijo del primero, el guía, cazador y compañero habitual de Dollfus-Ausset, Hans Jaun (imagen 2) y, "al menos durante algún tiempo" –señalan claramente- un fotógrafo. He aquí la clave: si no vino ningún fotógrafo con ellos y solo se conserva una fotografía, pudiera ser que dicho fotógrafo, "un artista francés", fuera contratado para tal fin en el lugar de destino: Granada. Todo ello nos pone sobre la pista de un "artista francés" que por esos años se había establecido en la ciudad y del que se tiene noticia gracias a la narración que dejó de él Alejandro Dumas en 1846, un año antes del viaje de los investigadores alsacianos. Dumas llegó a Granada el 28 de octubre de 1846 y se hospedó con su comitiva en una "casa de pupilos" de la calle Silencio, donde el mismo día recibió a los redactores del diario *Capricho* y a un grupo de poetas locales (Dumas, 1996, pp. 19-20 y 63-64):

> *Detrás de los poetas y del conde –escribe Dumas- se ha presentado uno de nuestros compatriotas, tan españolizado ya, que yo le he tomado francamente por un español. Se trata de un viajero incansable que llegado, de paso a Granada, con un daguerreotipo, en Granada se quedó, de paso. Hace dos años que vive aquí y no se decide a marcharse […] Couturier, que este es el nombre de nuestro compatriota, se ha puesto a nuestra disposición como cicerone. Hemos aceptado […].*

Couturier acompañó a Dumas y su séquito durante los tres días de su estancia en Granada en 1846, mostrando sus habilidades como relaciones públicas y como dibujante. Cuenta Dumas que al día siguiente de su llegada se reunieron en la casa de Couturier situada en la plaza de Cuchilleros para dibujar unos bailaores que habían tenido la oportunidad de contemplar el día anterior. Era una casa coronada por un terrado desde el que se dominaba toda la plaza y en el que Couturier había tendido un toldo que dejaba en sombra una parte:

> *Los gitanos, habituados a un calor casi tropical, estarían en la parte del sol; Couturier y su daguerreotipo debían operar en la sombra […] Los gitanos, agrupados en la parte de la terraza expuesta al sol, el padre fumando y tocando la guitarra, las hijas sentadas a sus pies y peinándose, el hijo de pie y acariciando un perro, volvían la espalda a la casa de Contrairas […].*
>
> *En cinco o seis minutos todo lo más, Couturier diseñó tres esbozos maravillosos; los menores detalles de las ropas, las rayas de los pantalones, las franjas de los chales, todo, en fin, estaba lleno de color y bien modelado.*

Dejando atrás el resto de la narración de Dumas, todos los datos apuntan en esta dirección. El año antes del viaje de Dollfus-Ausset y Schimper, en 1846, en Granada se había establecido con intención de quedarse o permanecer largo tiempo en ella un francés del que sabemos que vivía en la plaza de Cuchilleros y que tenía un daguerreotipo. Sabemos que los alsacianos contaron con un daguerreotipista en su excursión a Sierra Nevada, que casi con seguridad no vino con ellos y que era francés. Todo señala pues a la figura de Couturier del que, lamentablemente, no ha quedado ningún otro testimonio ni gráfico ni literario sobre su estancia en Granada.

Es posible que de aquella experiencia, Dollfus-Ausset tomara conciencia de la importancia de la imagen y que optara a partir de ahí por un posicionamiento científico más que romántico de la naturaleza, con antecedentes en Rousseau, Saussure y Humboldt, y que el descubrimiento de la imagen real que proporcionaba la fotografía le llevara a convertirla en un poderoso auxiliar de sus investigaciones. Para ello, desde 1849 se hizo acompañar en sus trabajos de campo por un joven e incipiente fotógrafo de Mulhouse a quien él mismo incitó a su afición, el ya citado Gustave Dardel, hijo de un conocido dibujante y grabador de Mulhouse, y al año siguiente por otro fotógrafo de Lyon, Camile Bernabé, más hábil con la cámara, aunque más torpe en sus movimientos por la montaña. No conocemos el papel de los tres personajes en el proceso, pero podría considerarse que Dollfus-Ausset fue el inspirador y los otros dos sus asistentes en un procedimiento que no estaba exento de una buena dosis de complejidad e incluso de un cierto peligro, por el tratamiento de los materiales químicos empleados (Morand y Kempf, 1989). Y los tres personajes, Dollfus, Dardel y Bernabé son los autores de la que es por hoy la más importante y la más antigua serie de daguerrotipos de montaña: los diez conservados en la Biblioteca de la Universidad Alta Alsacia y de la Sociedad Industrial de Mulhouse (BUSIM). Dolffus-Ausset fue también el inspirador y financiador de los hermanos Bisson, los célebres fotógrafos de montaña, que en 1861, tras dos intentos fallidos en los años anteriores, realizaron bajo su impulso y patrocinio la primera ascensión fotográfica al Mont Blanc, cuya cima alcanzaron el 24 de julio de aquel año (Chlumsky, 2008, pp. 161-164). Nos encontramos pues con un personaje muy destacado en la historia de la fotografía alpina, tal como ha sido puesto de manifiesto por numerosos analistas.

Los materiales de Dollfus-Ausset permanecieron en la familia y su hijo Gustave Fréderic Dollfus, precisamente el que le había acompañado a Granada cuando tenía 18 años, publicó en 1893 un cuaderno en homenaje a la memoria de su padre en el que incluía una reproducción fotográfica de 28 daguerrotipos conservados por el mismo, intuyendo en su presentación la importancia que tenían: “Entre las colecciones que nos ha dejado nuestro padre –escribe en el

encabezamiento del texto dirigido a sus hermanos y hermanas- se encuentran una serie de daguerrotipos que datan de hace cuarenta años y creo poder decir que son las más antiguas reproducciones heliográficas de los Alpes" (Dollfus, 1893). La afirmación sigue siendo cierta al día de hoy. Lamentablemente entre los daguerrotipos publicados en ese álbum no se encuentra el de Sierra Nevada, el más antiguo de la colección, posiblemente porque ya se hallaba en muy mal estado de conservación por sus 55 años de vida[62].

Así pues, a finales del siglo XIX, cuando se realizó esa edición de homenaje a Dollfus-Ausset, los daguerrotipos aun permanecían en poder de la familia, que en un momento no precisado los donó a la Sociedad Industrial de Mulhouse, cuyos fondos se integraron posteriormente en la biblioteca de la Universidad de la Alta Alsacia, donde fueron descubiertos mucho después casi por azar tras considerarse perdidos durante mucho tiempo. De esta forma, la biblioteca de la Universidad alsaciana se convirtió en poseedora del primer fondo mundial de fotografía de montaña y, para sorpresa y satisfacción nuestra, se guarda en él la que podría ser la primera imagen fotográfica existente de Sierra Nevada, tal vez la primera fotografía de montaña conservada en el mundo, ya que el resto de la colección de Dollfus-Ausset, que figura como pionera, es dos y tres años posterior.

Así lo reconoce la propia Universidad de Haute-Alsace cuando, al comentar las obras más singulares de su Servicio de Documentación, afirma que

> *Los daguerrotipos procedentes de la Sociedad Industrial de Mulhouse, en número de diez, constituyen una colección excepcional por su rareza y antigüedad. Si uno, aislado, representa a Sierra Nevada en España (1847), los nueve restantes reflejan la expedición a los Alpes franceses y suizos realizada en 1849 por el célebre glaciólogo y cofundador de la SIM, Daniel Dollfus-Ausset (1797-1870)[63].*

Dollfus-Ausset fue consciente de la importancia que aquellas imágenes tenían para la historia y en cada placa anotó el lugar, la fecha y el nombre del operador, así como algunos detalles técnicos de la toma. Todos estos detalles están presentes en la placa granadina excepto el del autor, del que indica tan solo que es, como se ha dicho, "un artiste français".

Se trata de una placa con una dimensión de 8 x 10,5 cm y, al contrario que las restantes, se halla tan deteriorada que para su comprensión hay que combinar la vista con la imaginación y cuando los ojos se acostumbran a ver algo entre la mancha conservada, la impresión es que lo que recoge es un paisaje alpino más que penibético. Pero su rotulación, sin embargo, es clara y no hay motivo alguno para que un hombre tan minucioso hubiera cometido un error tan importante y, menos aún, que hubiera intentado engañar sin motivo alguno. Un daguerrotipista menos hábil, un peor equipo técnico, unos materiales de menos calidad y una conservación deficiente, hicieron que seguramente haya llegado hasta nosotros en un mal estado, pero, afortunadamente, ha llegado. Sin desechar por completo la hipótesis del error y que estemos realmente ante una imagen alpina y no penibética, hay que intentar realizar un esfuerzo de localización iconográfica.

3. Una propuesta de localización geográfica

En una apreciación minuciosa en el daguerrotipo de Dollfus-Ausset pueden observarse cuatro niveles iconográficos sucesivos (imagen núm. 5). En el centro de la parte inferior, parece

---

62 Los daguerrotipos publicados pueden verse en la siguiente dirección electrónica: https://www2.unil.ch/viatimages/index.php?lang=fr&projet=viaticalpes&#/ouvrage-221

63 Les daguerrèotypes de l'expédition dans les Alpes de Daniel Dollfus-Ausset. Fuente: http://www.scd.uha.fr/flora3/jsp/view_direct.jsp?record=historique%3APHOTOTHEQUE%3A759. Trésor du mois Juillet/Août 2015.

apreciarse una edificación de tipología alpina o pirenaica, con tejado a dos aguas y un aparente alero central, con una larga fachada izquierda sobre la que pueden intuirse dos chimeneas (imagen núm. 6). Un segundo nivel refleja una loma poco inclinada rematada con formas arbóreas puntiagudas que pueden ser algún tipo de coníferas o las copas de una hilera de álamos. El tercero, que algunos observadores pudieron confundir con una morrena glaciar, refleja más bien una amplia loma de arenas dolomíticas en un claro proceso de descomposición, aflorando en un primer término la base rocosa inferior. Por último, un cuarto plano muestra una parte reducida de una escarpada cresta rocosa posterior, correspondiente a los bloques dolomíticos compactos que en ese momento habían resistido a la erosión. Todo el conjunto se desliza hacia la izquierda en dirección a un barranco receptor de los arenales y cauce de las aguas procedentes de deshielos y nacimientos situados más arriba. Al fondo se aprecia el arranque de la vertiente contraria del barranco y una pequeña masa nubosa o, tal vez, una mancha oxidada de la propia placa.

La imagen de la edificación ubicada a la derecha de la parte inferior se asemeja levemente, aunque con mayor tamaño, a las primeras fotografías conservadas del cortijo de San Jerónimo, donde se hospedaban los alsacianos, de 1891 o 1892 (imagen núm. 7) e incluso a la que el mismo cortijo ha mantenido hasta hace una década (imágenes núms. 8 y 9), aunque sin el alero que parece observarse en la fotografía original. Sin embargo, el punto desde donde está tomada la fotografía no es concordante con esta hipótesis porque frente de San Jerónimo, en dirección al Veleta, lo que hay es una loma descendente que no hace posible el encuadramiento de la imagen como se aprecia en el daguerrotipo; tampoco lo es el fondo posterior en el que una loma muy próxima al cortijo impide ver el paisaje que hay detrás, que sí se aprecia grandioso en el daguerrotipo. Además, Dollfus-Ausset indicó que la imagen fue tomada entre San Jerónimo, donde se alojaban los viajeros, y Granada, así que hay dejar atrás el cortijo y seguir descendiendo.

Más abajo de San Jerónimo, el cortijo de Diéchar, pudo haber tenido y de hecho aún mantiene una fisonomía constructiva similar y conserva ruinas provenientes de varios siglos atrás, pero en este caso ocurre algo parecido, la proximidad de una llanada y una loma tras la edificación abortan la perspectiva del paisaje de fondo que buscamos (imágenes núms. 10 y 11).

Más abajo, cerca ya del río Monachil, en el camino que conduce a la central eléctrica de Diéchar, unas amplias cuadras pertenecientes al cortijo de Diéchar, pueden situarnos ante una perspectiva más acorde con lo buscado (imagen núm. 12). Entre las cuadras, de construcción reciente, se conserva una vieja edificación que, aunque no es de mitad del diecinueve sino tal vez de un siglo después, viene a indicar que fue un lugar habitado en el que pudo haber una amplia edificación de montaña. Detrás de la edificación hay una sucesión de tres lomas más inclinadas y menos descompuestas de lo que se aprecia en el daguerrotipo y con un perfil menos abrupto en las estructuras rocosas del último plano, que se corresponden con la cara sur del Cerrajón del Purche, en su caída hacia los Cahorros del río Monachil. Hay pues una cierta semejanza de perfiles pero no lo suficiente como para obtener una conclusión favorable defendible.

Más abajo aún, el cortijo de las Mimbres, ya en el tramo del carril que conduce desde la central eléctrica de Diéchar a la parte alta del Purche y a la carretera de Sierra Nevada, carece de esas perspectivas de fondo por mucho que se intente tomar la imagen desde las múltiples colinas que lo rodean (imagen 13). Y lo mismo ocurre con el cortijo de la Solana, en la cara este del Cerrajon, hoy completamente en ruinas, en el que se pueden encontrar perfiles parecidos a los del daguerrotipo pero hay que hacerlo a una distancia tal que ya no concuerda con la iconografía de la imagen tomada en 1847 (imagen núm. 14).

Sin embargo, hay un punto en la baja montaña de Sierra Nevada que, aunque en principio no lo habíamos contemplado por no estar en la ruta de Güéjar Sierra que es la que presumiblemente

siguieron los viajeros, pudiera coincidir con el punto que buscamos, al que Dollfus-Ausset y su daguerrotipista realizaran alguna excursión o que su regreso del cortijo de San Jerónimo lo hicieran por La Zubia, ruta de muchos viajeros del siglo XVIII y XIX, y que la imagen esté tomada desde lo que Antonio Ponz, en su viaje del siglo XVIII, llamó la Era de los Pensamientos, que no es otra cosa que la era del cortijo Sevilla, donde hoy está el aparcamiento del Canal de la Espartera. Contemplada esta posibilidad la imagen comienza a concordar algo más. Las aristas rocosas del fondo, podrían corresponderse con la cara sur de la Boca de la Pescá contemplada desde el collado del Canal de la Espartera, aunque el hombro de la Boca que se aprecia en las fotografías actuales no aparezca de manera nítida; pero es que dicho saliente más destacado no forma parte de la hilera rocosa que aparece en primer lugar, sino que entre ambos hay un profundo barranco por donde caen los tubos que precipitan el agua a la central eléctrica de Dílar; ese hombro está pues más retirado y puede haber quedado oculto por las manchas nubosas o borrado por la oxidación de la placa.

Delante de las crestas del fondo, aparece la loma de arenas dolomíticas, mucho más erosionada ahora de lo que refleja el daguerrotipo, cosa lógica si se tiene en cuenta que han transcurrido 170 años desde aquella fecha; otra loma más próxima la de perfil arbóreo que actualmente carece de ese tipo de vegetación, aunque no es descartable que la hubiera porque ahí siempre hubo agua y, en primer plano, la edificación, el cortijo, que cabe en el encuadre buscado aunque la imagen de las ruinas actuales del Cortijo Sevilla no coincidan exactamente con las del daguerrotipo, porque la parte más antigua del mismo se halla destruida y las dos edificaciones que en la actualidad se aprecian desde el camino de subida al Trevenque son, una de la primera mitad del siglo XX y otra, incluso, de la segunda (imagen úm. 15).

Pero la imagen cuadra aún más si se toma a unos doscientos metros del cortijo Sevilla en dirección descendente hacia el río Dílar, donde hay una leve explanada entre pequeños barrancos producidos por la erosión en la que pueden apreciarse algunos muros de piedra y ciertos orificios en las rocas que afloran, que permiten suponer que allí hubo alguna edificación. Tal vez el propio cortijo Sevilla estuviera ahí, más abajo, a mitad del siglo XIX y por alguna razón fue reconstruido más tarde en su ubicación actual (imagen núm. 16).

Esta es, en fin, nuestra propuesta de identificación, que sometemos a la consideración de otros analistas del paisaje histórico, teniendo en cuenta, en primer lugar, el cambio de relieve producido durante casi dos siglos en un lugar sometido a una gran erosión. Y, en segundo, el gran deterioro que ha experimentado el daguerrotipo en el transcurso de ese mismo tiempo, por las razones que más arriba se apuntaron: deficiente técnica y mala conservación.

Pero no hay duda de que la imagen se tomó. Schimper, el compañero de viaje de Dollfus-Ausset dejó constancia indudable de ello en una carta escrita el 3 de julio de 1847 desde el cortijo de San Jerónimo, “al pie del Picacho de Veleta a 6.000 pies (Sierra Nevada)”, dirigida a su colega Jean Baptiste Mougeot, en la que le informaba de que la forma glaciar de Sierra Nevada era muy clara, que las morrenas eran muy perceptibles y que Dollfus acababa de llegar con un artista de daguerrotiparlas[64].

Charles Grad, que en 1881 escribió una biografía de Schimper, contó como Dollfus-Ausset había mostrado en Estrasburgo una imagen de Sierra Nevada integrada en su colección de Mulhouse (Grad, 1881). Y lo mismo dijo su hijo, Gustave Dollfus, en 1893, en el homenaje realizado a su padre en el que publicó 28 de sus daguerrotipos con conmentrios extraídos de su investigación sobre los glaciares, aunque no llegó a reproducir en dicho cuaderno el

[64] Muséum national d’histoire naturelle. Manuscrits et archives scientifiques . Ms. 2475-2527 Correspondance scientifique du docteur Jean-Baptiste Mougeot. Lettres de Wilhelm-Philippe Schimper. Ms. 2516/Lettres 8592-8787. Página 4 de la carta.

daguerrotipo nevadense debido posiblemente a su mal estado de conservación (Dollfus, 1893). Y sobre el hecho de que la imagen fotografiada no sea realmente la morrena de un glaciar sino sencillamente un arenal dolomítico, no hay que extrañarse si se tiene en cuenta que Dollfus-Ausset estaba entonces empezando a interesarse por los glaciares y que la teoría de Schimper sobre el glaciarismo cuaternario generalizado del sistema penibético, aunque tuvo algunos seguidores, fue criticada primero y rechazada después por eminentes glaciólogos como Richard von Drasche (1879) o Hugo Obermaier (1916).

La expedición a España en la que se tomó la imagen, realizada durante el verano de 1847, estuvo formada por el propio Daniel Dollfus-Ausset, su hijo Gustavo, de 18 años, el naturalista Guillaume Philippe Schimper, conservador entonces del Museo de Estrasburgo, su guía habitual Hans Jaun que era un experimentado cazador suizo, y, "au moins pour quelques temps", concretamente durante su estancia en Sierra Nevada, "un artiste Français" que, con bastante posibilidad, fue Couturier, un artista y fotógrafo francés afincado por entonces en la ciudad de la Alhambra.

Ello viene a marcar un hito en la historia de la fotografía en Granada y de la fotografía de montaña en el mundo.

Dejamos para otra ocasión la trascendencia del viaje desde el punto de vista naturalista, que la tuvo gracias a la obra de quien fue el auténtico inspirador del mismo, Guillaume Philippe Schimper, primer descriptor de la *capra pyrenaica hispánica Schimper* y el autor de una teoría sobre el glaciarismo cuaternario en Sierra Nevada que tuvo abundantes seguidores durante muchas décadas, cuya labor en relación con Sierra Nevada está prácticamente por descubrir y cuya tarea hemos abordado de manera paralela a la redacción de este artículo.

4. La fotografía sobre Sierra Nevada en la segunda mitad del siglo XIX: una breve referencia

Se puede decir que el daguerrotipo de Mulhouse inaugura en 1847 la historia de la fotografía en Sierra Nevada y, posiblemente, en las montañas españolas. Es una inauguración muy temprana porque, dejando aparte aquellas fotografías de los años cincuenta y sesenta, de fotógrafos locales o forasteros (Clifford, Soulier y Gaudin, Napper, Garzón, Maufsaise y García Ayola), en las que Sierra Nevada aparece como un telón de fondo de la ciudad de Granada, a las que se hizo referencia al principio de este artículo, habrá de transcurrir casi medio siglo para disponer de las primeras fotografías reales, realizadas ya en papel. Ciertamente que hay noticias anteriores, pero no testimonios materiales. De lo escrito en otros lugares, realizamos aquí un resumen conclusivo, eludiendo las referencias particulares de las citas, eventos y autores que se utilizan (Titos Martínez, 1997. Piñar Samos, 2005. Titos Martínez y Piñar Samos, 2009).

Cuando en 1879 tuvo lugar el enlace geodésico entre Europa y África a través de la cima del Mulhacén y de la Tetica de Bacares, se sabe que en ambas cimas hubo un fotógrafo, un tal P. Peñas, que tomó unas vistas de cómo se encontraban ambas cumbres en ese momento, que sirvieron para realizar unos dibujos que fueron incluidos en el informe final del trabajo y, el del Mulhacén concretamente, en la revista *La Ilustración Española y Americana.* Ni de Peñas ni del original de sus fotografías sabemos nada más.

En 1888 realizó a Sierra Nevada una expedición el ingeniero Luis de Rute, miembro de la Institución Libre de Enseñanza y a través de la prensa de Granada, del Boletín de la propia Institución y de una publicación realizada en París por su esposa su excursión tuvo una gran divulgación. Sabemos por su diario que iba asistido de una máquina de hacer fotografías que portaba el propio Rute y que en dos conferencias impartidas en el Centro Artístico de Granada de las que se hizo amplio eco la prensa local exhibió algunas de las fotografías realizadas por él mismo en el transcurso de su expedición. Y aunque han llegado hasta nosotros varios de sus

textos no lo ha hecho ni una de las fotografías que tanto gustaron en Granada y animaron a los socios del Centro Artístico a lanzarse a descubrir la Sierra.

Las siguientes noticias sobre la práctica fotográfica en Sierra Nevada hay que datarlas ya en 1891 y están vinculadas a Valentín Barrecheguren, un aficionado a la montaña y a la fotografía, que organizó la primera excursión llevada a cabo por los miembros del Centro Artístico a Sierra Nevada ese mismo año. Nicolás Mª López, otro de los pioneros del montañismo granadino, describió como Valentín llevaba el encargo de recoger apuntes y fotografías, en tanto que él mismo redactaría una crónica que pensaban publicar en la sección de excursiones del Boletín del centro. "En esos lugares admirables –señala el cronista- obtuvo Valentín preciosas fotografías, eligiendo siempre el punto de vista con el instinto artístico que le era connatural". Es probable, sin embargo, que Barrecheguren no fuera el único fotógrafo del grupo, ya que en ella participaron al menos Diego Marín, del que se ha conservado una pequeña pero interesante colección de fotografías nevadenses y Alberto Álvarez de Cienfuegos, catedrático de alemán del Instituto General y Técnico de Granada, del que existen varios testimonios que le acreditan como poseedor de una buena colección de fotos de Sierra Nevada, propias y ajenas.

Otra referencia temprana la aporta el alpinista francés Bide, que realizó dos expediciones a las cumbres de Sierra Nevada en 1892 y 1893. A pesar de que en la primera de ellas un guía incompetente le destrozó buena parte de las placas de cristal y en la segunda las bestias de carga le tiraron la cámara por un barranco, el voluntarioso Bide pudo ilustrar sus dos artículos con dibujos realizados por F. Prudent y por el gran dibujante de montaña Franz Schrader a partir de las fotografías del propio Bide que éste logró salvar y de otras facilitadas por León Rubey y Amando Esquivel. Es probable que el reportaje montañero incluido en un álbum titulado "Sierra Nevada" conservado en el Archivo de la Casa de los Tiros de Granada se refiera a una de estas excursiones, aunque la autoría de las imágenes no corresponda necesariamente a Bide, sino a Alberto Álvarez de Cienfuegos, que lo acompañó en la expedición de 1893. En cualquier caso, este álbum contiene las primeras fotografías conocidas hasta hoy de las altas cumbres de Sierra Nevada.

Si la cara norte de Sierra Nevada, dada su cercanía a la ciudad y sus valores paisajísticos, fue tempranamente frecuentada por los excursionistas-fotógrafos, la vertiente sur permaneció ignorada como tema fotográfico hasta fechas muy tardías. De ahí que los materiales realizados o conservados anteriores a 1900 constituyan valiosas excepciones. Conocemos parte de la obra fotográfica del médico Federico Olóriz Aguilera (1855-1912) gracias a la tenacidad de Francisco Izquierdo y a él debemos también un valioso comentario sobre las placas realizadas en su expedición antropológica a la Alpujarra, realizada en 1894. Olóriz no sólo fue el primer antropólogo que recorrió la comarca, sino quizá el primero que hizo uso de la fotografía para recoger y estudiar sus ambientes y personajes. Los retratos de grupos tomados en diferentes municipios de la Alpujarra, complemento de las fichas antropométricas realizadas durante la expedición, constituyen materiales plenos de autenticidad y extraordinarios documentos gráficos. Junto a ellos, otras fotografías tomadas por él mismo o por su hijo durante la expedición nos descubren la tortuosa orografía de la montaña mediterránea, la singularidad arquitectónica y urbanística de sus pueblos y aldeas y algunas de sus tradiciones, ilustrando así algunas de las anotaciones de naturaleza geográfica e histórica recogidas en sus cuadernos de viaje.

El mismo año –1898- en que quedó disuelto el primer Centro Artístico, la constitución de la sociedad *Diez Amigos Limited* vino a llenar el vacío dejado por el Centro, manteniendo vivo el espíritu montañero y creando periódicas ocasiones para la práctica fotográfica en las alturas, que hubo de ser habitual, a tenor de las vinculaciones que mantuvieron con este medio algunos de sus integrantes estables o participantes ocasionales en sus excursiones (Alberto Álvarez de Cienfuegos, Bernabé Dorronsoro, Felipe Alba Romero, Enrique Pareja, etc.). Precisamente a algún miembro de este curioso club, tal vez a varios, debemos una de las más completas y tempranas series fotográficas de una expedición serrana, realizada en 1899 y reproducida en la

obra de Nicolás María López, *En Sierra Nevada*, publicada al año siguiente, así como un interesante reportaje publicado en 1900 en la revista ganivetiana *Idearium*.

Sierra Nevada iba estando cada vez más cerca. Ya no era extraño encontrar en Granada colecciones de fotografías sobre la Sierra, que estimularan la tentación de subir hasta ella. En el otoño de 1903 (*El Defensor de Granada*, 2-10-1903) un fotógrafo llamado Román puso a la venta en la papelería del Sr. Feria, calle Reyes Católicos número 10, una colección de 17 fotografías de Sierra Nevada, de 12 por 18, en las que se reproducía la laguna de las Yeguas, los Torcales de Dílar, el Collado, el Corral, las lagunas de Río Seco, la de la Caldera, la Larga… A esa serie, de la que se han conservado algunas imágenes, vendría a unirse pronto la primera colección de tarjetas postales de la empresa Grafos, publicada en Madrid hacia 1910, que inicia una tradición de larga vida en la iconografía sobre Sierra Nevada.

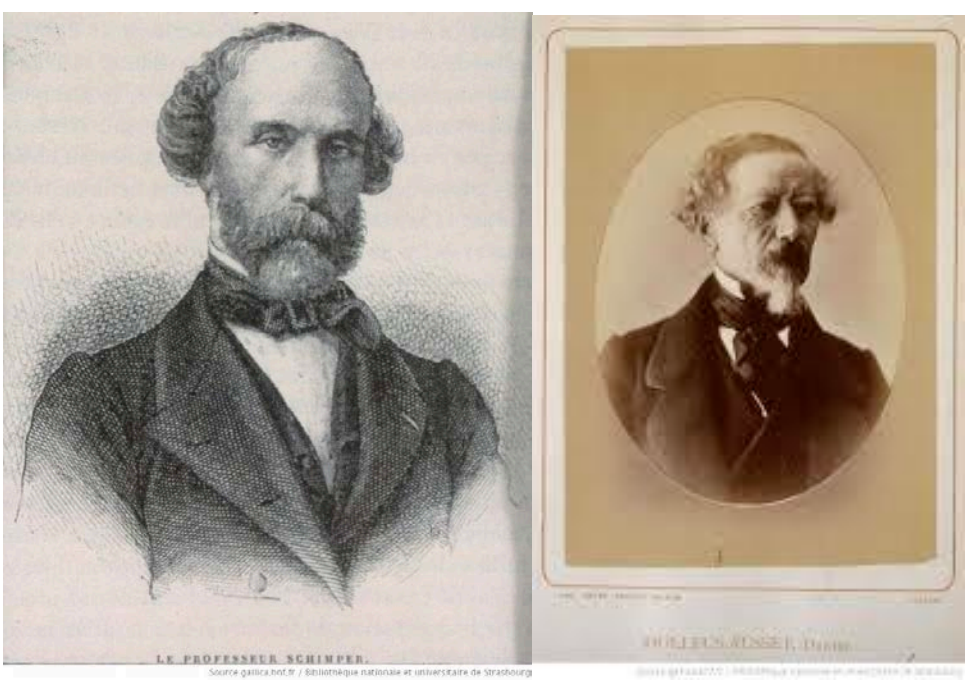
Esta historia, que tiene su continuidad plena a partir de los primeros años del siglo XX, tuvo su remoto origen en 1847 cuando un "artista francés", posiblemente un tal Couturier, inducido o contratado por Daniel Dollfus-Ausset, realizó en las inmediaciones de San Jerónimo un daguerrotipo que inaugura la historia de la fotografía de montaña en Sierra Nevada.

Referencias Bibliográficas

- Boissier, Ch. E. (1845). *Voyage botanique dans le midi de l'Espagne pendant l'année l837,* Paris, Gide, Traducción española (1995) *Viaje botánico por el sur de España durante el año 1837*, Granada, Fundación Caja Granada y Universidad de Málaga.
- Dumas, A. (1996). *Cuatro días en la Granada de 1846*. Granada, Ayuntamiento de Granada y Fundación Caja Granada (Colección "Personajes y temas Granadinos", núm. 3. Edición de las páginas referidas a la estancia de Dumas en Granada en *Impresions de voyage. De Paris a Cadix*. París, Garnier frères Edtiteurs, 1847-1848, 5 vols.
- Dollfus, G. (1893). *Collection de 28 daguerréotypes représentant les plus anciennes reprouctions héliographiques des Alpes, reproduits en photographie et accompagnés d'extraits tirés des "Matériaux pour l'Etude des Glaciers"*, S.l. (Strasbourg).
  Los daguerrotipos publicados pueden verse en la siguiente dirección electrónica:
  https://www2.unil.ch/viatimages/index.php?lang=fr&projet=viaticalpes&#/ouvrage-221
- Dollfus-Ausset, D. (1863-1870). *Matériaux pour l'étude des glaciers*. Paris: F. Savy. 14 vols.
- Drasche, R. v. (1879). "Bosquejo Geológico de la zona superior de Sierra Nevada", en *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, Madrid, Vol. VI, pp. 353-388.
- Frizot, M. (1989). *Histoire de voir. De l'invention a l'art photographique (1839-1880)*, París: Centre National de la Photographie.
- Grad, Ch. (1881). "Guillaume-Philippe Schimper", en *La Revue Scientifique*, 22 janvier. (Descargado de http://sciences.gloubik.info/spip.php?article933)
- Chlumsky, M. (2008). "Bisson, Louis-Auguste and Auguste-Rosalie", en HANNAVY, J. Editor (2008). *Encyclopedia of Neneteenth-Century Photography*, New York, Routledge, Vol. 1, pp. 160-164.
- Jouty, S. y Ordier, H. (2009). *Dictionaire de la Montagne*. Paris: Omnibus.
- Morand, S. y Kempf, C. (1989). *Le temps suspendu. Le daguerreótype en Alsace au XIXe siècle*. Strasbourg: Oberlin.
- Obermaier, H. y Carandell , J. (colaborador) (1916), *Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada*. Madrid: Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Edición facsímil en Colección Sierra Nevada y la Alpujarra, núm. 19, Granada, 1997, con estudio preliminar de Antonio Gómez Ortiz.
- Piñar Samos, J. (2005). "Por Amor al Arte. Personajes y temas de la fotografía amateur en Granada (1886-1936)", en *Por Amor al Arte: José Martínez Rioboo y la fotografía amateur en Granada (1905-1925)*. Granada, Fundación Rodríguez-Acosta y Fundación Caja Granada, Catálogo de la Exposición.
- Sánchez Hernández, L. (2010). *Tras las monteses de Sierra Madrona*. Madrid: Real Club de Monteros.
- StosKtopf, N. (2008). "La culture impériale du patronat textile mulhousien (1830-1962)", en *L'esprit économique impérial (1830-1970). Groupes de pression & réseaux du patronat colonial en France et dans l'empire,* Paris: publications de la SFHOM (Société Française d'Histoire d'Outre-Mer), pp.397-407.
- Titos Martínez, M. (1997). *Sierra Nevada: una gran historia*, Granada, Universidad, Cetursa Sierra Nevada y Sogefinsa.
- Titos Martínez, M. (2003). *Testigos del tiempo. La imagen gráfica de Sierra Nevada 1500-1900*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Parque Nacional Sierra Nevada.

- Titos Martínez, M. y Piñar Samos, J. (2009). *Luces de Sulayr. Cinco siglos en la imagen de Sierra Nevada*. Granada: Fundación Caja Granada y Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

1.- Daniel Dollfus-Ausset en 1850. BUSIM.
2.- El cazador suizo Hans Jaun en 1850. BUSIM.



3.- Guillaume Phililppe Schimper hacia 1880. GALLICA.
4.- Daniel Dollfus-Ausset hacia 1860. GALLICA.

5.- Daguerrotipo tomado en Sierra Nevada en 1847. BUSIM, Bibliothèque de l'Université et de la Société Industrielle de Mulhouse.

6.- Detalle de la construcción que aparece en el daguerrotipo de 1847. BUSIM, Bibliothèque de l'Université et de la Société Industrielle de Mulhouse.

7.- Cortijo de San Jerónimo en 1891. Álbum Sierra Nevada. Hemeroteca y Museo Casa de los Tiros de Granada.

8.- Cortijo de San Jerónimo en 1989. Fot. Manuel Titos.

9.- Cortijo de San Jerónimo en 2015. Fot. Manuel Titos.

10.- Cortijo de Diéchar en 2017. Fot. Manuel Titos.

11.- Cortijo de Diéchar en 2017. Fot. Manuel Titos.

12.- Cuadras del Cortijo de Diéchar en 2017. Fot. Manuel Titos.

13.- Cortijo de las Mimbres en 2017. Fot. Manuel Titos.

14.- Cortijo de la Solana en 2017. Fot. Manuel Titos.

15.- Cortijo Sevilla, con la Boca de la Pescá al fondo, en 2017. Fot. Manuel Titos.

16.- Comparación entre Daguerrotipo tomado en Sierra Nevada en 1847. BUSIM, Bibliothèque de l'Université et de la Société Industrielle de Mulhouse y los relieves dolomíticos bajo el Cortijo Sevilla con la Boca de la Pescá al fondo, en 2017. Fot. Manuel Titos.

PATRIMONIO CULTURAL, HISTÓRICO Y NATURAL DE LAS FUENTES DEL MONTSENY

OSCAR FARRERONS-VIDAL
Oscar.farrerons@upc.edu
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est. Universitat Politècnica de Catalunya.

RESUMEN

Se muestra el agua de las fuentes del Montseny como protagonista de usos históricos, prácticos y culturales, como origen de leyendas y mitos, su utilización como recurso económico para la industria embotelladora, y el legado natural del agua a través de sus fuentes. La investigación lleva a cabo un estudio pormenorizado de las fuentes existentes, desde un punto de vista teórico a partir de las referencias bibliográficas, y desde uno práctico con visita in-situ para rellenar una ficha descriptiva sobre la situación exacta de la fuente y las características históricas, culturales y naturales, destacando los relatos asociados a cada una de las fuentes. Se revindica la perspectiva social de las manantiales de agua natural y se pretende recuperar lo que se ha llamado la cultura de la fuente: tradiciones, costumbres y hábitos que se llevan a cabo con las fuentes y el agua como protagonistas.

Palabras-clave: Fuentes, aguas naturales, Montseny, cultura del agua.

ABSTRACT

The water of the Montseny springs is shown as the protagonist of historical, practical and cultural uses, water as the origin of legends and myths, its use as an economic resource for the bottling industry, and the natural legacy of water through its sources. The research carries out a detailed study of the existing sources, from a theoretical point of view from the bibliographic references, and from a practical one with an in-situ visit to fill in a descriptive sheet on the exact location of the source and the characteristics historical, cultural and natural, highlighting the stories associated with each of the sources. The social perspective of the springs of natural water is claimed and it is tried to recover what has been called the culture of the source: traditions, customs and habits that are carried out with the springs and the water as protagonists.

Key-words: *Fountain, spring, natural waters, Montseny, water culture.*

1. Introducción

El parque natural del Montseny se sitúa en la Cordillera Prelitoral Catalana, de la que es el macizo más alto, repartiéndose sus 31.000 hectáreas entre las provincias de Girona y Barcelona. Presenta pronunciados relieves y rica variedad ecológica, por lo que en 1978 la Unesco lo declaró reserva de la biosfera. Es un parque importante porque dispone de comunidades vegetales típicas de los tres grandes biomas europeos a pesar de su modesta superficie. Se caracteriza por la gran cantidad de fuentes naturales existentes, y por la relación histórica y cultural que la gente del entorno ha mantenido con ellas.

Desde hace años llevamos a cabo un proyecto de investigación que pretende estudiar de manera teórica y práctica las fuentes del Montseny. Llamamos fuente a cualquier surgencia natural de agua, ya sea arreglada o no por la mano humana. Una fuente puede ser natural, agua que brota de la tierra o de las rocas; o artificial, construcción de piedra, de ladrillo, de hierro, con una canal, un grifo, etc. En el Montseny las fuentes son muy numerosas pero ¿sabemos cuántas hay? ¿En qué condiciones? ¿Las coordenadas de donde están ubicadas?

¿Su estado de mantenimiento? ¿El tipo de agua que brota de su manantial? Estas y muchas más preguntas son las que queremos resolver con nuestra investigación.

Una primera aproximación al número de fuentes del Montseny la hizo Martí Boada en 2003 [65] cuando hizo referencia a más de 700, aunque sin ningún listado específico. De todos modos el criterio para su cuantificación puede variar en función de que se compatibilicen las fuentes perdidas, las surgencias, las fuentes urbanas o sólo las naturales, o todas las que están ubicadas en el término municipal o sólo las que se encuentran dentro del parque natural del Montseny.

En el momento de redactar esta comunicación tenemos recogidas 715 fuentes, todas posicionadas en un plano googlemaps con sus coordenadas GPS [66]. Nuestro proyecto, consultable en las redes sociales [67], incluye visitar las fuentes, comprender el lugar, escribir una ficha de cada manantial con la situación, el estado, la manera de llegar, las leyendas e historias de la fuente o del lugar, y hacer un conjunto de fotografías de cada una de ellas, de manera que se pueda captar la situación y belleza del paraje.

Pero tal vez el verdadero encanto de las fuentes del Montseny no es su elevado número, sino lo variadas que son. Hay fuentes a gran altitud, mientras que otras están muy cerca los cauces; hay fuentes urbanas, agradables, generosas, románticas, algunas están perdidas, otras medio escondidas. Hay fuentes históricas, y otras sencillas que se encuentran a pie de pista. Las hay cautivadoras, juguetonas, misteriosas, portentosas, presumidas, etc. La actividad humana está relacionada con la abundancia del agua. El agua se utiliza para regar los cultivos, para hacer mover molinos y ferrerías, como lugar de recreo, para lavar ropa, como zona de reunión, de encuentro y de parada, alrededor del agua se hacen celebraciones y encuentros. El agua y las fuentes del Montseny son un patrimonio natural y cultural a conservar.

2. El Montseny

Las 31.000 hectáreas del parque del Montseny están repartidas entre 18 municipios [68] que pertenecen a tres comarcas diferentes: Osona, la Selva y el Vallès Oriental. Esta comunicación se circunscribe sólo a las fuentes de estos 18 municipios, aunque más allá de ellos otros pueblos también pertenecen a este macizo de la Cordillera Prelitoral Catalana.

El Montseny, altivo sobre las planicies que lo rodean, se presenta como un bloque montañoso de perfil arrogante, visible desde muchos lugares de Cataluña y reconocido por su belleza desde hace más de un siglo [69]. El nombre del macizo proviene del latín *Mont Signus*, lo que hace patente la fisonomía de su relieve. El Montseny es un mosaico de paisajes mediterráneos y centroeuropeos situado junto Barcelona. Su biodiversidad y la actividad del hombre a lo largo de los tiempos ha inspirado artistas, poetas, y en general todo el mundo que lo visita.

El macizo del Montseny se estructura en dos partes geológicas diferenciadas: el zócalo formado por rocas ígneas y metamórficas; y la cobertura constituida fundamentalmente por rocas

---

[65] Boada, M. (2003). Introducció. En Ll. Pagespetit (autor). *111 fonts del Montseny i molts indrets per descobrir*. Sant Vicenç de Castellet: Farell editors.

[66] https://www.google.com/maps/d/viewer?hl=es&mid=1NR7adiDk2597xsoOa7sFAvUucBE&ll=41.77379618536315%2C2.421964986732519&z=12

[67] https://www.facebook.com/fontsdelmontseny/?ref=bookmarks

[68] Ordenados en sentido horario partiendo desde el norte: Seva, Viladrau, Arbúcies, Sant Feliu de Buixalleu, Breda, Riells i Viabrea, Gualba, Campins, Sant Esteve de Palautordera, Sant Pere de Vilamajor, Cànoves i Samalús, la Garriga, Figaró-Montmany, Tagamanent, Aiguafreda, el Brull, Montseny, Fogars de Montclús.

[69] Farreras, M. (1929). *El Montseny, su presente y su porvenir*. Barcelona: Ed. Garrofé.

sedimentarias. Esta característica geológica influye de manera determinante en las fuentes del Montseny [70].

Las diferencias de humedad y temperatura explican la variada vegetación que se desarrolla en el Montseny. Desde las partes más bajas a más altas encontramos formaciones vegetales mediterráneas (encinares, alcornocales y pinares), montano lluviosa (encinar montañoso y robledales), ambientes centroeuropeos (hayedos y abetales) y entornos subalpinos en las cumbres (matorrales y prados) [71]. Hay especies relictuales y ejemplares aislados que encuentran en el Montseny el último rincón donde establecerse, como la "herba de Sant Segimon" (*Saxifraga vayredana*) o la genciana amarilla (*Gentiana burseri*).

La fauna Montseny se caracteriza por la existencia de especies típicas centroeuropeas en las zonas altas y por la fauna propia de ambientes mediterráneos en las partes bajas. Hay alrededor de 270 especies de vertebrados y unos 10.000 invertebrados. Encontramos el jabalí, el zorro y la gineta entre los mamíferos; el azor, el arrendajo y el petirrojo entre las aves, y varias especies de anfibios, reptiles y peces. Lo que confiere al Montseny un carácter más singular a la fauna son los géneros centroeuropeos, como la rana roja, el tritón, la musaraña de agua, la liebre, el lirón, y el lagarto verde.

La población en el Montseny data de tiempos prehistóricos como atestiguan los hallazgos de Aiguafreda y el Brull. Durante el periodo ibérico se empiezan a ocupar de forma estable los cerros, como podemos ver en Montgrós (el Brull) y Montclús (Sant Esteve de Palautordera). Del periodo romano datan construcciones siguiendo la Vía Augusta y la Vía Ausa. En la edad media se generalizan los establecimientos interiores de manera dispersa y la explotación de los recursos naturales se intensifica. En el siglo XIX se inicia un lento despoblamiento. Actualmente la regresión de las actividades agrícolas, forestales y ganaderas ha propiciado un cambio hacia los servicios como el turismo rural, la restauración y la hostelería.

3. Las fuentes antiguas

La relación del Montseny con el agua viene de muy antiguo. Los primeros asentamientos humanos se relacionan con la presencia de agua como elemento absolutamente necesario para garantizar la subsistencia. Cerca de los dólmenes de Serra de l'Arca tenemos la fuente "dels Balços".

En el mundo antiguo la ocupación de nuevas tierras aptas para el cultivo en el Montseny supuso también la búsqueda y localización de agua. Los poblados de la cultura íbera, pese a situarse en colinas, siempre se encontraban en lugares cercanos a manantiales o cursos de agua, como la fuente "dels Empoadors", al pie de la muralla ibérica de Montgros.

Con la romanización los nuevos asentamientos en villas entre los siglos III y I aC, se situaron en las llanuras que bordean el Montseny, cerca de las vías de comunicación como la vía Augusta o la vía Ausa, a pie de ríos y arroyos, y también fuentes.

En la cultura antigua, las fuentes eran lugares sagrados y espacios de salud. Esta bondad de las aguas era consecuencia de mitos ligados a sus orígenes. Las surgencias naturales entre rocas o cuevas, nacimientos de ríos, manantiales naturales... se convirtieron en santuarios de ninfas en este pretérito mundo [72]. En Viladrau, la fuente "de les Paitides", donde pueden aparecer las hadas de agua una noche plateada, tiene fama de ser un manantial de agua buena para el cuidado de las piedras de riñón.

---

[70] Castelló, R. (2000). *Hidrogeologia en roques granítiques.* Barcelona: Font d'Or. L'aigua per naturalesa. Columna Edicions.
[71] Panareda, J.M. (2007). *Descobrim el Montseny.* Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
[72] Renau, X. (2001). Les llegendes de les dones d'aigua. *Monografies del Montseny, 16.* Viladrau: Amics del Montseny.

En el Montseny estas fuentes antiguas, curativas en algunos casos, se sitúan en las partes bajas del macizo, donde el poblamiento se estabilizó a partir de la romanización. Este es el caso de la fuente "del Pou Calent" de la Garriga, por ejemplo. Con las romanos llegó también el agua canalizada para fuentes y términos urbanas (*Aque ducto y fistulae*). Los escritos de Vitrubio llegan hasta época medieval y uno de los ejemplos más ingeniosos que ha llegado hasta nosotros, en el ámbito del Montseny, es el sistema de canalización, depuración y almacenamiento de agua del castillo de Montsoriu (Breda; Sant Feliu de Buixalleu).

4. Las fuentes y la ocupación humana del Montseny

Desde hace más de mil años, la presencia humana y los manantiales de agua del Montseny mantienen una relación intrínseca [73]. La fuente "Fresca" es de las más antiguas documentadas en el macizo, desde el 898 en el acta de consagración de la iglesia de Sant Martí del Congost.
En época medieval también es muy habitual encontrar la presencia de fuentes en delimitaciones de campos y cortijos, así tenemos la fuente "del Vilar" (1255), la fuente "d'Arenes de Cerdans" (1309), i la fuente "del Castell" (1313 Montsoriu).

El recurso del agua corriente y potable ha condicionado desde tiempos inmemoriales la ubicación del poblamiento. En todo el Montseny podemos encontrar un manantial de agua cerca de cada masía, como la fuente de "Can Viader Vell" (Gualba), la fuente de "Can Perera" (Cànoves i Samalús), incluso en aquellos caseríos a más altitud, como la fuente "del Bellver" (Tagamanent) o la fuente "del Faig" (el Brull).

La mayoría de iglesias y ermitas tienen cerca un nacimiento de agua de la que a menudo toman el nombre. Así tenemos la fuente "de Sant Miquel de Grions" (Sant Feliu de Buixalleu), la fuente "de Sant Llop" de Viabrea, la fuente "de Sant Martí" (El Brull), o la fuente "Bona" de Sant Marçal (en el municipio de Montseny).

La relación humana con las fuentes se hace visible también en la toponimia milenaria de la montaña: La Fontalba, Fontanilles, Fontinguells, Les Fontanelles, La Fontica, La Fontmolsa, etc.
En el Montseny toman relevancia las fuentes a pie de camino, algunas como la fuente "del Pontasco" de Aiguafreda, que se relacionan con el paso del camino real, otras con los caminos históricos de montaña, como la fuente "de l'Or" en el sendero de Viladrau a Sant Segimon y el Pla de la Calma. Encontramos fuentes en la mayoría de pistas que conducían a núcleos de población, y en caminos de carboneros y leñadores. Algunas de estas fuentes han quedado hoy en día dentro de los núcleos urbanos, como la funet de la calle "dels Còdols" de Breda. Las fuentes siempre han ido paralelas a la explotación humana de la montaña, como elemento inseparable de la relación del hombre con el medio. Otras fuentes documentadas desde época moderna ligadas a la ocupación humana del Montseny son la fuente "del Ferro" de Arbúcies (1602), la fuente "Sors" de Seva (1775) y la fuente "de l'Escot" de Viladrau (1884).

5. Fuentes y leyendas

Más allá del patrimonio material, las fuentes y la pureza de la sus aguas también forman parte de la propia identidad cultural del Montseny, en forma de leyendas o mitos. Las creencias en torno a las fuentes en el Montseny consideran que es de mal agüero lavarse los pies o las partes vergonzosas en las fuentes. Se creía que si se escupía u orinaba a una fuente, esta agua se volvía endemoniada. Las fuentes también son punto de encuentro de seres mágicos y a menudo malignos, como las brujas de la fuente "de Briançó", bajo las Agudes, donde se encontraban para provocar granizo y arruinar las cosechas. Por San Juan las "paitides", las hadas del agua, se aparecen y con sus cantos seducen a los buenos hombres de la montaña.

[73] Lloreda, J. (1902). Una excursió al Montseny. *Catalunya Artística, 117.* Barcelona.

En otros casos, leyendas y relatos nos cuentan el origen y la bondad de las aguas de las fuentes. Como el mito de la fuente “del Noi Gran” (Viladrau), cuenta que había una vez un niño pequeño que no tenía fuerza y siempre estaba enfermo. Un año que hubo una gran sequía, los chicos del pueblo iban a la fuente a por agua, pero él no podía debido a su salud; el chico, entristecido, comenzó a escondidas por la noche a buscar agua y cada vez que bajaba una garrafa hacía un trago. Hasta que se convirtió en un chico grande y fuerte que proveía de agua a todo el pueblo.

O la historia de la desaparecida fuente “Figuereta” de Sant Esteve de Palautordera, donde el rector ponía a prueba la paciencia de sus alumnos enviándolos a buscar agua de su caño tan bajo, que sólo podía llenarse con un pequeño vaso. O también la fuente “dels Cinc Raigs”, cuyo dicho que explica que el propietario original de la fuente tenía cinco hijos, y por eso al construir la fuente hizo los cinco caños que dan nombre a la fuente, a pesar de que hoy en día sólo quedan cuatro.

De leyendas sobre el origen de las fuentes hay muchas, así por ejemplo la mitología cuenta que la fuente “del Ferro” de Viladrau fue encontrada por un pájaro carpintero; mientras que la fuente “de l’Or” en la montaña de Sant Segimon [74], se llama así porque las hadas le habían dado unas migajas de cereales a una muchacha, que en realidad eran monedas de oro encantadas.

6. Las fuentes de los primeros excursionistas y veraneantes

El Montseny sedujo a los primeros excursionistas de la Renaixença desde el último tercio del siglo XIX. Los noveles excursionistas deportivos y científicos provenientes de la burguesía barcelonesa siguieron los pasos de la pionera guía (1879) de Artur Osona y pronto se convertirían turistas o veraneantes.

Artur Osona, socio del Centro Excursionista de Cataluña, da relevancia a las fuentes del Montseny “*d’aygua, abundosa, rica y fresca*” [75]. En su temprana guía excursionista menciona veintidós de las fuentes más representativas del macizo, especialmente las que son consideradas nacimiento de arroyos como la fuente “de la Teula”, nacimiento de la riera de Breda; la gran fuente “de Sant Andreu de la Castanya”, que junto con la “Bona” son origen del río Tordera, y otras fuentes relevantes como la de la fuente “del Matagalls” de la que cuenta “*trepitjant herbas sense cap arbre, se baixa a la Font de Matagalls, á 1690 metros y á mitja hora de la Creu...*” [76]

También Jaume Almera nos habla en 1884 de la fuente “de l’Escot" “*es baixa a la font de Matagalls i, seguint pel barranc que l’aigua del font i la pluja van obrint, després de passar la font de l’Escot, es torna a trobar el camí que condueix a l’ermita de Sant Miquel dels Barretons*” [77].

Muy pronto, los atractivos del paisaje de la montaña hicieron aparecer hostales, fondas y hoteles para alojar estos primeros viajeros. En el valle de Santa Fe se instauró uno de los primeros centros turísticos no urbanos del Montseny para la burguesía barcelonesa, que buscaba la bondad de las aguas y del clima de la montaña

---

74 Franquesa, R. (1919). Pel Montseny (Records d'una anada a Sant Segimon, Matagalls i Puig-l'agulla). *L'Esquella de la Torratxa. Almanac 1919*. Barcelona.

75 Osona, A. (1879). *Excursió a la muntanya de Montseny per un propietari de la Vila de Breda.* Barcelona: Impremta Barcelonesa.

76 Osona, A. (1879). *Excursió a la muntanya de Montseny per un propietari de la Vila de Breda.* Barcelona: Impremta Barcelonesa.

77 Almera, J. (1884). Excursió al Montseny: Descripció física de la Muntanya. *La veu del Montserrat. Any VII.* Vic. p. 151-176.

FIGURA 1
Fuente de Matagalls, muy cerca de la cima homónima.

(Foto: Adrià Corella, 2017)

.

Muchos de estos nuevos rincones y pequeñas manantiales de agua fueron adecuados al estilo de la moda arquitectónica de la época, buscando el ideario de paseo modernista, y quedaron plasmadas, a partir de la década de 1920, en las fotografías de las postales que se comerciaban como recuerdo. Destacamos las fuentes más frecuentadas por los veraneantes de principios del siglo XX, especialmente en el valle de Santa Fe, con la fuente “del Frare” y la fuente “de Passavets”. Muchas otras se rehicieron siguiendo el mismo estilo modernista, como la fuente ”d’en Bosch” en Arbúcies, la fuente “Pintoresca” en Breda, la fuente “d’en Figueres” en Gualba, la fuente “dels Enamorats” en Aiguafreda, etc.

FIGURA 2
Fuente “dels Enamorats”, en el inicio del recorrido natural por el torrente de Martinet.

(Foto: Adrià Corella, 2017)

En la Garriga, paradigma del disfrute de las aguas termales, las fuentes fueron remodeladas según los cánones de la arquitectura modernista similar a sus elegantes torres [78], es así como se construyó la hermosa fuente "Raspall", conocida originalmente también con el nombre de fuente "del Passeig", diseñada en 1915 por el arquitecto Manuel Raspall, o la impresionante fuente "de Santa Digna".

7. Fuentes y salud

Las personas estamos hechas de agua. Por este motivo hay que ingerir líquido para vivir y también es necesario que tenga propiedades reparadoras. El agua mineral es aquella que proviene de un manantial que, además de ser potable, tiene características especiales de composición que le dan un sabor diferente y la hacen apta para dietas o acciones terapéuticas.
En la época grecorromana era muy habitual el uso de aguas termales pero esta tradición se fue perdiendo y no será hasta el siglo XVIII, y especialmente la largo del siglo XIX, en la que hubo una recuperación del culto higiénico y medicinal de las aguas termales. En los balnearios se llevaba una vida de reposo, de atención a la salud, de tertulia y de trato social alejado de la vida cotidiana. Estaba asociado a un prestigio cultural y social. En los años de la guerra, 1936-1939, algunos de los balnearios se convirtieron centros hospitalarios y de acogida de refugiados.
La Garriga es la capital de las aguas termales en el ámbito del parque natural del Montseny, pero muy cercanas también tenemos las aguas termales de Tona y Sant Hilari. En la Garriga [79]el agua de la fuente "del Pou Calent", que brota a 60ºC, y el manantial termal en torno a la plaza de Santa Isabel, formaron en el siglo XIV el temprano núcleo urbano. La primera explotación moderna de las aguas tiene lugar en 1840, con el balneario Blancafort, local de prestigio frecuentado por personalidades de la vida social barcelonesa como Jacint Verdaguer, Francesc Cambó o Francesc Macià.

También tenemos constancia de fuentes ferruginosas en el Montseny, como la fuente "del Ferro" de Arbúcies (1602), y otras tres fuentes "del Ferro" en Gualba y Viladrau. Estas betas ferruginosas se han perdido en algunos casos, pero aún queda la toponimia que da fe de sus propiedades.

Muchas de las fuentes curativas fueron promocionadas por los mismos médicos que recomendaban la ingesta de sus aguas. Del mismo modo que el doctor Grabulosa recomendaba a sus adinerados pacientes beber las aguas de Sant Hilari, el doctor Carulla primero, y después el doctor Ariet, recomendaron de hospedarse en Viladrau para disfrutar de su ambiente y de sus aguas, como la fuente "de Miquel" de la que cuenta que "*els vianants que tornen de la passejada i volen beure l'aigua fresca que, con ansa de transparent cristall, regalima de l'esqueiviu"* [80]*.*

Otros manantiales, pese a no tener relación directa con la salud, se encuentran relacionados con doctores ilustres como la fuente "d'En Llanes" (Figaró-Montmany), situada en la calle del Dr. Jordi Sans Sabrafen [81], o la fuente de la plaza Dr. Carulla [82].

---

[78] Cuspinera, Ll., y Clusellas, C. (2001).*El Modernismo de veraneo en el Vallès Oriental. Le Modernisme des résidences d'été dans le Vallès Oriental*. Barcelona: Diputació de Barcelona, Institut d'Edicions, Consorci de Turisme del Vallès Oriental.

[79] Escolà, H., Noguera, E., Panareda, J.M. (2007). *Les fonts de la Garriga*. Monografies del Montseny, 22. Viladrau: Amics del Montseny.

[80]Ariet A. (1915). *Topografia Medica de Viladrau.*

[81] Doctor en cirugía y medicina por la Universidad de Barcelona. Fue pionero del tratamiento de las leucemias en España y creó el primer servicio de hematología y oncología médica de España en el Hospital de la Cruz Roja de Barcelona. En 2003 recibió la Creu de Sant Jordi.

[82] Catedrático de las universidades de Sevilla y Barcelona. Uno de los primeros directores del Hospital Clínico de Barcelona. Rector de la Universidad de Barcelona. Desde 1915 hasta 1923 fue presidente de la Real Academia de Medicina de Cataluña.

FIGURA 3
Fuente "Nova", hoy en día en estado muy deplorable, y lejos de la magnificencia que se puede ver en la postal de 1915

(Foto: Adrià Corella, 2017)

También tenían mucha fama por ser buenas para la salud las fuentes del valle de Santa Fe (en el municipio de Fogars de Montclús), y entre ellas, una de las que tenía mejor prensa era la fuente "Nova", de la que se decía que era la mejor: "Font Nova i la millor" (1905).

8. Las romerías y las "fontades" del Montseny

Las fuentes han sido tradicionalmente espacio de disfrute y encuentro. En las calurosas tardes de verano la fuente proporcionaba un cobijo a la sombra y agua fresca a los aldeanos. Las "fontades" son encuentros campestres alrededor de los manantiales del Montseny.
Desde los primeros excursionistas románticos hasta la primera mitad del siglo XX la gente celebraba jiras con desayunos y meriendas, encuentros y fiestas tradicionales, como la "Tornaboda" después de la Fiesta Mayor, con bailes y sardanas en torno a las fuentes de más renombre [83]. Un ejemplo es la fuente "Pintoresca" de Breda (1912) donde se celebraban bucólicas fiestas; la fuente tenía la inscripción del siguiente verso, un primer alegato ecologista:

D'aquesta font cristallina
beuen mentre tinguis set
pro respecta l'armonia
del banc, la taula i el vert

En la fuente "del Lleó" de Aiguafreda los veraneantes se acercaban ataviados como si fueran a un acto social de la capital. Fuentes antiguas se rediseñan siguiendo los nuevos estilos arquitectónicos y devienen inspiración para literatos. Muy pronto algunas de estas fuentes se

[83] Mitjans, R.; Soler, T. (1993). *Músics de flabiol i bombo.* p.90

dedicaron a escritores y poetas, como la fuente “d’En Vila” dedicada a Joan Maragall en el fondo de un hayedo al pie del Matagalls. En 1936 Marià Manent propuso arreglar la antigua fuente “de l’Oreneta” de Viladrau como homenaje a Jaume Bofill, el famoso poeta que firmaba con el alias Guerau de Liost. Francesc Vendrell, propietario de Can Pons, también impulsó en 1930 la renovación de la antigua fuente de la masía por la neoclásica fuente “de Montserrat” de Campins, al gusto de los veraneantes para celebrar las comidas campestres.

Mención especial merece la actividad de construcción y remiendo de fuentes llevada a cabo desde la asociación “Aplec del Matagalls”, en el que cada año, desde 1950, se inaugura o se restaura una fuente en la montaña. Tenemos casi una cincuentena de ejemplos: la fuente “Clareta” y la fuente “dels Garriguecs” (en Viladrau), o la fuente de “Santa Joaquina de Vedruna” y la fuente “del Sot del Rector” (El Brull). En la misa se ofrece el agua de la fuente que será inaugurada.

La religiosidad también se manifestaba en el entorno de las fuentes a pie de camino. En los votos de Sant Marçal o en Sant Segimon, las procesiones hacían paradas para desayunar o rezar cerca de las fuentes. En el voto de pueblo en Sant Marçal por la gente de Viladrau la parada se hacía a la fuente “Bona” [84]. Los del pueblo del Montseny hacían el voto popular pasando por la fuente “de les Illes” [85]. También la celebración de la romería del Sant Crist en Aiguafreda de Dalt se hacía en el altiplano alrededor de la fuente “de l’Abadessa” [86] y en la procesión de Sant Martí sobre la fuente “dels Enamorats” se rezaba una salve [87].

9. Las fuentes perdidas del Montseny

Aún hoy en día las fuentes son básicas para garantizar cierto suministro a poblaciones, pero en otros casos han desaparecido por la acción humana o quedan olvidadas en la montaña. A veces las fuentes se pierden porque son canalizadas hacia los caseríos cercanos para aprovechar el agua para las tareas agrícolas, como en el caso de las fuentes “de la Llobera” (Seva), “de Ca l'Oliveró” (La Garriga) o “dels Peixos” (Arbúcies). Seguramente por esta razón está tan escondida la que fue en su día famosa fuente “de Sant Fernando” de Campins. La adaptación de viejas masías a segundas residencias supone también la canalización del agua del manantial natural, como la fuente “del Noc” (Viladrau).

Encontramos caños secos como consecuencia del movimiento del agua, como las fuentes “de Cal Marxant” o “Mas Gelat“ de Sant Feliu de Buixalleu. O bien por la escasa pluviometría asociada al cambio ambiental como la fuente “de Morou”, o la fuente “del Terrer” en Sant Pere de Vilamajor. Algunas fuentes están a tanta altitud que casi no tienen recorrido subterráneo, lo que hace que manen de forma discontinua, como la fuente “de l’Obra” (Tagamanent). Otras, debido a su ubicación en lugares poco transitados, quedan olvidadas, como la fuente “Monner”, o en zarzales inaccesibles como la fuente “de Can Perepoc” (Campins).

La fuente “de Rocs Cremats” hay poca gente que la conozca porque actualmente toman el agua para el embalse de Santa Fe. También sucede a veces la feliz coyuntura que las fuentes perdidas pasan a ser recuperadas. Fuentes que estaban identificadas en viejas publicaciones, pero nunca vistas, han sido recuperadas en los últimos años por amantes de estas bellas construcciones como la fuente “del Ferro de la Sala” (Viladrau) después de excavar en el lugar donde la gente del pueblo siempre había visto presencia de agua encharcada, o la fuente “de la Teula” cerca d

[84] Hilari, P. (1995). Revista Montseny, 9. p. 7.
[85] Albesa, C. (1990). *Postals del Montseny*. p.98.
[86] Garcia-Pey, E. (1997). *Aiguafreda. Els noms tradicionals*. p 165.
[87] Masnou, J. (1988). La parròquia d'Aiguafreda a través de les visites pastorals, segles XVI-XIX. *Temes Aiguafredencs V*.

FIGURA 4
"FONTETA DE CAN PEREPOC" DIFÍCIL DE ENCONTRAR A PESAR DE ESTAR CERCA DEL SENDERO GR 5.2.

(Foto: Oscar Farrerons, 2015)

10. La nueva industria del agua

El hombre a lo largo del tiempo ha establecido una relación de dependencia y también de dominio con el agua. El aprovisionamiento de agua de las fuentes y su comercialización es un buen ejemplo. La modernidad y la concentración humana en las ciudades abrió un nuevo mercado para la venta de agua mineral embotellada. En el macizo del Montseny, desde el último cuarto del siglo XIX, aparece otra forma de explotación de las fuentes naturales: las nuevas industrias embotelladoras de agua natural.

Una de las primeras aguas analizadas químicamente para el consumo fue la fuente "del Regàs". En 1887 el agua de "les Fontiques" fue catalogada de mineromedicinal natural, de una composición mineral equilibrada, apta para las dietas pobres en sodio. Rebautizada como Manantial Reina Regente, se inauguró el 3 de julio de 1890. En un principio se rellenaban las garrafas de vidrio a mano directamente del caño, no será hasta la década de 1960 que la embotelladora empezó a funcionar de manera industrial. En 1973 se creó la empresa "Font del Regàs, SA" y se edificó una nueva planta embotelladora junto al anterior. En 1989 pasó a ser propiedad del grupo Vichy Catalán.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, otras fuentes embotellaban el agua de forma manual en garrafas para ser transportadas hasta Barcelona como la fuente "de les Pipes" (1958-59), la fuente de "Coll de Té" y la fuente "del Plà de les Arenes" (1957), más adelante convertida en Fontdor SA (1971). En Sant Esteve de Palautordera el agua de la fuente de "Sant Antoni" se empezó a envasar en garrafas en 1957, y actualmente es comercializada como "Aigua del Montseny".

FIGURA 5
Fuente "de les Pipes" en el municipio de Arbúcies.

(Foto: Adrià Corella, 2017)

La eclosión de la industria del agua envasada en el Montseny se inicia en el último cuarto del siglo XX. La "Fontalegre" se convirtió en la planta embotelladora de "Aigua de Viladrau"en 1968 (actualmente Nestlé Waters). También se embotella la marca paneuropea "Los Abetos" que tiene su origen en el manantial de Arbúcies. Font "Agudes" fue fundada en 1972 en Arbúcies y extrae el agua de la primitiva fuente "dels Ametllers". Otras plantas industriales dedicadas al embotellado de agua de manantiales naturales son "Aiguaneu" en Espinelves y "Fournier" en La Garriga.

Según la Asociación Catalana de Envasadores de Aguas el 80% de la producción en Cataluña procede del Montseny [88]. La mayoría se concentran en la cuenca del Tordera y fuera de los límites del parque natural [89]. Sorprendentemente, aunque hoy en día las aguas subterráneas se consideran legalmente como un recurso minero (ley de 22/1973) y no como un recurso natural.

11. Espacios patrimoniales al abrigo de las fuentes

La gran mayoría de fuentes del Montseny son construidas por la mano humana. Son las mejor conservadas y también las más frecuentadas, ya sea por excursionistas o vecinos. Cada pueblo del Montseny tiene sus fuentes más queridas, aquellas que representan un espacio patrimonial propio e identitario. Son fuentes que encontramos en caminos históricos como la fuente "Borrell" (St. Pere de Vilamajor) de subida hacia Sant Elíes y Santa Susanna, o la fuente "de les Acacies" (Cànoves), parada tradicional hacia el emblemático castaño "Gros d'en Cuc" en Vallforners, y de ascensión a la montaña del Sui; o la fuente "del Conill" en la parte alta de la pista Garolera, cerca de Santa Fe. Otras deben su carácter patrimonial a la abundancia de sus chorros de agua, como la fuente de "María Negra" de Arbúcies.

---

88 En total se extraen 1.500 millones de litros al año, unos cuatro millones al día, lo que supone el 27% del total de litros envasados en el conjunto de España. La Asociación Catalana de Envasadores de Aguas agrupa a 25 empresas que representan el 100% de la actividad en Cataluña. [En línea]. Disponible en: https://aiguesmineralsdecatalunya.org/ [consulta: enero 2018].

89 Gonzàlez, I., La Cera, P., Valero, M., Vico, À., y Viñas, M. (2003). *El Parc Natural del Montseny: anàlisi del medi natural i gestió de l'aigua. El cas de les plantes embotelladores*. Universitat Autònoma de Barcelona. [En línea]. Disponible en: http://81.47.175.201/montseny/attachments/article/31/plantes_embotelladores.pdf [consulta: enero 2018].

Esta fuentes presentan construcciones firmes, donde el valor natural del entorno se combina con aspectos culturales como recitales de poesía y actividades de ocio, como la fuente "de Pinós" (Aiguafreda-Centelles); o fuentes dedicadas a los santos patrones locales, como la fuente "de Sant Vicenç" (Riells i Viabrea).

Otras fuentes son de carácter urbano y, a pesar de haber perdido el manantial de agua natural y estar conectadas hoy a la red municipal, mantienen un interés arquitectónico o histórico, como la fuente "del Pujol" en el extremo del casco urbano de la parroquia de Sant Julià del Montseny, o la fuente "del Safareig" en Joanet. Algunas fueron levantadas para conmemorar la llegada del agua potable al pueblo, como la fuente de la plaza del Dr. Rovira de Breda, hoy llamada fuente "del Novè Centenari" (1917). Las fuentes "del Bon Humor", "de Can Mero" o "de Can Palau", son algunas de las siete fuentes de bomba que hay en Arbúcies que desde 1908 permiten la extracción por bombeo manual del agua de los pozos históricos de las calles.

Cerca de la iglesia parroquial, o en la Plaza Mayor de cada pueblo, no puede faltar nunca una fuente. Así tenemos la fuente "de Sant Joan" de Campins (1925), la fuente "de la Plaça" de Aiguafreda, con piedra trabajada fechada en 1871. Las vicarías también tienen su fuente, como la fuente "de la Germana Josefa" en Viladrau, o la fuente "de la Rectoria" de Gualba, detrás de la iglesia de Sant Vicenç. Finalmente, las fuentes modernas, como la actual fuente "de Ca l'Enric" del Figaró, quizá algún día podrá convertirse en un punto de encuentro singular por los excursionistas hacia Vallcàrquera.

12. Diagnosis ambiental de las fuentes del Montseny

Los entornos de las fuentes del Montseny presentan ambientes naturales más o menos alterados por acciones antrópicas. En los hayedos y en las torrenteras las fuentes suelen estar más integradas en el medio natural, con especies típicas de entornos húmedos, como en la fuente de "Can Mir" de Sant Esteve de Palautordera. En cambio, en las fuentes más frecuentadas (acceso a pie de pista, señalización) los valores ambientales han sido relegados en favor del aprovechamiento humano, como por ejemplo en la fuente "dels Gitanos" de Figaró. El patrimonio natural y humano de las fuentes del Montseny es un claro ejemplo de la relación intrínseca de ambos factores.

En la estructura geológica del Montseny predominan materiales silíceos. Las rocas silúricas, junto con el granito, forman el sustrato geológico más importante, de ahí que las aguas que circulan sean muy poco mineralizadas en comparación con suelos calcáreos. Esta circunstancia, junto con actividades humanas poco invasivas en las áreas supraforestales del Montseny, ha hecho que en general las fuentes mantengan un estado ambiental bueno. Sin embargo, hoy en día lamentablemente se puede observar cómo los chorros de agua van disminuyendo por captaciones o por disminución de los niveles de los acuíferos.
A pesar del valor medioambiental y patrimonial intrínseco de las fuentes, no ha sido hasta los últimos años que han aparecido estudios científicos de diagnóstico en el Montseny. Una primera recopilación la realizaron J. López y A. Bombi en 1992 [90] referido a las fuentes del valle de Santa Fe. Diez años más tarde (2002) JM. Carmona, M. Viladevall y X. Font [91] relacionaran las características químicas de las aguas subterráneas del Montseny y su contexto geológico. También en 2002 un equipo de la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona estudió las características hidrogeoquímicas de las aguas subterráneas y superficiales del Montseny.

[90] López Cortijo, J., y Bombí, A. (1991). *Les fonts de la vall de Santa Fe. Monografies del Montseny, 6*. Viladrau: Amics del Montseny, p. 161-18.

[91] Carmona, J. M., Font, X., y Viladevall, M. (2002). Relació entre les característiques químiques de les aigües subterrànies del Montseny i el seu context geològic. V Trobada d'Estudiosos del Montseny: Diputació de Barcelona, Barcelona, p. 105-108. [En línea]. Disponible en: http://cataleg.parcs.diba.cat/documents_diba/p03d002.pdf [consulta: enero 2018].

En 2003 M. Gallart [92] desarrolla un método sistemático de obtención de datos físico-químicos, biológicos e histórico-culturales, aplicado a 56 fuentes para hacer un diagnóstico y propuestas de mejora de su estado.

El Grupo de Defensa del Ter [93]también lleva a cabo análisis anuales de las características fisicoquímicas de algunas fuentes de la cuenca del río Ter en el Montseny. Últimamente se están llevando a cabo estudios sistemáticos de los parámetros mineralógicos de un centenar de fuentes del Montseny norte [94], y de una cincuentena del Montseny oeste en general [95] y específicamente del valle de l'Avencó [96], sobretodo las fuentes "d'en Vinyes", "Peu de Gat", "Amargosa", "del Clot" y "del Saní".

13. Conclusiones

Las fuentes son un elemento del patrimonio cultural, histórico, social y natural destacado en el territorio del Montseny. Hay que preservar la "cultura de la fuente": tradiciones, costumbres y hábitos que se llevan a cabo al amparo de las fuentes. Conservar nuestras fuentes, en la sociedad de las prisas y del agua embotellada, es un trabajo heroico y necesario, una tarea de todos. Es necesario recuperar el disfrute de las fuentes del Montseny y revindicar su perspectiva social. Las fuentes representan poner el agua al alcance de toda la población, significa la socialización de un recurso natural, la fuente hace el agua alcanzable para el consumo humano. Desde inicio siglo XX las excursiones y celebraciones solían acabar con una comida campestre al abrigo de una fuente, eran las "fontades", donde tertulias, juegos y festejos llenaban la velada. Las condiciones sociales han cambiado mucho desde entonces, pero estos cambios no han podido borrar la atracción que aun ejercen sobre nosotros los manantiales de agua. El estudio teórico de la historia y las leyendas, y su difusión por diferentes medios (redes sociales, revistas, libros….) debe permitir primero la recuperación de la memoria histórica, y posteriormente la reconstrucción y protección de las fuentes como patrimonio indisociable de la montaña del Montseny.

Referencias bibliográficas

- Albesa, C. (1990). *Postals del Montseny.* Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Albesa, C. (1996). *Postals del Montseny 2.* Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Almera, J. (1884). Excursió al Montseny: Descripció física de la Muntanya. *La veu del Montserrat. Any VII.* Vic.
- Ariet, A. (1915). *Topografía Médica de Viladrau.* Barcelona: Fidel Giró Impressor.
- Barberà, M., y Palau, J. (2000). *Història geològica del massís del Montseny-Guilleries*. Barcelona: Font d'Or. L'aigua per naturalesa. Columna Edicions.
- Boada, M. (1992). *Llegendes del Montseny.* Girona: Carles Vallès – Editor.
- Boada, M. (2003). Introducció. En Ll. Pagespetit (autor). *111 fonts del Montseny i molts indrets per descobrir.* Sant Vicenç de Castellet: Farell editors.
- Carmona, J. M., Font, X., y Viladevall, M. (2002). Relació entre les característiques químiques de les aigües subterrànies del Montseny i el seu context geològic. V Trobada d'Estudiosos del Montseny: Diputació de Barcelona. [En línea]. Disponible en: http://cataleg.parcs.diba.cat/documents_diba/p03d002.pdf [consulta: enero 2018].

---

92 Gallart, M.; Jiménez, N.; Montijano, V.; Olivé, M. y Ros, A. (2003). *Diagnosi ambiental i historicocultural de les fonts més representatives del Parc Natural del Montseny*. Diputació de Barcelona, BCN, p. 53-57. [En línea]. Disponible en: http://cataleg.parcs.diba.cat/documents_diba/p03d098.pdf [consulta: enero 2018].

93 https://www.gdter.org/

94 Prat, F; Farrerons, O. (2017). *Análisis de parámetros fisicoquímicos de aguas de 100 fuentes naturales del Montseny norte.* Tecnoaqua. ISSN: 2340-2091. Volumen 25; Número: 2017- mayo-junio. P. 36-45. Editor: Infoedita Comunicación Profesional.

95 Farrerons Vidal, O.; Prat, F. (2017). *Anàlisi mineralògica de les fonts del Montseny Oest (Osona)*. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1TyPB0pHAeaN3YgddaqvMbuCLpG8&ll=41.78366626718336%2C2.258210616302449&z=13 [consulta: enero 2018].

96 Farrerons Vidal, O. (2017). Les fonts de la vall de l'Avencó. Un patrimoni històric i natural a conservar. *Tagamanent,* 86. P 10-15. Impremta Moderna. Centelles.

- Roma, F. (1996). *Història Social de l'Excursionisme Català. Dels orígens a 1936.* Vilassar de Mar: Editorial Oikos-Tau.
- Castelló, R. (2000). *Hidrogeologia en roques granítiques.* Barcelona: Font d'Or. L'aigua per naturalesa. Columna Edicions.
- Cuspinera, Ll., y Clusellas, C. (2001). *El Modernismo de veraneo en el Vallès Oriental. Le Modernisme des résidences d'été dans le Vallès Oriental.* Barcelona: Diputació de Barcelona, Institut d'Edicions, Consorci de Turisme del Vallès Oriental.
- Escolà, H., Noguera, E., y Panareda, J.M. (2007). *Les fonts de la Garriga.* Monografies del Montseny, 22. Viladrau: Amics del Montseny.
- Farreras, M. (1929). *El Montseny, su presente y su porvenir.* Barcelona: Ed. Garrofé.
- Farrerons, O. (2017). Les fonts de la vall de l'Avencó. Un patrimoni històric i natural a conservar*. Tagamanent,* 86. Centelles: Impremta Moderna.
- Farrerons, O., y Prat, F. (2017). *Anàlisi mineralògica de les fonts del Montseny Oest (Osona)*. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1TyPB0pHAeaN3YgddaqvMbuCLpG8&ll=41.78366626718336%2C2.258210616302449&z=13 [consulta: enero 2018].
- Franquesa, R. (1919). Pel Montseny (Records d'una anada a Sant Segimon, Matagalls i Puig-l'agulla). *L'Esquella de la Torratxa.* Almanac 1919. Barcelona.
- Gallart, M., Jiménez, N., Montijano, V., Olivé, M., y Ros, A. (2003). *Diagnosi ambiental i historicocultural de les fonts més representatives del Parc Natural del Montseny*. Diputació de Barcelona. [En línea]. Disponible en: http://cataleg.parcs.diba.cat/documents_diba/p03d098.pdf [consulta: enero 2018].
- Garcia-Pey, E. (1997). *Aiguafreda. Els noms tradicionals*.
- Gonzàlez, I., La Cera, P., Valero, M., Vico, À., y Viñas, M. (2003). *El Parc Natural del Montseny: anàlisi del medi natural i gestió de l'aigua. El cas de les plantes embotelladores*. Universitat Autònoma de Barcelona. [En línea]. Disponible en: http://81.47.175.201/montseny/attachments/article/31/plantes_embotelladores.pdf [consulta: enero 2018].
- Hilari, P. (1995). Revista Montseny, 9.
- Llobet, S. (1970). *Montseny. La Calma – Matagalls – Les Agudes; Turó de l'Home – Valls del Congost – Tordera – Riera d'Arbúcies – Riera Major i Gurri. Excursiones – Guía Cartográfica; Turismo. Colaboración de A. Bescós y X. Coll.* Granollers: Editorial Alpina.
- Lloreda, J. (1902). Una excursió al Montseny. *Catalunya Artística, 117.* Barcelona.
- López Cortijo, J., y Bombí, A. (1991). *Les fonts de la vall de Santa Fe. Monografies del Montseny, 6*. Viladrau: Amics del Montseny.
- Masnou, J. (1988). La parròquia d'Aiguafreda a través de les visites pastorals, segles XVI-XIX. *Temes Aiguafredencs V.*
- Mitjans, R., y Soler, T. (1993). *Músics de flabiol i bombo.* Barcelona: Alta Fulla.
- Osona, A. (1879). *Excursió a la muntanya de Montseny per un propietari de la Vila de Breda*. Barcelona: Impremta Barcelonesa.
- Panareda, J.M. (2007). *Descobrim el Montseny.* Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Prat, F., y Farrerons, O. (2017). *Análisis de parámetros fisicoquímicos de aguas de 100 fuentes naturales del Montseny norte.* Tecnoaqua. ISSN: 2340-2091. Volumen 25; Número: 2017- mayo-junio. Editor: Infoedita Comunicación Profesional.
- Tolosa, F. (2005). *Viladrau. Un munt de noms i d'imatges.* Palma de Mallorca: Taller Gràfic Ramon.
- Renau, X. (2001). *Les llegendes de les dones d'aigua.* Monografies del Montseny, 16. Viladrau: Amics del Montseny.

NATURALEZA, CULTURA, PAISAJE Y SOCIEDAD HISTÓRICA EN LAS MONTAÑAS VASCAS

ÁNGEL MARTÍNEZ MONTECELO[1]; JOSE RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ[2]
angel.martinez@ehu.eus; jose.rodriguezf@ehu.eus
[1]Cátedra Unesco de Paisajes Culturales y Patrimonio de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).
[2]Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Proyecto de Investigación "Poder, sociedad y fiscalidad al norte de la Corona de Castilla en el tránsito del Medievo a la Modernidad" (HAR2014-52469-C3-3-P).

RESUMEN

Los espacios de montaña en el País Vasco siempre han sido muy valorados por la sociedad, muchos de ellos integrados dentro de figuras de protección desde el punto de vista natural. Sin embargo, se trata de lugares domesticados por el ser humano desde hace milenios, con evidencias culturales del pasado que en muchos casos se muestran sutilmente, aunque en conjunto tienen un importante peso en la configuración del territorio y del paisaje actual.

Palabras clave: Patrimonio Natural, Patrimonio Cultural, Paisaje, Prospección Arqueológica.

ABSTRACT

Mountain spaces in Basque Country have always been highly valued by society, many of them integrated into figures of protection under a natural point of view. However, we are talking about places wich are domesticated by human societies from thousands of years ago, with cultural evidences of the past wich in many cases are showed subtly, even though altogether they have an important role in the configuration of the territory and current landscape.

Keywords: *Natural Heritage, Cultural Heritage, Landscape, Archaeological survey.*

1. Introducción

En este texto se propone una metodología de muestreo de campo para el reconocimiento de elementos de interés cultural en espacios montañosos, de relieve tortuoso y/o densamente forestados, en los que la componente natural suele ser la más conocida –aunque no la única–, con la finalidad de obtener una perspectiva más completa e integradora de su patrimonio. Muchos de estos espacios montanos constituyen en la actualidad Espacios Naturales Protegidos (ENP), tanto dentro del tipo de figuras previstas por la legislación autonómica (Parques, Naturales, Biotopos Protegidos,…), como las de ámbito nacional e internacional (LIC, ZEPA,…). Aun así, estos espacios "naturales" muestran –como resultado del propio proceso de creación de la figura protegida– una fuerte componente de tipo biótico frente a la atrofia que hasta el momento presenta su componente antrópica y cultural, no por su inexistencia sino por una falta de atención y estudio.

Los autores, formados fundamentalmente en humanidades y en la gestión del patrimonio cultural –sobre todo arqueológico–, reivindicamos el peso de esta componente antrópica y de las enormes posibilidades que ofrece su estudio sistemático e integrado con el medio abiótico y biótico. La importancia de estas relaciones entre naturaleza y sociedad durante los últimos siglos son además claves para entender génesis del paisaje que contemplamos en la actualidad. En el País Vasco se están llevando a cabo varios trabajos con esta perspectiva en diversos lugares que –salvo casos aislados– han permanecido al margen de la investigación de

campo y además casi siempre vinculados a elementos puntuales y a cronologías, por lo general, más tempranas.
En definitiva, el objetivo fundamental de este trabajo es mostrar las posibilidades de investigación en estos espacios mediante una metodología propia de la prospección arqueológica (a gran escala), descubriendo y entendiendo los elementos que constituyen lo que hemos denominado *Patrimonio Arqueológico Forestal* (PAF), todo ello encaminado a la caracterización del paisaje y a la detección de conjuntos patrimoniales (a una escala menor). Así, formarían parte del PAF todos los elementos enormemente frágiles resultado de la explotación de los recursos en este medio y que han llegado hasta la actualidad como indicios de labores en desuso o prácticamente desaparecidas. Todos ellos articulan un entramado que permite entender cómo eran las relaciones monte-ser humano desde un punto de vista ecológico, económico y social.

2. El concepto de Patrimonio Arqueológico Forestal (PAF): configuración y características

Hace unos diez años ya comenzaban a vislumbrarse estas actividades como una tendencia clara en la arqueología del País Vasco (como por ejemplo la denominada *arqueología pastoril*; Solaun, Camino, Moraza y Aguirre, 2009; Sarasola y Moraza, 2011) pivotando entre la etnografía y la arqueología del paisaje, líneas de investigación que han ido fortaleciéndose especialmente en territorios de clima atlántico, entorno montano y ambiente eurosiberiano. Sin embargo, el origen del concepto es tan diverso como difuso (puntos de vista geográficos, etnográficos, históricos, arqueológicos, patrimoniales), y puede rastrearse en trabajos de más de 20 años, aunque por entonces no se utilizara un significante concreto o denominador común.

En nuestra opinión y observando la bibliografía generada hasta el momento, el concepto de PAF debe cumplir dos condiciones. La primera hace referencia, lógicamente, a su localización, esto es, constituye el conjunto de los elementos patrimoniales que nos podemos encontrar en los espacios de montaña y densamente forestados. La segunda condición se refiere a su carácter, ya que este tipo de patrimonio se encuentra constituido por elementos que han sido el resultado de la explotación tradicional del medio montano y forestal, ya sea para el aprovechamiento directo de los recursos de madera (construcción, combustible, etc.), como por otros usos y ciclos productivos ya en desuso o franco retroceso (aguas, pastos, agricultura, caza, recolección, zonas de extracción y transformación…). Haciendo un símil con el patrimonio biológico podríamos decir sin lugar a dudas que se trataría de *especies en peligro de extinción*.

Aunque casi excepcionales, sí podemos destacar que hace más de dos décadas que comenzaron varios trabajos sistemáticos en algunas zonas, por lo general lugares que constituían o han acabado constituyendo actualmente ENPs, donde se auguraba una buena conservación del tipo de evidencias buscadas. Además, estos lugares contaban con una dilatada experiencia investigadora, aunque por lo general vinculada a la prehistoria reciente, de acorde con las tendencias de la disciplina hasta aquel momento. En este sentido, destaca especialmente el caso del macizo de Aralar, en el que tanto la arqueología prehistórica como la arqueología histórica han sido coordinadas por el equipo de J.A. Mujika Alustiza (Agirre-García, et al., 2017).

2.1. Elementos que conforman el PAF

Difícilmente se puede reconocer algo si antes no se conoce. Los elementos susceptibles de ser localizados en el medio forestal son muy variados, todo ellos relacionados con diversos ciclos productivos, actividades económicas o bien con la delimitación del territorio. Los tipos de elementos se agrupan en las siguientes categorías:

- Gestión del territorio (muros, mojones, seles,…).

- Gestión forestal (árboles trasmochos, bosque bravo, jarales, carboneras, viveros...).
- Actividades agropastoriles y recolección (majadas, rediles, bebederos, manantiales, estructuras de regadío, abejeras, kirikiñausis o ericeras, delimitación de fincas…).
- Actividades extractivas y productivas protoindustriales (canteras, neveras, ferrerías de monte, caleros, tejeras…).
- Edificios y estructuras (cabañas, chozas, cercados, refugios ocasionales, oquedades…).
- Caminería antigua (caminos, calzadas, puentes,…).
- …

2.2. Características del Patrimonio Forestal

De forma sintética podemos enumerar las siguientes características comunes:

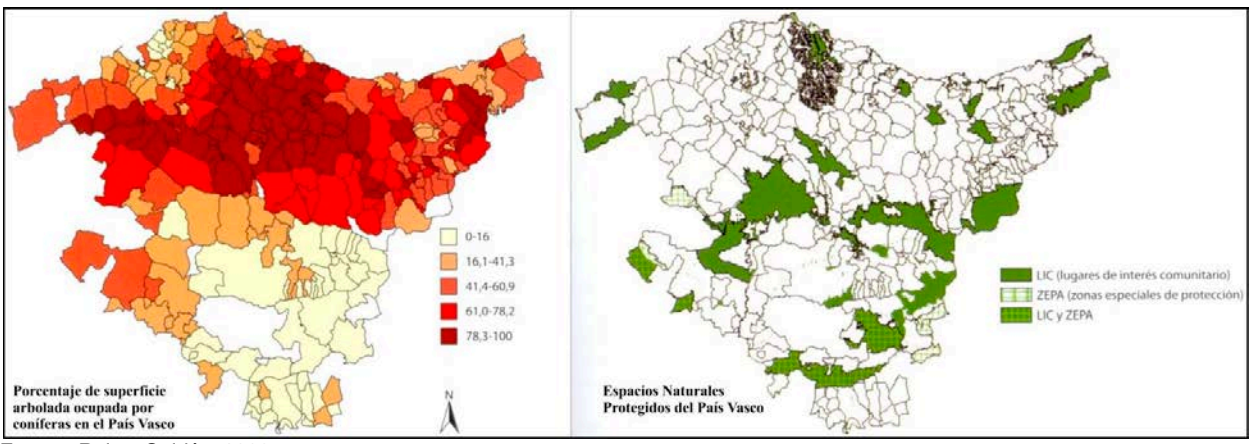
- **El volumen de elementos es muy grande.** A día de hoy la cantidad de elementos susceptibles de formar parte del patrimonio forestal es muy elevada. En muchas ocasiones la singularidad puede no ser el principal motivo de protección y conservación, tal es el caso, por ejemplo, de los árboles trasmochos y de las carboneras.
- **Se trata de elementos muy frágiles.** Pero a pesar de su gran número el principal factor que debería inquietarnos es su fragilidad. La propia dinámica natural del bosque tiende a borrar lo más evidente en apenas unas décadas, aunque más agresiva aún en la realización de pistas forestales sin control o las talas a matarrasa.
- **Los elementos individualmente apenas tienen importancia.** La presencia de un árbol trasmocho o de un antiguo redil aislado apenas tiene importancia. Sin embargo, lo realmente interesante llega cuando somos capaces de identificar y reconocer el funcionamiento de todo un entramado de elementos, determinar si coexistieron y se relacionaron entre sí, así como elaborar un discurso histórico que aúne las distintas materialidades y su patrón de funcionamiento como sistema.
- **Presentan unos límites difusos, difíciles de trazar.** Dado su gran número y su fragilidad en numerosas ocasiones resulta difícil establecer una delimitación espacial apropiada.
- **Por lo general carecen de protección.** La normativa vigente en materia de protección del patrimonio cultural (Ley 7/1990, del Patrimonio Cultural Vasco) apenas contempla ninguna medida con la mayoría de estos elementos, que en cualquier caso quedan englobados dentro del folklore o la etnografía. Las excepciones se dan cuando se encuentran dentro de alguna figura de protección del medio natural (Ley 16/1994, de Conservación de la Naturaleza del País Vasco).
- **Su conocimiento suele reunir disciplinas y puntos de vista variados.** Esta cuestión, que debería ser un acicate para enriquecer el conocimiento diversificado de estos entornos, no acaba de funcionar correctamente en muchas ocasiones. Por lo general arqueología, etnografía, botánica, ingeniería forestal, edafología, geología, geografía,… trabajan de forma aislada cuando no enfrentada, sin optimizar las sinergias que se pudieran producir. Todo ello repercute de nuevo negativamente sobre estos elementos.

3. Metodología

Los espacios en los que se ha trabajado desde esta perspectiva, se localizan de forma polarizada hacia el cuadrante sudoriental de la CAPV. Los motivos son varios pero básicamente se pueden sintetizar en unos pocos factores relacionados. El devenir histórico ha propiciado una mayor presencia de espacios comunales en la mitad meridional de la región mientras que la compartimentación de la propiedad en manos privadas, fruto en buena medida de la consolidación de la industrialización, desencadenó desde principios del siglo XX una repoblación, casi en forma de monocultivo, de *P. radiata* en Gipuzkoa y Bizkaia. Por el contrario, en el extremo meridional de estas dos provincias cantábricas y en Álava (especialmente en la mitad oriental) se ha producido la conservación de importantes masas forestales autóctonas

(caducifolias y marcescentes), en un contexto biogeográfico de transición, aunque predominantemente eurosiberiano.

FIGURA 1
Relación entre la superficie ocupada por coníferas (la mayoría de repoblación) y la ausencia de Espacios Naturales Protegidos en la CAPV



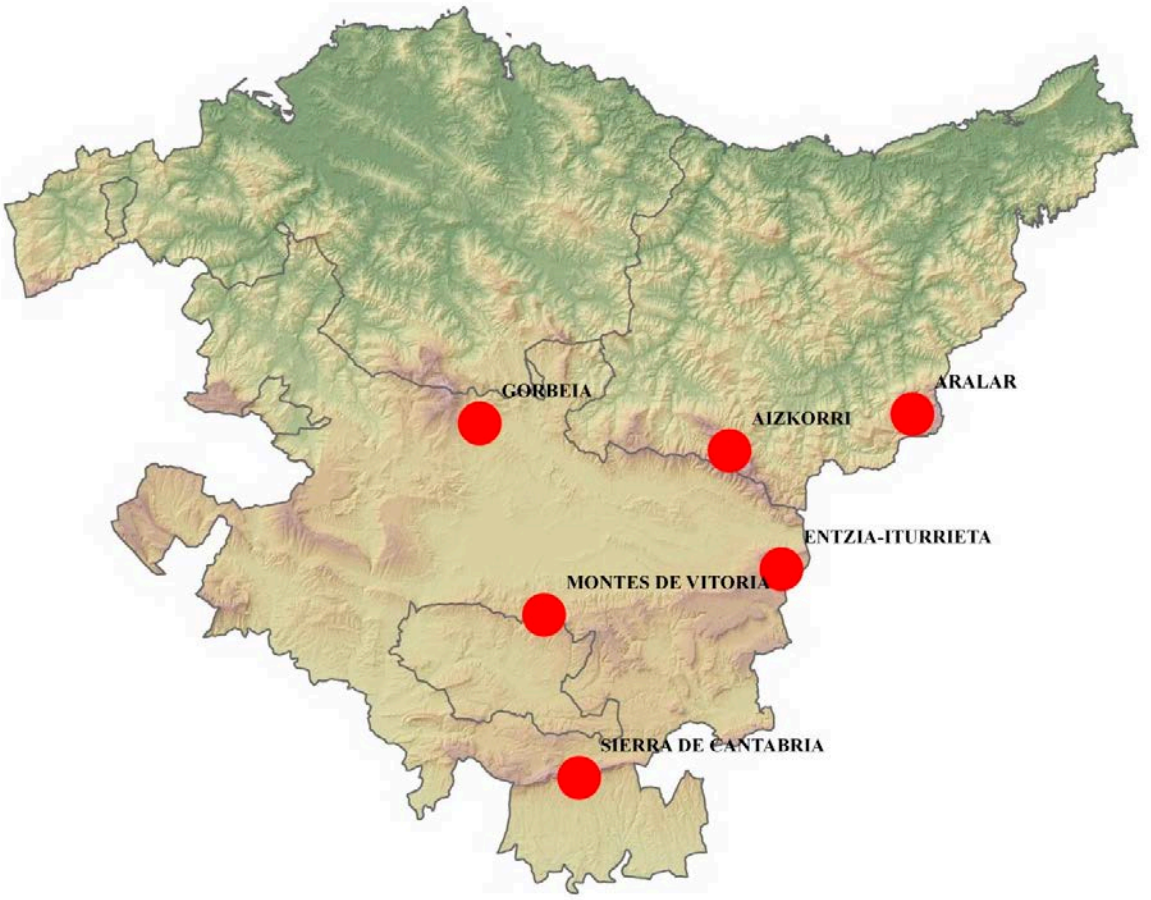
Fuente: Ruiz y Galdós, 2008.

Con estos condicionantes y hasta el momento, los trabajos realizados o en curso se han polarizado, como hemos comentado, hacia el sector SE. Serían estos:

- **Aizkorri.** Trabajos iniciados por M. Urteaga desde finales de los años 80 y durante los noventa (Ugalde, Urteaga y Gandiaga, 1992-1993; Urteaga y Urkiola, 1996), continuados por A. Martínez desde hace casi 10 años (Martínez Montecelo, 2009) y por A.M. Stagno en 2015 (Stagno, 2016a, 2016b).
- **Entzia-Iturrieta.** Se inició durante los años centrales de la década de los 90, con un equipo coordinado por "Traza Taldea", aunque con poca perduración y sin visibilidad bibliográfica. Sin embargo, fue uno de los primeros trabajos con vocación de ocuparse de la totalidad de un espacio comunal.
- **Aralar.** Sin lugar a dudas uno de los trabajos más paradigmáticos y de mayor duración, realizado por un único equipo, capitaneado por J.A. Mujika, desde finales de los 90 hasta la actualidad (Agirre-García et al., 2017).
- **Montes de Vitoria.** Una experiencia realizada en 2011en la que participaron, entre otros, los autores de este artículo, para el Grupo de Investigación en Patrimonio Construido (GPAC) de la UPV/EHU, con la vocación de poner en práctica la metodología de prospección que se describirá más adelante (García Gómez et al., 2011; Martínez y Rodríguez, 2013).
- **Gorbeia.** Labores iniciadas por nosotros mismos desde 2014 (financiadas por la Diputación Foral de Álava), sobre el que se presentarán los resultados preliminares en el siguiente apartado.
- **Sierra de Cantabria.** Trabajos que se han iniciado por F. Gómez en 2016, en el contexto de una tesis doctoral que analiza las transformaciones del mundo rural, con especial incidencia en el medio forestal, desde el siglo XIX.

A continuación, explicamos brevemente las principales características de la inspección del terreno y de la gestión de la información.

FIGURA 2
Espacios de montaña en los que se ha estudiado el Patrimonio Arqueológico Forestal



Fuente: Elaboración propia.

3.1. La prospección arqueológica aplicada al estudio del PAF

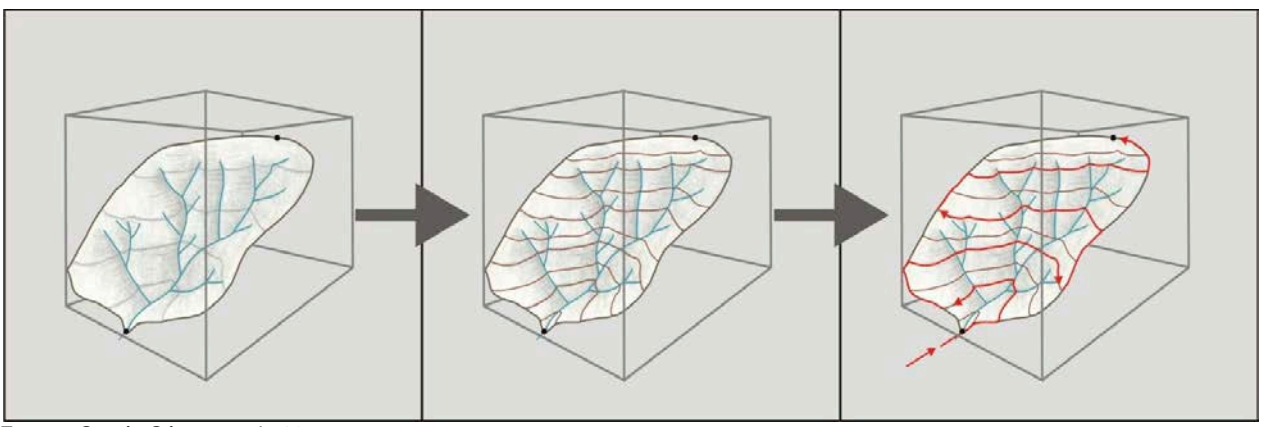
Entendemos la prospección arqueológica (visual) como la labor de campo no destructiva, basada en la realización de diversos recorridos de campo y la documentación de las evidencias detectadas, encaminada a "identificar sobre el terreno los componentes genéticos que forman parte de un determinado paisaje/palimpsesto" (Cambi, 2001: 301-306) o bien "alcanzar una imagen completa de la historia cultural de una zona concreta" (Fernández Martínez, 1989: 50). Estos espacios de relieve atormentado han vivido al margen de la prospección arqueológica sistemática y así han sido pocos los trabajos que se han ocupado intensamente de zonas montañosas y con poca visibilidad (Ruiz del Árbol, 2005: 24), frente a la relativa comodidad que produce la prospección de llanas parcelas agrícolas recién segadas. Es por ello que ha sido necesario diseñar una metodología adaptada a estos espacios frente a la gran cantidad de referencias teórico-metodológicas centradas en la identificación de evidencias en medios más "aptos".

Tabla 1
Características de la prospección arqueológica realizada en el parque natural de Gorbeia en 2017

Criterio	Tipo de prospección			Gorbeia 2017
Según la cobertura de terreno	Cobertura total			-
	Muestreo	Muestreo aleatorio	Muestreo aleatorio simple	-
			Muestreo aleatorio estratificado	-
		Muestreo sistemático	Muestreo sistemático alineado	**x**
			Muestreo sistemático no alineado	-
		Muestreo estratificado		-
Según la intensidad	Intensiva			-
	Extensiva			**x**
Según la forma de las unidades de muestreo	Transectos			-
	Cuadrados o cuadrículas			-
	Circulares			-
	Irregulares			**x**
Según el movimiento de tierras	Sin movimiento de tierras	Prospección visual		**x**
		Prospección geofísica		-
	Con movimiento de tierras	Prospección con catas		-
		Prospección mecánica		-

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 3
Esquema con el trazado teórico de los recorridos sistemáticos de campo



Fuente: García Gómez et al., 2011.

3.2. Características del trabajo de campo

En primer lugar, mencionar que la inspección visual del territorio se acompaña de análisis toponímicos, cartográficos (históricos y actuales), documentales, bibliográficos o fuentes orales. En cualquier caso, en este texto queremos incidir en la prospección arqueológica como recurso preeminente para identificar, caracterizar y valorar evidencias relativas a actividades socioeconómicas del pasado conservadas en el medio, es decir, para la documentación de ingredientes propios de la componente cultural del paisaje (en este caso forestado). Los recorridos de campo se realizan sistemáticamente siguiendo las curvas de nivel, evitando en lo posible subir o bajar. Esta equidistancia entre los recorridos –unidades de muestreo– es algo que debe determinar el equipo prospector en función de las

características de la zona de estudio (pendiente, visibilidad, grado de cobertura arbórea,...) y puede ser diferente en cada proyecto (cada 50, 100 ó 200 metros). Esta forma de realizar los recorridos en esencia está basada en una metodología pensada inicialmente para inventarios fitogeográficos y análisis del paisaje vegetal (Cadiñanos, 1999: 44).

3.3. Gestión de la información

Los elementos de interés identificados son documentados en una base de datos en forma fichas estandarizadas de *Unidad de Prospección* (UP), que entendemos como las entidades básicas de registro arqueológico, homogéneas y delimitables. Asimismo, esta información alfanumérica tiene su versión gráfica ya que está vinculada a un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite realizar numerosas operaciones cartográficas en base a sus características y posicionamiento.

Tabla 2
Principales apartados de la ficha de campo utilizada en Montes de Vitoria (2011)

TIPO DE INFORMACIÓN.		INFORMACIÓN ESPECÍFICA.
Información posicional.		Coordenadas.
		Posición fisiográfica.
		Pendiente.
		Geometría.
Información ambiental.	**Características naturales.**	Substrato geológico.
		Vegetación potencial.
	Características antrópicas.	Toponimia.
		Uso del suelo.
Información arqueológica y patrimonial.		Tipo de elemento.
		Descripción general.
		Orientación
		Dimensiones.
		Relaciones topológicas.
		Cronología.
		Observaciones.
		Croquis.
		Fotografías.

Fuente: Martínez y Rodríguez, 2013.

4. Resultados

La prospección arqueológica sobre el terreno, unida como ya expusimos a fuentes históricas y etnográficas de diversa naturaleza (documentación escrita, cartografía, fotografía aérea, toponimia, entrevistas y encuestas orales, etc.) proporciona a) un nuevo inventario patrimonial en zonas tradicionalmente carentes de atención, cuyo grado de intensidad dependerá de los objetivos de la propia intervención; b) una caracterización de elementos asociados a las formas pretéritas de gestionar, usar y vivir los espacios montanos y densamente forestados, lo que conlleva en definitiva a la elaboración de una síntesis histórica; c) una puesta en valor de recursos culturales que deben ser tenidos en cuenta de cara a la implementación de futuras políticas de administración, protección y difusión en bienes de interés común.

Para observar con detenimiento el potencial de esta metodología nos vamos a centrar en una intervención concreta, realizada en un espacio que goza de la consideración de área natural protegida. En la zona estudiada en 2017 en el Parque Natural de Gorbeia se ha localizado una alta densidad de elementos de interés en apenas 2 km^2, con una distancia de 50 metros entre

las curvas de nivel que marcan los recorridos de campo de la prospección. El número total de Unidades de Prospección registradas en esta campaña es de 96, la mayoría de ellas vinculadas a la **gestión forestal** y al aprovechamiento de la madera (29 UPs; trasmochos, jarales, carboneras,…). Se trata de un espacio dentro del municipio de Zigoitia, en el que todavía se realizan las denominadas *suertes foguerales* entre los diferentes pueblos para el aprovechamiento de leña. Dentro de esta categoría destaca además la presencia de una plantación de castaños añosos cuyo origen podría ser, a la espera de posibles análisis dendrocronológicos, muy anterior al siglo XVIII.

También son abundantes los **hornos de producción de cal** (17 UPs). La mayoría son simples orificios en la ladera con una entrada en la parte baja, desde donde se introducía la piedra caliza y el combustible, y un pasillo de acceso y acarreo de la piedra y la leña necesarias. La cal ha sido un producto muy utilizado en el medio rural, con usos muy variados, entre los que podemos destacar la construcción, la desinfección o la corrección de la acidez de los terrenos, sobre todo desde la llegada del maíz a la zona allá por el siglo XVII. La tipología simple de la mayoría de los hornos (horno francés), nos retrotrae posiblemente hasta los siglos XVIII y XIX. Dos de estos caleros fueron excavados entre 2014 y 2015 (Martínez Montecelo, 2015). No son los únicos centros preindustriales identificados; todo parece indicar que también se halló un **horno de fabricación de teja y ladrillo** pero la enorme colmatación del complejo hace necesaria una intervención más exhaustiva para confirmar esta hipótesis.

Por otro lado, en el fondo del valle hay un predominio de las **infraestructuras hidráulicas** (también 17 UPs: presas, canales,…), relacionados casi siempre con la industria molinar. Este valle del río Zubialde, que vierte sus aguas al río Zadorra y posteriormente al Ebro, conserva en la actualidad aguas abajo numerosos molinos comunicados entre sí por varios canales (complejos encadenados), así como algunos vestigios arqueológicos vinculados con esta actividad (poblado de Okaranza) desde al menos el periodo bajomedieval (Díaz de Durana, 1994). De hecho, se han hallado escorias de hierro en un complejo hidráulico que parecen remitir a la existencia de una ferrería tradicional que no está incluida actualmente en ningún tipo de catálogo patrimonial, pese al enorme interés que suscitan estos elementos en la CAPV.

En el bosque también se han documentado discontinuamente restos de **caminos carretiles** (10 UPs), en gran medida relacionados con los complejos molineros, pero también con la explotación forestal, así como algunos **mojones** y **muretes** de piedra delimitando diversos terrenos y heredades (9 UPs). Sin tener en cuenta estos muros, también se han documentado otras estructuras correspondientes inequívocamente con **restos de edificaciones** (7 UPs), entre los que se puede destacar la antigua ermita de la Magdalena, lugar de culto que data desde al menos el siglo XVI, pero que se arruinó y fue engullido por el arbolado hacia los años 30 del siglo XX.

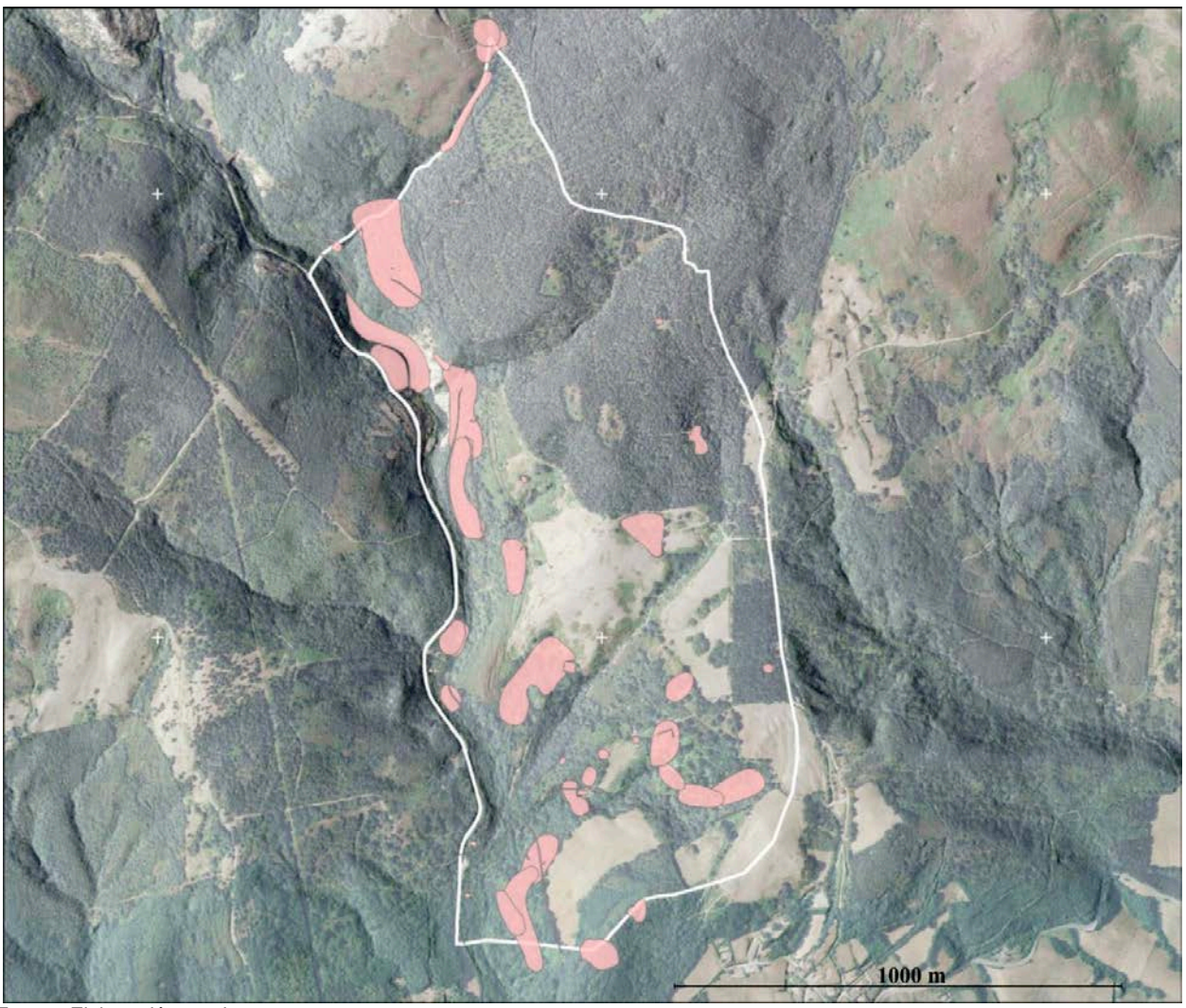
Se han detectado también algunos **puntos de extracción de piedra arenisca** para la construcción (4 UPs). Aunque en esta campaña no se ha localizado ninguna, hay constancia de numerosas canteras moleras en las proximidades de la zona de estudio, conocidas por los trabajos de J. Castro y su equipo (Castro y García-Uribe, 2017).

Para finalizar, encontramos unos pocos **elementos indeterminados o de difícil interpretación** (2 UPs) y un **proyectil de la Guerra Civil** resultado de la contienda durante la batalla de Villarreal (noviembre-diciembre de 1936-1937).

Como patología general, vemos que el principal problema es determinar la cronología precisa de algunas UPs y su caracterización completa más allá de una primera valoración visual, hecho que en ocasiones es sumamente complejo debido a la presencia de vegetación, matorral, derrumbes y colmatación de tierra que ocultan los elementos. Para ello se hace necesario recurrir a criterios de tipo estratigráfico (limpieza, excavación,…) o arqueométrico (C-14,

dendrocronología,…). Precisamente, en próximas campañas, además de continuar con la prospección aumentando progresivamente el área inspeccionada, se intervendrá de forma más intensiva sobre algunos elementos como la ermita de la Magdalena o la ferrería hidráulica y se realizarán varias analíticas en carboneras y árboles trasmochos.

FIGURA 4
Unidades de Prospección detectadas en la prospección realizada en el Parque Natural de Gorbeia en 2017



Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

Tras varias experiencias, ha quedado constatada la existencia de un abundante registro cultural, difuso y de baja intensidad en gran medida mimetizado en el bosque, pero de gran interés patrimonial para entender los paisajes de montaña. Los autores somos conscientes de que es imposible proteger todo, pero sí es posible crear las herramientas adecuadas para valorar cuáles son los elementos más relevantes y que merecen definitivamente una protección individualizada o conjunta.

Desde el punto de vista pragmático, las utilidades son manifiestas y han sido desglosadas en el punto anterior: la obtención de un nuevo catálogo patrimonial que nos remite al mayor conocimiento histórico sobre la gestión, uso y vivencia del bosque y todo ello, a su vez, incide en el futuro desarrollo de acciones políticas sobre el territorio. Se trata de un tema de cierta

actualidad en los últimos tiempos debido al gran interés que acaparan estos espacios desde el punto de vista recreativo por la sociedad y por una nueva visión más integradora del Patrimonio –en la que es cada vez más difusa la frontera entre lo natural y lo cultural– que se promueve desde las propias instituciones rectoras. Es un punto de vista amparado en perspectivas emanadas del Convenio Europeo de Paisaje (Consejo de Europa, 2000) o, a nivel de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), del Decreto 90/2014 para la gestión de paisaje en el País Vasco, que cuenta incluso con herramientas concretas como los Catálogos de Paisaje y los Planes de Acción del Paisaje.

Finalmente, y a modo de agradecimiento, estos trabajos no se podrían realizar sin la ayuda desinteresada de la población local y de asociaciones etnográficas y culturales (en especial a Abadelaueta Elkartea de Zigoitia y a Burninola Elkartea de Legazpi), las cuales evitan a toda costa *la ruptura de la cadena de transmisión de las culturas* (Abella, 2016: 12).

Referencias bibliográficas

- Abella Mina, I. (2016). *La memoria del paisaje. Pasado y futuro de un Patrimonio común*. Bilbao: Editorial Libros del Jata.
- Agirre-García, J., Edeso-Fito, J.M., Lopetegi-Galarraga, A., Moraza-Barea, A., Ruiz-Alonso, M., Pérez-Díaz, S., Fernández-Crespo, T., Goikoetxea, I., Martínez de Pancorbo M.A., Palencia L., Baeta M., Núñez C., Cardoso S., Mujika-Alustiza, J.A. (2017). Seasonal shepherds' settlements in mountains areas from Neolithic to present: Aralar-Gipuzkoa (Basque Country, Spain). *Quaternary International* XXX, 1-16.
- Aguirre Sorondo J. (Coord.). (2010). *Mendiz-mendi, mendez-mende: Paisajes culturales, naturaleza con historia*. Donostia-San Sebastián: Gipuzkoako Parketxe Sarea Fundazioa.
- Aragón Ruano, A. (2001). *El bosque guipuzcoano en la Edad Moderna: Aprovechamiento, ordenamiento legal y conflictividad*. Donostia-San Sebastián: Aranzadi.
- Ayerbe, E. (Dir.). (1981-1983). *Mendiak. Montes de Euskal Herria. Naturaleza y huella humana*. 5 vols. Donostia-San Sebastián: Etor.
- Banning, E.B. (2002). *Archaeological survey*. New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Barreiro Martínez D. (2012). *Arqueológicas. Hacia una arqueología aplicada*. Barcelona: Bellaterra.
- Cadiñanos Aguirre, J.A. (1999). *La reconstrucción biogeográfica de la evolución del paisaje vegetal*. Lección presentada por el Dr. J.A. Cadiñanos Aguirre a la plaza de Profesor Titular, en el Área de Conocimiento de Geografía Física (Biogeografía), de la Universidad del País Vasco (inédito).
- Cambi, F. (2001). Prospección arqueológica. En R. Francovich y D. Manacorca, *Diccionario de Arqueología* (pp. 301-306). Barcelona: Crítica.
- Castro, J., García-Uribe, I. (2017). Las canteras moleras de Zuia. *Urtume* 11. Vitoria-Gasteiz: Ayuntamiento de Zuia, 2-27.
- Consejo de Europa (2000). *Convenio Europeo de Paisaje*. Florencia.
- Costa Tenorio, M., Morla Juaristi, C., Sainz Ollero, H. (Eds.). (1997). *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Barcelona: Planeta.
- Díaz de Durana Ortiz de Urbina, J.R. (1994). *Álava en la Baja Edad Media a través de sus textos,* Fuentes Documentales Medievales del País Vasco 54. Donostia-San Sebastián: Eusko Ikaskuntza.
- Fernández Martínez, V.M. (1989). *Teoría y método de la arqueología*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Gandiaga, B., Ugalde, T., Urteaga, M. (1989). Prospecciones arqueológicas en Urbia: Yacimientos catalogados en las campañas de 1988 y 1989. *Kobie* XVIII. Bilbao: Diputación Foral de Bizkaia, 123-166.
- García Gómez, I., Domínguez Beltrán de Heredia, I.C., Fernández de Gorostiza López de Viñaspre, M., Gómez Calvo, E., Martínez Montecelo, A., Rodríguez Fernández, J., Azkarate Garai-Olaun, A. (2011). *Montes de Vitoria: Análisis clúster aplicado al estudio estratigráfico de paisajes antropizados*. Grupo de Investigación en Patrimonio Construido (GPAC) de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Vitoria-Gasteiz (inédito).
- García Sanjuán, L. (2005). *Introducción al reconocimiento y análisis arqueológico del territorio*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Gobierno Vasco (1990). *Ley 7/1990, del Patrimonio Cultural Vasco*. Vitoria-Gasteiz.
- Gobierno Vasco (1994). *Ley 16/1994, de Conservación de la Naturaleza del País Vasco*. Vitoria-Gasteiz.
- Gobierno Vasco (2014). *Decreto 90/2014 sobre protección, gestión y ordenación del paisaje*. Vitoria-Gasteiz.
- López de Guereñu, G. (1984). Noticias curiosas de arboricultura pretéritas y actuales por tierras alavesas. *Ohitura* 2. *Estudios de Etnografía alavesa*, 109-157.
- López de Guereñu, G. (1998). *Voces alavesas*. Bilbao: Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz / Euskaltzaindia.
- Martínez Montecelo, A. (2009). *Estudio integrado del paisaje de la cuenca del Urola comprendida dentro del Parque Natural de Aizkorri-Aratz*. Trabajo de Suficiencia Investigadora para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados. Facultad de Letras, UPV-EHU. Vitoria-Gasteiz (Inédito).

- Martínez Montecelo, A. (2015). Caleros en Murua (Zigoitia). *Arkeoikuska 2014*. Vitoria-Gasteiz: Gobierno Vasco, 138-141.
- Martínez Montecelo, A., Rodríguez Fernández, J. (2013). Documentación sistemática del arbolado trasmocho: un caso práctico en los Montes Altos de Vitoria. En A. Aragón Ruano, I. Iriarte Goñi, F.J. Silva Pando (Eds.). *Actas de la IV Reunión de Historia Forestal. Gestión forestal y sostenibilidad: Experiencias históricas*. Vitoria-Gasteiz, 18-19 octubre 2012. Sociedad Española de Ciencias Forestales, 149-158.
- Michel, M., Gil, L. (2013). *La transformación del paisaje forestal en la Comunidad Autónoma de Euskadi*. Colección Lur, nº 18. Vitoria-Gasteiz: Gobierno Vasco.
- Ruiz del Árbol Moro, M. (2005). La arqueología de los espacios cultivados. Terrazas y explotación agraria romana en un área de montaña: la Sierra de Francia (Salamanca). *Anejos del AEspA*, XXXVI. Madrid: CSIC.
- Ruiz E., Galdós R. (2008). *Geografía del País Vasco*. Donostia-San Sebastián: Editorial Nerea.
- Sarasola, N., Moraza, A. (2011). *Arkeologia 0.5. Arqueología medieval en Gipuzkoa*. Donostia-San Sebastián: Gipuzkoako Foru Aldundia.
- Solaun Bustinza, J.L, García Camino, I., Moraza Barea, A., Ramos Aguirre, M. (2009). Arqueología del feudalismo: un recorrido historiográfico por la arqueología de época medieval y moderna en el País Vasco y Navarra (ss. XI-XVIII). En Llanos Ortiz de Landaluce, A. (Coord.). *Medio siglo de arqueología en el Cantábrico Oriental y su Entorno*. Vitoria-Gasteiz: Diputación Foral de Álava / Instituto Alavés de Arqueología, 501-550.
- Stagno, A.M. (2016a). Montes de Utilidad Pública de Álava y Gipuzkoa: Sierra de Aizkorri (Parzonería General de Gipuzkoa y Álava, Oñati), comunales de Zalduondo, montes comunes de Salvatierra, Narbaiza (San Millán), Heredia (Barrundia) y Zuazo de San Millán (San Millán). *Arkeoikuska* 2015. Vitoria-Gasteiz: Gobierno Vasco, 394-405.
- Stagno, A.M., Santeramo, R., Tejerizo, C. (2016b). Comunales y prácticas de gestión de los recursos ambientales: Un enfoque multi-disciplinar por el estudio de las formas históricas de apropiación de la tierra. *Old and new worlds: the global Challenes of Rural History*. International Conference, ISCTE-IUL, 27-30 January 2016. Lisbon.
- Ugalde, T., Urteaga, M., Gandiaga, B. (1992-1993). Prospecciones en Urbía: Yacimientos catalogados en las campañas de 1990 y 1991. *Kobie* XX. Bilbao: Diputación Foral de Bizkaia, 57-85.
- Urteaga, M., Urkiola, M. (1996). Senderismo cultural: Desde Donostia-San Sebastián a las campas de Urbía, por los caminos tradicionales. *Boletín Arkeolan* 1, 33-38.
- Urzainki Mikeleiz, M.A. (2007). *Parzonerías y parques naturales: Comunidades de Montes en Gipuzkoa: Las Parzonerías*. Donostia-San Sebastián: Universidad de Deusto.

REVISIÓN DE LA INVESTIGACIÓN HISTÓRICO-MÉDICA EN TORNO A LA CULTURA MATERIAL DE LA TRADICIÓN AYURVEDA DESDE LA PERSPECTIVA DEL PLURALISMO TERAPÉUTICO CONTEMPORÁNEO: TECNOLOGÍA Y RECURSOS MATERIALES DE LAS TERAPIAS DIAFORÉTICAS AYURVÉDICAS

EDUARDO SÁNCHEZ SASTRE
esanchezsastre@correo.ugr.es
Departamento de Historia de la Medicina, Facultad de Medicina, Universidad de Granada

RESUMEN

Este trabajo pretende contribuir a los estudios sobre la cultura material de Ayurveda desde el punto de vista histórico-médico. Se inscribe en el marco teórico interdisciplinar de la historia de la medicina de las culturas no occidentales, la antropología médica y los estudios de cultura material; y queda justificado por el pluralismo asistencial contemporáneo. Asumimos la conexión entre naturaleza y cultura como el rasgo característico y común de las medicinas tradicionales; esta urdimbre clarifica el proceso que subyace en la elaboración de las técnicas, instrumentos o procedimientos, revelando a estos últimos como documentos de interés histórico-médico. Revisamos la historiografía fundamental de la cultura material ayurvédica, área de investigación que se encuentra en una fase incipiente. Requiere un estudio más profundo basado en la lectura contextualizada de las fuentes primarias, que ejemplificamos con un análisis particular de las terapias diaforéticas (svedana karma), mostrando la capacidad analítica y resolutiva de nuestra propuesta.

Palabras clave: Ayurveda, cultura material, pluralismo terapéutico, terapias diaforéticas, svedana karma

ABSTRACT

This work aims to contribute to studies on the material culture of Ayurveda from the historical-medical point of view. It is part of the interdisciplinary theoretical framework of the history of the medicine of non-Western cultures, medical anthropology and studies of material culture; and is justified by contemporary healthcare pluralism. We assume the connection between nature and culture as the characteristic and common feature of traditional medicines; this warp clarifies the process that underlies the development of techniques, instruments or procedures, revealing the latter as documents of historical-medical interest. We review the fundamental historiography of ayurvedic material culture, an area of research that is in an incipient phase. It requires a deeper study based on the contextualized reading of the primary sources, which we exemplify with a particular analysis of diaphoretic therapies (svedana karma), showing the analytical and resolutive capacity of our proposal.

Keywords: *Ayurveda, material culture, healthcare pluralism, diaphoretic therapies, svedana karma*

1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud promueve desde 1948 que los modelos de salud y enfermedad incorporen las esferas psicológica y social a la biología, como determinantes de la salud de las personas. Recientemente, en la 62ª Asamblea Mundial de la Salud sobre medicina tradicional, celebrada en Ginebra del 18 al 22 de mayo de 2009, la OMS introdujo la propuesta

de propiciar el pluralismo terapéutico mediante la integración de las medicinas tradicionales en los servicios de salud (OMS, 2009).

El uso de las medicinas tradicionales y complementarias es cada vez más frecuente en la sociedad actual. Un aspecto de interés implícito en la integración de las medicinas tradicionales y complementarias tiene que ver con las actividades preventivas inherentes a dichos sistemas de curación (Comelles, J. 2000). Este acercamiento adquiere en nuestros días una especial importancia al haberse convertido el cuidado de la salud en una preocupación fundamental (Rosenberg, C. 2009). El pluralismo asistencial se considera ya un derecho a la salud (Mpinga, E. et al. 2013) y la actitud de la población ante el uso de las medicinas tradicionales y complementarias demuestra una creciente receptividad y demanda.

Sin embargo, la hegemonía de la biomedicina en el proceso de medicalización a nivel mundial ha provocado transformaciones en la práctica de las medicinas tradicionales. Debido a esta situación, en particular, Ayurveda, el sistema clásico de medicina tradicional de la India, a pesar de estar vigente, se encuentra en un proceso de aculturación, como consecuencia de la incorporación de elementos producto de la tecnología moderna (Junge, P. 2012; Muñoz, J. 2016), propiciados también por una pérdida de contacto con las fuentes originales de Ayurveda.

El contexto actual de pluralismo terapéutico obliga a evitar la degeneración de los procedimientos ayurvédicos. Con tal fin propugnamos la necesidad de profundizar en la tradición material de Ayurveda. También subrayamos la necesidad de clarificar el conocimiento de la tecnología de dicha tradición de cara a una correcta estandarización de los medicamentos ayurvédicos en la globalizada sociedad actual, como ya ha sido puntualizado (Patwardhan, B. 2000). Para ello es necesaria la elaboración de un corpus doctrinal que posibilite conseguir una enseñanza homologada y de calidad y una reglamentación de la práctica médica no convencional; este trabajo constituye el paso preliminar para evaluar el estado actual de la cuestión y elaborar y ofrecer documentación para ese proceso.

Nuestro planteamiento, además de contar con el apoyo de organismos internacionales como la OMS, así como de diversos estudios ya referidos, está respaldado por el gran interés suscitado mundialmente hacia las terapias ayurvédicas; en occidente son especialmente populares las terapias ayurvédicas manuales tales como los masajes *abhyanga* (con aceite tibio) y *udvartana* (con polvos herbales), así como las terapias de purificación y rejuvenecimiento, conocidas en sánscrito como *panchakarma* y *rasayana*, respectivamente. Más de setecientas mil personas han recurrido en EEUU a ellas en alguna ocasión (Ni, H. et al. 2002). Estos datos aconsejan el estudio de la integración de Ayurveda en los sistemas institucionalizados de salud, como se ha hecho en sus países de origen, propuesta que se apoya también en el hecho de que los preceptos y terapias de Ayurveda ofrecen el potencial suficiente para considerarlo como un sistema médico para toda la humanidad (Kurup, P. 2004). Sirva como ejemplo que ante problemas de salud pública emergentes, como la resistencia de los gérmenes a los antibióticos[97], Ayurveda contiene alternativas[98] (Sharma, C. et al. 2015). Asimismo, Laura Silvestri nos recuerda que el interés por la medicina Ayurveda en occidente está relacionado con su carácter holístico (Silvestri, L. 2014). Más aún, Ayurveda no sólo constituye uno de los sistemas de medicina tradicional más completo, se puede considerar como un arte de ser o de vivir en armonía con la Naturaleza, con efectos beneficiosos sobre todos los seres vivos y puede servir como modelo contextualizado de sistema de salud encaminado al aprovechamiento sostenible de los recursos locales (Rastogi, S. & Kaphle, K. 2011). Por otra

[97] Prescindiendo de dichos fármacos, de hecho, en India por primera vez en la actualidad un equipo de cirujanos ha intervenido quirúrgicamente a un paciente octogenario sin el uso de antibióticos, siguiendo prescripciones ayurvédicas (World's first Ayurvedic surgery performed in India, 2016).

[98] Ayurveda aboga por mejorar la inmunidad contra las enfermedades, por ejemplo, mediante el uso de plantas inmunomoduladoras como *neem* (*Azadirachta indica*), *pippali* (*Piper longum*), *guduchi* (*Tinospora cordifolia*) y el fruto de *amla* (*Emblica officinalis*), entre otras.

parte, los acercamientos antropológicos permiten un estudio analítico de este fenómeno, desde la publicación de *Patients and healers in the context of culture* (1980), de A. Kleinman; en efecto, se ha extendido el estudio de la salud, la enfermedad y la atención dentro del concepto de *health care system* (sistema de cuidado de la salud), en el que los diversos agentes, instituciones y formas médicas se integran en la comprensión de los conocimientos y prácticas en torno al cuerpo (Kleinman, A. 1980).

2. Discusión

2.1 Marco teórico

Consideramos la medicina en el contexto de la India antigua, es decir, de acuerdo con Geoffrey Lloyd (Lloyd, G. 2006), como un modo particular, socioculturalmente inscrito, de generar y transmitir el conocimiento médico; por esto nuestro estudio se enmarca en la historia de la medicina de las culturas no occidentales, concretamente en su fuerte énfasis en entenderla como un componente más de la cultura, en consonancia con los estudios epistemológicos, históricos y antropológicos de la actividad y del conocimiento científicos que revelan la dimensión cultural de la medicina (Rosenberg, C. et al. 1992). Por ello, partimos de la idea de que las medicinas tradicionales no se pueden desligar de los elementos en los que se originaron, a saber: naturaleza, cultura y contexto histórico-social (Rosenberg, C. 2012).

La comprensión de la cultura médica que aquí planteamos se inserta también en el contexto de la antropología médica, por su vinculación a actividades en relación con la salud, la enfermedad y la atención. Como expresan Marcia C. Inhorn y Emily A. Wentzell, la historia de la medicina y la antropología médica se pueden ver ahora como “disciplinas hermanas” (Inhorn, M. & Wentzell, E. 2012). A partir de los años 60 del siglo XX se plasmó este interés[99] con la creación de diversas revistas especializadas, entre ellas *Indian Journal for the History of Science* (Arnau, J. 2013) y desde entonces este modelo de análisis se ha ido expandiendo. Por la inherente imbricación entre medicina, ciencia y tecnología nuestro trabajo se adscribe también a los estudios relacionados con la historia de la ciencia y la tecnología de las culturas no occidentales. Estos estudios se caracterizan hoy por la interdisciplinariedad en torno al término “etnociencia”, que permite publicitar la colaboración de antropólogos, filólogos e historiadores de culturas no occidentales. Reseñamos la obra de Charles Leslie y Allan Young en 1992, *Paths to Asian Medical Knowledge*, por la abundante documentación sobre las diversas aproximaciones a la práctica de la medicina en India (Leslie, C. & Young, A. 1992). La investigación pionera de Leslie en el campo de la antropología médica concerniente a los sistemas de medicina tradicional asiáticos (medicina ayurvédica, unani y china) (Leslie, C. 1976) sentó las bases de la noción de pluralismo médico, justificada en el hecho de que cualquier sistema terapéutico, convencional o no, falla a la hora de ayudar a muchos pacientes, lo que genera descontento y la consiguiente búsqueda de terapias alternativas (Leslie, C. 1980). En definitiva, subrayaba que toda tradición médica proporciona diferentes retóricas y distintos significados de la noción de sufrimiento.

La piedra angular de nuestra investigación está dirigida por los presupuestos de la cultura material. Nuestra aproximación considera la tecnología médica como un elemento más de la historia social, política y económica de la medicina, de acuerdo con el planteamiento introducido por Harry M. Marks (Marks, H. 1993). La disciplina de estudios de cultura material

[99] El origen del desinterés por la historia de las ciencias no occidentales se puede deber a la separación de la naciente historia de la ciencia en el siglo XIX de disciplinas como la filosofía y la historia de las civilizaciones (Kragh, H. 1987). Tras el surgir de una incipiente y tímida muestra de atención durante la primera mitad del siglo pasado, hubo que esperar hasta los años 60 del siglo XX para ser testigos del verdadero despertar del interés de los historiadores por la medicina y las ciencias no occidentales.

es un área de investigación interdisciplinar sobre las relaciones entre los pueblos y sus objetos, para dar cuenta de los productos utilizados por el ser humano y a los que les da un significado, es decir, incluye tecnología, conocimiento y cosmovisión. Por este motivo la cultura material es una clave fundamental para las investigaciones antropológicas. Como disciplina académica estos estudios se remontan a los años 90 del siglo XX; la primera revista especializada, *The Journal of Material Culture*, data del año 1996.

2.2 Hipótesis

Los principios holísticos de los que nace la tradición material ayurvédica son una manifestación clara de la conexión entre naturaleza y cultura, punto clave en el estudio de las medicinas tradicionales (Rosenberg, C. 2012). En India, la relación con la naturaleza es tan estrecha, que constituye el contrapunto comprensivo fundamental para entender su forma de concebir el mundo, de organizar su sociedad y de expresarse plásticamente; dicha relación marca la diferencia esencial entre las sociedades orientales antiguas y las occidentales contemporáneas. El pensamiento, la ciencia y la filosofía indios están profundamente determinados por la realidad física donde surgieron y se desarrollaron.

La civilización india surgió en un marco geográfico grandioso y espectacular, que situaba al ser humano en una realidad cósmica. La reproducción de la génesis cósmica impregna la epistemología india; en particular, la doctrina filosófica *Samkhya*, pilar del corpus teórico de Ayurveda, formula una cosmogonía cuyos principios universales se pueden extender a la ciencia de la vida y la medicina, reconstruyendo así los principios vitales del ser humano (microcosmos) a partir de los del Universo (macrocosmos). Ayurveda, como una parte más de la cultura de la India antigua, hace visibles los misterios del mecanismo de la vida reproduciendo la forma de actuar de la Naturaleza[100].

En el ámbito de la medicina este modelo cognitivo determina que los médicos ayurvédicos dispusieran sus facultades sensoriales para percibir desequilibrios fisiológicos y desarrollaran métodos singulares de diagnóstico[101] muy diferentes a los propios de la biomedicina actual. Asimismo, consideramos que la tecnología y técnicas ayurvédicas se fundamentan en una observación profunda de los fenómenos naturales y en la correspondencia filosófica entre macrocosmos y microcosmos. Por estas razones la elaboración de los instrumentos, utensilios y materiales terapéuticos obedece en Ayurveda a métodos tradicionales refinados y ancestrales, difíciles de estandarizar, en los que el protagonismo de los elementos de la Naturaleza es crucial. Sus raíces se hunden en creencias y tradiciones de origen muy antiguo, incluso anteriores a la llegada de los pueblos indoeuropeos (1700-1500 a.C.) y que están estrechamente vinculadas con procesos de animación y deificación de elementos de la Naturaleza que se expresan en rituales sacros. En la iconografía tradicional hindú la representación habitual de *Dhanwanthari*, avatar de *Vishnú* y dios padre de Ayurveda, lo muestra sosteniendo un objeto curativo en cada una de sus cuatro manos: un disco (distintivo de la cirugía), una sanguijuela (elemento esencial en la terapia ayurvédica de sangría), un frasco (símbolo de las formulaciones ayurvédicas) y una caracola (representante de la terapia de curación a través del sonido).

---

[100] Lo que también es un procedimiento presocrático.

[101] En todos los textos ayurvédicos se atribuye la mayor importancia al diagnóstico exacto, para lo cual el médico indio se servía no sólo de la inspección, de la palpación y de la auscultación, sino también del olfato y del gusto y prestaba atención, entre otros, al aspecto de la lengua y de la piel. El método de diagnóstico por el pulso, típico de la tradición médica islámica, se hizo popular en la práctica ayurvédica durante el periodo de dominación musulmana (aprox. 1300 – 1600). Dicho método de diagnóstico no se menciona en ningún tratado ayurvédico antes del siglo XII (Kutumbiah, P. 1967).

Por último, la referencia a precisas unidades de medida en las compilaciones clásicas de Ayurveda demuestra la adopción de un singular enfoque científico en el paso de la tradición oral a la escrita. De ahí que propongamos que la interacción entre Ayurveda y las demás ciencias de la India antigua (metalurgia, etc.) favoreció el desarrollo de la tecnología ayurvédica.

2.3 Objetivos

Este trabajo tiene por objeto incorporar la aproximación histórico-médica a la investigación existente sobre la cultura material ayurvédica. Para esto, se trata de encontrar e identificar los elementos analíticos abordados en la historiografía fundamental de la tradición Ayurveda y también las lagunas de conocimiento. Es pertinente dar cuenta tanto de los objetos médicos en sí mismos (su apariencia, diseño, funciones terapéuticas, materiales de los que se componen, etc.) como de sus implicaciones en la sociedad, tratando de entender el pensamiento subyacente en los modos de producción de los elementos materiales de dicha tradición, clarificando cómo lo hecho fue materializado. También se estudian los significados adquiridos con el paso del tiempo.

Nuestra revisión sobre la cultura material de Ayurveda está guiada por los siguientes aspectos. Primero, brevemente, los de carácter preventivo y potencial coadyuvante: la higiene y la dieta (sección 2.5.1). En segundo lugar, como extensión natural de los principios terapéuticos subyacentes en la dietética ayurvédica, en la sección 2.5.2 consideramos la terapéutica farmacológica ayurvédica, atendiendo tanto a las sustancias medicinales (materia médica) como a la elaboración de los medicamentos ayurvédicos (farmacopea). En tercer lugar, abordamos la cirugía (sección 2.5.3) y a continuación el resto de terapias ayurvédicas (sección 2.5.4). Finalmente, en la sección 2.5.5 presentamos el principal resultado de esta comunicación: el análisis particular de la cultura material de las terapias diaforéticas del *Ashtanga Hrdayam*. En este apartado abordamos las cuestiones más complejas de nuestro proyecto e introducimos propuestas para su estudio. Así, en la subsección 2.5.5.1 se analiza las dificultades interpretativas de los escenarios terapéuticos de las terapias de exudación en base a los problemas para identificar adecuadamente las plantas medicinales referidas en los textos considerados. Este estudio particular pretende sentar las bases sobre las que construir un análisis posterior más complejo y profundo basado en las fuentes primarias de Ayurveda, que se encuentra en curso.

2.4 Metodología

En nuestro diseño metodológico la heurística ha sido guiada por los criterios de pertinencia, exhaustividad y actualidad, teniendo presente que en este proceso emergen otras dimensiones que enriquecen el planteamiento de la investigación inicial, tales como el redescubrimiento de hechos, la aparición de problemas adicionales y transversales, el tanteo de formas para elaborar instrumentos de investigación y formular hipótesis, la orientación hacia otras fuentes de investigación, etc.

En nuestra investigación ha sido fundamental el manejo de bases de datos científicas y catálogos de bibliotecas. Nuestras fuentes primarias son los dos compendios *Caraka Samhita* (s. II) y *Sushruta Samhita* (s. IV), que recogen el corpus fundamental de la medicina ayurvédica, junto con el *Ashtanga Hrdayam Samhita* (s. VII), síntesis de los dos textos anteriores. El conjunto constituye la llamada *Brihattrayi* o “Gran Tríada”, también referida como “Tríada de los Ancianos”. El *Ashtanga Hrdayam*, compilación de *Vagbhata*, unifica los tratados de *Caraka* y de *Sushruta*, limando sus diferencias, de ahí que se considere la quintaesencia de las ocho ramas de Ayurveda. Resulta idóneo para una primera aproximación al estudio de la cultura material ayurvédica. Para realizar el estudio de las

terapias diaforéticas hemos manejado la edición del *Ashtanga Hrdayam* con texto original en sánscrito y la correspondiente traducción canónica en inglés (Murthy, K. 1991 – 1995).

2.5 Resultados

El comienzo de la historiografía contemporánea sobre la medicina de la India se sitúa en 1901 con la obra *Medizin*, en alemán, de Julius Jolly (Arnau, J. 2013). Posteriormente fue traducida al inglés por C. G. Kashikar bajo el título de *Indian Medicine* y sigue siendo un trabajo de referencia en la investigación de la historia de la literatura médica india (Jolly, J. 1951). En 1948 destaca la obra *Hindu Medicine* (Zimmer, H. 1948) y el siguiente trabajo digno de mención es *La Doctrine classique de la médicine indienne. Ses origines et ses parallèles grecs*, obra culmen de Jean Filliozat (Filliozat, J. 1949). En 1976 Arthur Llewellyn Basham publica un estudio sobre la práctica de la medicina en la India antigua y medieval (Basham, A. 1976), en *Asian Medical Systems: A Comparative Study*, obra editada por Charles Leslie, uno de los pioneros en el campo de la Antropología Médica en Asia. En 1995 Guy Mazars presenta un estudio sobre los principales sistemas tradicionales de medicina de India: Ayurveda, *Unani Tibb* y *Siddha* (Mazars, G. 1995).

Poco después se publicaron los cuatro ensayos "*Oriental Medicine: An Illustrated Guide to the Asian Arts of Healing"*, con un abordaje sintético a los sistemas de medicina del subcontinente indio (Van Alphen, J. & Aris, A. 1995-1996); ilustran la evolución histórica y la interacción mutua entre los principales sistemas de medicina del subcontinente indio, incluyendo la influencia de la medicina occidental o biomedicina. Kenneth Zysk estudió el papel de las comunidades budistas y ascéticas en la preservación y transmisión del conocimiento médico desde el siglo IV a. C. (Zysk, K. 1998). El contexto histórico y social de la *Brihattrayi* fue en 1998 analizado por Wujastyk (Wujastyk, D. 1998). En esta misma obra ofrece traducciones de fragmentos relevantes de textos ayurvédicos de distintos periodos históricos: *Caraka Samhita* (s. II), *Sushruta Samhita* (s. IV), Manuscrito Bower (s. VI), *Ashtanga Hrdayam Samhita* de Vagbhata (s. VII) y *Sarngadhara Samhita* (s. XIV). Poco después, el valioso trabajo de G. J. Meulenbeld se materializó en cinco volúmenes entre 1999 y 2002 bajo el título de *A History of Indian Medical Literature*. Trata áreas apenas exploradas como alquimia, veterinaria, literatura culinaria, información detallada sobre la identidad y época de los compiladores de la *Brihattrayi*, etc. (Meulenbeld, G. 1999-2002). Meulenbeld creó el recurso *online* ABIM (Annotated Bibliography of Indian Medicine) donde fue actualizando su bibliografía hasta su muerte a finales de marzo de 2017. Su dirección actual es http://indianmedicine.eldoc.ub.rug.nl/.

2.5.1 Higiene y dieta: pilares fundamentales del cuidado ayurvédico de la salud

Las obras generales sobre historia de la medicina que dan cuenta de la medicina de culturas no occidentales y, en particular, de la India antigua subrayan la importancia que otorga Ayurveda a la prevención de las enfermedades mediante un adecuado estilo de vida y una serie de rutinas diarias y estacionales caracterizadas por normas higiénicas y dietéticas fundamentadas en la teoría de la *tridosha* o teoría humoral ayurvédica y que guardan relación directa con el clima, flora y fauna de la India (Garrison, F. 1929; Castiglioni, A. 1936; Sigerist, H. 1961; Laín, P. 1972; Prioreschi, P. 1991). Los estudios de Zimmermann dedicados a examinar la interacción entre la sociedad humana y su entorno mediante los conceptos ayurvédicos relacionados con la dieta y los alimentos, constituye una obra única por mostrar un enfoque original para interrelacionar los estudios de medicina con los medioambientales, más exactamente, establece relaciones entre el medio ambiente físico y la génesis de los principios y la conformación de la terapéutica ayurvédica (Zimmermann, F. 1987). Siguiendo esta línea de investigación, recientemente se ha analizado los distintos paisajes de la India a través de los textos clásicos de

Ayurveda y su influencia en las rutinas de salud según los preceptos ayurvédicos (Angermeier, V. 2017).

La relevancia de la dieta en Ayurveda se debe, en primer lugar, a su potencial preventivo, siempre y cuando se adapte a la constitución individual de la persona. Asimismo ocupa una posición privilegiada en la estrategia terapéutica ayurvédica como coadyuvante para tratar patologías, lo que la convierte en un elemento clave en el proceso de sanación. Una prueba de ello es la gran cantidad de formas de elaborar las comidas ayurvédicas gracias a una genuina tecnología culinaria, como ya se ha estudiado en la *Brihattrayi* (Gupta, K. 2014). Hay que subrayar que los principios energéticos que sustentan la dietoterapia ayurvédica rigen también la heurística de la terapéutica farmacológica ayurvédica[102]. Los artículos de la dieta ayurvédica, por su valor nutricional y terapéutico, han sido y son objeto de estudio. A ojos de los historiadores de la medicina del siglo XX el rasgo distintivo de la dietética ayurvédica es su preferencia por la alimentación casi exclusivamente vegetariana, donde el arroz y las legumbres son los ingredientes principales de las recetas. Las setas y el ajo se deben evitar y se recalca que la carne de los animales muertos no puede servir como alimento (Castiglioni, A. 1936). Estudios posteriores de carácter más específico profundizaron en la alimentación ayurvédica yendo más allá de sus meras señas de identidad, nos referimos a los trabajos que recogen la clasificación de los diversos grupos de alimentos recogidos en los compendios de *Caraka* (Ray, P. & Gupta, H. 1965) y de *Sushruta* (Ray, P. et al. 1980).

Otro pilar para conservar la salud según la visión ayurvédica tiene que ver con la higiene. La limpieza diaria del cuerpo está minuciosamente prescrita, por ejemplo, los dientes deben ser limpiados con ramitas de madera de ciertos árboles que tienen sabor amargo o astringente[103], también la boca debe enjuagarse y el cuerpo debe untarse a menudo con aceites y recibir masajes y baños.

2.5.2 Terapéutica farmacológica ayurvédica: materia médica y farmacopea

Las obras clásicas de historia de la medicina ensalzan la riqueza de la materia médica india y hacen eco de su influencia en la medicina occidental antigua (Castiglioni, A. 1936). Los primeros medicamentos ayurvédicos eran fundamentalmente elaborados con ingredientes de origen vegetal, sin olvidar que desde la época del *Atharvaveda* (aproximadamente 800 a. C.) se conoce el uso terapéutico de los mantras. Posteriormente se fueron sumando otros elementos como las piedras preciosas y las gemas (*mani*) y finalmente a esta lista se incorporaron las terapias con metales y minerales (*rasa chikitsa*). Se ha subrayado que Ayurveda otorga una singular relevancia a los afrodisiacos, los venenos y los antídotos contra las mordeduras de serpientes venenosas y otros animales (Garrison, F. 1929).

Entre los elementos de estudio en la literatura sobre la cultura material ayurvédica se ha prestado atención a la cuantificación y clasificación de los diferentes remedios ayurvédicos. La primera clasificación sistemática de la materia médica del *Caraka Samhita* fue llevada a cabo en 1965 (Ray, P. & Gupta, H. 1965) y en 1980 se repitó la aproximación con el *Sushruta Samhita* (Ray, P. et al. 1980). Majumdar indica que en el *Caraka Samhita* se mencionan 341 plantas medicinales, 177 fármacos de origen animal y 64 de origen mineral. En el *Sushruta Samhita* los números son respectivamente 395, 57 y

[102] Ayurveda asigna a cada alimento tres propiedades: *rasa*, *virya* y *vipaka*, mediante las cuales se puede inferir su acción terapéutica, junto al concepto de efecto *prabhava* o acción específica particular. En primer lugar, *rasa* no es más que el sabor del alimento; *virya* da cuenta de su efecto calorífico, esto es, si una vez ingerido genera calor o por el contrario refrigera; por último *vipaka* denota el sabor postdigestivo. En estos principios, válidos también para los fármacos, se fundamentan tanto la dietoterapia como la terapéutica farmacológica ayurvédicas.

[103] Como *nimba* (*Azadirachta indica*).

64[104]. También se afirma que el número de preparados medicinales de origen animal fue disminuyendo en tratados ayurvédicos posteriores (Majumdar, R. 1971). Wujastyk exploró las fuentes y recursos materiales de los remedios ayurvédicos. Por ejemplo, indica algunos de los ingredientes de los preparados medicinales del compendio de *Caraka*. Las semillas, las flores, los frutos, las cortezas y las hojas son los elementos básicos de origen vegetal, asimismo entre las sustancias más frecuentes de origen animal señala la leche, la carne, la grasa, la sangre, los vapores de serpientes quemadas, el estiércol y la orina de diversos animales (serpiente, caballo, cabra, elefante, camello, vaca, oveja), los huevos de gorrión, de pavo real o de cocodrilo, la cera de abeja y la miel, las sopas hechas con huesos, etc. De origen mineral destacan las cenizas, las gemas, la plata, el cobre, el plomo, el oro, el estaño, las sales, la arcilla, los cristales, el azufre, etc. (Wujastyk, D. 1993). En una obra posterior da reglas para la traducción de la terminología médica sánscrita, fundamentalmente sobre la flora y la fauna (Wujastyk, D. 1998). Merecen una mención especial los trabajos que revisan en la literatura médica sánscrita los recursos medicinales marinos, tales como el coral, las perlas y las conchas, ricos en calcio, fósforo, hierro y diversos oligoelementos (Saroch, V., & Kundailia, N. 2014).

Lochan ha realizado ilustraciones de aparatos farmacéuticos basándose en la información contenida en textos como *Rasaratna Samuccaya* y *Rasasraja Sundara*, tratados posteriores a la *Brihattrayi* (Lochan, K. 2007). Y en el Taxila Museum se conservan aplicadores de ungüentos, depresores linguales y algunos equipos farmacéuticos entre cuyos utensilios figuran morteros, pesos y destiladores (Narayana, A. & Thrigulla, S. 2011).

Según las fuentes clásicas de Ayurveda la medicina y la farmacia se consideraban disciplinas inseparables y la atención médica debía ser individualizada (Prioreschi, P. 1991). De acuerdo con el *Sushruta Samhita*, el médico debe preparar él mismo los preparados medicinales de acuerdo con las exigencias de cada caso individual. Sin embargo, Wujastyk presenta evidencias de la evolución de Ayurveda en el tiempo haciendo hincapié en aspectos relacionados con la degeneración en la práctica de los principios primigenios, por ejemplo, comenta que con el paso de los siglos los medicamentos ayurvédicos dejaron de elaborarse de acuerdo con los requisitos individualizados de cada paciente, precepto fundamental de los textos clásicos, como ya había señalado Prioreschi (Wujastyk, D. 1993).

Estudios recientes abordan el uso terapéutico de los metales a través de la *Brihattrayi*. Se ha estudiado el poder medicinal de los preparados elaborados con cobre y sus aleaciones (Galib, R. & Prajapati, P. 2014). También se ha revisado la información del compendio de Caraka relativa al empleo de los metales (Galib, M. et al. 2011). La razón del interés en los preparados metálicos y minerales está relacionada con su rápida acción y mayor eficacia en comparación con otros remedios. Aunque ya en los textos clásicos de la *Brihattrayi* hay referencias a los metales, su empleo se sistematizó a partir del siglo VII. Destacan las llamadas *bhasmas*, constituidas por metales y minerales finamente pulverizados, como cenizas de mercurio, oro, plata, cobre, hierro, plomo, zinc, etc. En la actualidad las *bhasmas* han despertado el interés de los investigadores del campo de la nanomedicina, por considerarse la primera forma de nanopartículas empleadas con fines medicinales (Sarkar, P. & Chaudhary, A. 2010).

El estudio físico-químico del procesamiento ayurvédico de los metales en los complejos procesos de fabricación de medicamentos de origen mineral ha sido objeto de estudio (Prakash, B. 1997). Se ha hecho hincapié en que la ausencia de ciertos ingredientes en el proceso de purificación (*sodhana*) de los metales y minerales puede afectar

[104] Nótese que el número de plantas medicinales de este último compendio no coincide con los datos aportados por Garrison.

negativamente a la eficacia de los preparados medicinales resultantes (Chaube, A. et al. 1996).

2.5.3 Cirugía ayurvédica

La cirugía en la India antigua evolucionó como arte empírico independiente del resto de terapias ayurvédicas, por esto la presentamos en una sección aparte. Tras alcanzar su cénit con el tratado de *Sushruta*, la práctica de la cirugía ayurvédica decayó y entró en desuso por razones aún no claras (Wujastyk, D. 1993), aunque se cree que, entre otros factores, un componente de carácter religioso, relacionado probablemente con la doctrina budista, pudo contribuir al freno de su expansión y subsiguiente declive[105]. De hecho, las normas religiosas influyeron decisivamente en los métodos de enseñanza de la cirugía ayurvédica. Por ejemplo, en sus prácticas a la hora de realizar punciones utilizaban tallos y hojas de plantas así como vasos sanguíneos de animales muertos (Garrison, F. 1929); la técnica de las operaciones debía practicarse sobre sacos de piel o vejigas llenas de agua o fango, por la absoluta prohibición de las leyes religiosas de todo contacto con cadáveres (Castiglioni, A. 1936). En el *Sushruta Samhita*, el tratado de cirugía ayurvédica por excelencia, encontramos el único pasaje de los textos indios en el que se habla de investigaciones anatómicas. En él se afirma que el cadáver, del cual el médico debe examinar cada órgano, se expone por siete días a un proceso de descomposición en agua de río, encerrado en una jaula, después de lo cual se pueden descubrir las partes internas sin que sea necesario servirse del cuchillo, lo que está expresamente prohibido por las leyes religiosas, sino simplemente estregando las partes blandas hasta que los órganos internos se hagan visibles.

En la India antigua todos los metales y su elaboración eran conocidos muchos siglos antes que en Europa y ya en tiempos remotos su arte, industria y ciencia habían alcanzado un alto grado de desarrollo. Esta tecnología metalúrgica favoreció la elaboración de refinados instrumentos quirúrgicos (Prakash, B. 1997), lo que permitió, junto con el conocimiento de los efectos anestésicos de ciertas plantas como *Hyoscyamus niger* y *Cannabis indica*, el desarrollo y perfeccionamiento de la cirugía india, que tuvo un desarrollo propio, independiente de la escuela griega. Nótese, por ejemplo, que las operaciones plásticas[106], características de la antigua medicina india, en el resto del mundo civilizado no se practicaron antes de fines de la Edad Media.

Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en las tradiciones griega y romana, existen pocas evidencias materiales arqueológicas que apoyen el uso de la cirugía en la India antigua, lo que contrasta con la extensa documentación de las prácticas quirúrgicas en las fuentes literarias. Como pruebas tangibles de la cirugía ayurvédica se han estudiado los instrumentos quirúrgicos conservados en el Taxila Museum (Pakistán), donde entre otros se encuentran los siguientes: *mandalagrashastra* (instrumento con una hoja en forma de disco), *eshani* (sonda quirúrgica), *suci* (aguja con ojos), *samdamshayantra* (instrumentos de agarre; pinzas) y *talayantra* (disco con asas – espátula) (Narayana, A. & Thrigulla, S. 2011). Este conjunto de instrumentos constituye una muestra muy reducida del total descrito en los textos clásicos. Escalpelos, lancetas, sierras, tijeras, agujas, ganchos,

[105] Algo similar ocurrió con *bhedankarma* o "terapia de agujas", forma ayurvédica de acupuntura cuyo conocimiento se codificó en el Suchi Veda, texto del que poco se sabe en la actualidad (Ros, F. 1994).

[106] Un hecho curioso en la historia de la medicina india es la aparición de una cirugía popular llevada a cabo por la casta de los alfareros, que únicamente se encargaban de dos operaciones: la rinoplastia, por ser frecuente en los pueblos de la India antigua la amputación de la nariz por castigo o venganza, así como la litotomía. Como prueba de ello se puede contemplar un grabado de rinoplastia india publicado en el *Gentlemen Magazine*, de Calcutta, en octubre de 1794, que reproduce la operación practicada por un alfarero, con demostración de la técnica y de los modelos de cera (Castiglioni, A. 1936).

sondas, pinzas, trocares, catéteres, jeringas y espéculos rectales, entre otros, formaban parte del instrumental quirúrgico ayurvédico tradicional, en total 121 instrumentos quirúrgicos diferentes (Garrison, F. 1929).

Castiglioni aporta datos sobre la tecnología médica de la cirugía ayurvédica basándose para ello en el compendio de *Sushruta* y en el trabajo *Geschichte der Chirurgie und ihre Ausübung* del cirujano alemán Ernst Julius Gurlt sobre historia de la cirugía de 1898; recoge que en el *Sushruta Samhita* los instrumentos quirúrgicos se clasifican en dos tipos: yantra (obtusos o romos, es decir, redondeados, sin filo o sin punta) y sastra (afilados). De los instrumentos obtusos se describen 101 tipos, de los cuales la mano del cirujano es el más importante. Por ejemplo, se encuentran dos tipos de tenazas que sirven para extraer objetos extraños de la nariz y del oído; diversos instrumentos tubulares; 28 especies de sondas, etc. De los instrumentos cortantes se distinguen 20 clases de varias formas: cuchillos, navajas, bisturís (que deben tener forma de pétalo de lirio), lancetas de un solo filo, agujas, cuchillos con forma de hoja de *kusha* (*Demostachya bipinnata*), trocares de varias formas, pinzas para la extracción de dientes, etc. Los cirujanos solían guardar estos instrumentos afilados envueltos en franela dentro de una caja (Castiglioni, A. 1936). La primera clasificación sistemática de los instrumentos quirúrgicos del *Caraka Samhita* se debe a Ray y Gupta (Ray, P. & Gupta, H. 1965), acercamiento que fue repetido en la sinopsis del *Sushruta Samhita* (Ray, P. et al. 1980).

El primer manual con ilustraciones de los instrumentos quirúrgicos ayurvédicos y otros utensilios y aparatos de los compendios de *Caraka* y de *Sushruta* data de principios del siglo XX. Contiene un estudio comparativo de los instrumentos ayurvédicos y los empleados en otras tradiciones médicas, como la griega, romana, árabe y europea (Mukhopadhyaya, G. 1913). Las ilustraciones del instrumental quirúrgico y farmacéutico siguen siendo objeto de estudio de la investigación contemporánea. En 2007 Kanjiv Lochan, consciente de la falta de detalles en los compendios clásicos de Ayurveda sobre muchos de los instrumentos y utensilios en ellos mencionados, publicó un trabajo monográfico en el que se muestran ilustraciones de los instrumentos quirúrgicos y los aparatos farmacéuticos mencionados en los textos ayurvédicos clásicos (Lochan, K. 2007). Los dibujos de este trabajo se basan en las descripciones existentes en los compendios ayurvédicos y en los trabajos pioneros de G. Mukhopadhyaya de principios del siglo XX. Para la consecución de este trabajo han sido cruciales las aclaraciones de los diversos comentaristas de los tratados clásicos de Ayurveda. Los instrumentos quirúrgicos presentados están basados principalmente en las descripciones del *Sushruta Samhita* y del *Ashtanga Hrdayam Samhita*.

El estudio de la cultura material desde la perspectiva artística puede hacer visibles aspectos de interés. Robert Alan Thom, ilustrador especializado en la representación de escenas históricas, en 1955 realizó una pintura al óleo de *Sushruta* llevando a cabo una operación de oído en la casa de un noble de la India antigua (FIGURA 1). Muestra la tradicional mesa de operaciones hecha de madera y de poca altura así como instrumentos quirúrgicos y otros utensilios. Esta pintura forma parte de la colección sobre sistemas de salud del Museo de Arte de la Universidad de Michigan.

Y para terminar esta sección es ineludible mencionar sucintamente las técnicas quirúrgicas de Ayurveda. Los cirujanos ayurvédicos conocían todos los procedimientos quirúrgicos operativos importantes y, de hecho, practicaban litotomías, cesáreas, rinoplastias, operaciones de cataratas, etc. Entablillaban las fracturas y dislocaciones utilizando ramas de bambú. La cauterización con fuego (*agni*) o con álcalis (*kshara*) eran también técnicas conocidas. Por ejemplo, la empleaban para controlar las hemorragias, usando aceite hirviendo o ejerciendo presión.

FIGURA 1
***Sushruta* reconstruyendo el pabellón auditivo de un paciente mutilado, óleo de R. A. Thom**

Fuente:
http://www.livemint.com/Leisure/FRmtsS9CrECu3Dxd8MfJyM/Excerpt--The-Sceptical-Patriot.html

2.5.4 Terapias ayurvédicas

Fuentes epigráficas indican que hacia el año 226 a. C. el rey *Asoka* promovió la construcción de hospitales en India. En Ceylán hay registros de la existencia de hospitales desde el año 437 a. C. (Garrison, F. 1929). Esto prueba la existencia muy temprana de espacios destinados a la práctica de las terapias ayurvédicas.

En el marco de las terapias ayurvédicas tradicionales era frecuente el uso de plantas medicinales, ventosas y sanguijuelas. La aplicación de grasa, tanto interna como externamente, formaba parte de otras terapias más complejas. De los remedios de la terapéutica india destacan los siguientes: vomitivos, purgantes, enemas (de decocciones o de aceite) y la instilación nasal, que solía provocar estornudos y era usada para desintoxicar la región de la cabeza. También practicaban las inhalaciones y pulverizaciones de sustancias medicinales y se recomendaban las curas diaforéticas, para lo cual contaban con los más variados e ingeniosos baños de vapor.

Los trabajos contemporáneos sobre la cultura material de las terapias ayurvédicas son escasos, los existentes suelen ceñirse a análisis conceptuales. Por ejemplo, la clasificación de las terapias de sudación en la *Brihattrayi* ha sido objeto de estudio recientemente, aunque dejando al margen los detalles materiales y la tecnología implicada (Paliwal, M. 2015). Consideramos que el estudio de la cultura material involucrada en las terapias ayurvédicas de exudación es ineludible en nuestro trabajo pues dichas terapias están encaminadas a purificar el cuerpo, precepto sobre el que Ayurveda hace hincapié. Permiten la eliminación de los humores (*doshas*) corrompidos o en exceso y las toxinas (*ama*) acumuladas. En general, están indicadas para equilibrar los *doshas vata*, de carácter sutil y etéreo[107], y *kapha*, más estable[108], aunque en ciertos casos también pueden contribuir a paliar los desequilibrios de dichos *doshas* en asociación con *pitta*. Están contraindicadas para problemas derivados exclusivamente de un incremento de *pitta*, por su intrínseca naturaleza ígnea[109].

[107] Por la predominancia en ella de los elementos (*mahabhuta*) aire (*vayu*) y éter (*akash*). De acuerdo con la teoría humoral ayurvédica, los tres *doshas* (humores biológicos principales), *vata*, *pitta* y *kapha*, son resultado de ciertas combinaciones de los elementos fundamentales al igual que el resto de la materia del Universo.
[108] Ya que está conformada por los elementos agua (*jala*) y tierra (*prithvi*).
[109] Esencialmente se compone del elemento fuego (*agni*), con una parte de agua (*jala*).

2.5.5 Análisis de la cultura material de las terapias diaforéticas en el Ashtanga Hrdayam

En el *Ashtanga Hrdayam* (Murthy, K. 1991 – 1995) hay cuatro tipos de terapias de exudación que utilizan la acción del fuego: *tapa*, *upanaha*, *usma* y *drava*. La primera, *Tapa* consiste en fomentación; *Upanaha* se caracteriza por el uso de cataplasmas templados; por *usma* se entiende la terapia de sudación con baño de vapor templado y, por último, *drava* es la terapia de exudación basada en el vertido de líquido medicinal templado. Por otro lado, la exudación sin la acción del fuego (*anagneya sveda*) resulta adecuada para enfermedades relacionadas con el bloqueo e inactivación de *vata* por un exceso de grasa (meda) y *kapha*. En tal caso son posibles las siguientes acciones: permanecer en una habitación cerrada herméticamente, la actividad física intensa (ejercicio, lucha, etc.), cubrirse con ropas gruesas (mantas, etc.), los vendajes (con telas, cuero, etc.), el consumo excesivo de vino, la exposición a la luz del sol, y generar sentimientos como el temor o la ira (AH, su, 17/28-29a)[110].

Tapa se realiza mediante paños calientes, placas de metal o la palma de la mano (AH, su, 17/1). Los cataplasmas de *Upanaha* en el caso de desequilibrios causados por un incremento de *vata* se pueden elaborar usando levadura (*kinva*), plantas como *vaca*, *satahva*, *devadaru*, todo tipo de granos, carne y raíces de *rasna* y *eranda*. Si los desequilibrios fisiológicos se deben a un incremento de *vata* asociado con *kapha* se emplearán fármacos de *surasadigana*, a saber: las dos *sura*, *phanijja*, *kalamala*, *vidanga*, *kharabusa*, *vrsakarni*, *katphala*, *kasamarda*, *ksavaka*, *sarasi*, *bharngi*, *karmuka*, *kakamaci*, *kulahala*, *visamusti*, *bhutrna*, *bhutakesi* (AH, su, 15/30-31). Las patologías originadas por un aumento de *vata* asociado con *pitta* se tratarán con cataplasmas elaboradas con fármacos de *padmakadigana*[111] (AH, su, 17/2-3). En general, para envolver las cataplasmas al cuerpo se usarán los siguientes materiales: un pedazo blando de cuero que no huela mal y que no haya sido engrasado, ligeramente caliente y atado. En su defecto, se puede utilizar hojas de plantas que mitiguen el *vata*, tela de seda o de lana (AH, su, 17/4-5).

El principal modo de generar el vapor usado en *usma* se conoce como *utkarika*; consiste en hervir granos, legumbres, semillas, etc., dejando que el vapor llegue a la parte del cuerpo afectada. Otros materiales que pueden ser calentados de distintas maneras, cuyo vapor puede usarse al administrarlos templados, son trozos de piedras, guijarros, barro, esquejes de hojas, granos, boñigas secas de animales (vaca, oveja, cabra, etc.), arena, cáscaras, etc (AH, su, 17/6-7a).

Finalmente, el líquido medicinal que se vierte en *drava* se prepara con trozos de hojas de *sigru*, *varanaka*, *eranda*, *karanja*, *surasa*, *arjaka*, *sirisa*, *vasa*, *vamsa*, *arka*, *malati* o *dirghavrnta*, fármacos de *vacadigana*, carne de animales de tierras pantanosas y de animales que viven en el agua, fármacos de *dasamula*[112], grasas (aceites, ghee, etc.). Estos ingredientes se hierven en *sura* (cerveza), *sukta* (gachas fermentadas), agua y leche. En cuanto a los utensilios empleados para la aplicación del líquido medicinal templado se indica que la parte dolorida se debe cubrir con un trozo de tela y a continuación se verterá sobre ella lenta y regularmente el agua medicinal usando una olla,

[110] Se emplea la notación estándar: (siglas del tratado, siglas de la sección, capítulo/versículo), donde AH=*Ashtanga Hrdayam*; su= *sutrasthana* (la primera sección).

[111] Son fármacos de *padmakadigana*: *padmaka*, *pundra*, *vrddhi*, *tuga*, *rddhi*, *srngi*, *amrita* y los diez fámacos de *jivaniya gana* (AH, su, 15/12). A su vez, el conjunto de fármacos de *jivaniya gana* está compuesto por: *jivanti*, los dos *kakoli*, los dos *meda*, *mudgaparni*, *masaparni*, *rsabhaka*, *jivaka* y *madhuka* (AH, su, 15/8).

[112] Se consideran fármacos de *vacadigana* los siguientes: *vaca*, *jalada*, *devahva*, *nagara*, *ativisa*, *abhaya*, las dos *haridra*, *yasti*, *kalasi* y *kutajodbhava* (AH, su, 15/35-36). Los fármacos de *dasamula* son diez raíces, a saber: *bilva*, *agnimantha*, *syonaka*, *kasmarya*, *patala*, *saliparni*, *prsniparni*, *brhati*, *kantakari* y *goksura*.

una jarra con pitorro o un tubo (AH, su, 17/7b-10). Si todo el cuerpo estuviera afectado por *vata* (condiciones con dolor) se podría llenar una bañera con la misma agua medicinal para que el paciente se introdujera en ella (AH, su, 17/11). En términos generales, antes de aplicar la terapia de exudación el paciente debe recibir lubricación tanto interna (bebiendo grasas) como externamente (ungiendo el cuerpo con grasas). Asimismo debe permanecer en una estancia sin corrientes de aire y debe haber digerido la última comida (AH, su, 17/12a). Finalmente, tras la exudación se debe aplicar al paciente un masaje corporal, luego se recomienda un baño con agua templada y descanso (AH, su, 17/15).

2.5.5.1 Dificultades en la interpretación de los escenarios terapéuticos descritos: ambigüedad en identificación de las plantas ayurvédicas prescritas

La traducción de la terminología sánscrita referida a los recursos materiales mencionados en los textos de Ayurveda es una cuestión de gran importancia en nuestro trabajo. Más abajo, en la TABLA 1 presentamos la correspondencia entre los términos sánscritos y los nombres científicos involucrados en las terapias diaforéticas, para lo que ha sido necesaria la consulta de bases de datos actualizadas de plantas ayurvédicas. Conviene poner de relieve la dificultad consistente en que con frecuencia un mismo nombre en sánscrito hace referencia a distintos nombres botánicos. Recíprocamente, algunos nombres científicos se corresponden con varios nombres en sánscrito; por ejemplo, *Cedrus deodara* admite en sánscrito los nombres *devadaru* y *devahva*. Análogamente, *amrita* y *jivanti* denotan *Tinospora cordifolia*. En los textos manejados del *Ashtanga Hrdayam*, de las plantas asociadas a un mismo término sánscrito no se aclara cuál hay que usar. Existen casos en los que sí se manifiesta el carácter colectivo de la terminología sánscrita, por ejemplo, mediante expresiones del tipo “las dos *haridra*” (AH, su, 15/35-36), a saber, *Anthocephalus cadamba* y *Curcuma longa*. También ocurre que en los textos se asigna deliberadamente un nombre para referirse a varias plantas pero no se especifica a cuáles se refiere, por ejemplo, al decir “los dos *kakoli*” (AH, su, 15/8). Si sólo existieran dos tipos de *kakoli* no habría nada que objetar pero, como se muestra en la siguiente tabla, existen cinco términos botánicos asociados con este nombre. Otro problema está relacionado con la existencia de plantas en los textos que o bien no han sido identificadas, como es el caso de *bhutrna* y *sarasi*, o bien existen dudas sobre su correcta clasificación, como ocurre con *kalamala* y *kharabusa* entre otras. Como justificación, eventualmente se podría argüir la posibilidad de su extinción o de su modificación a lo largo del tiempo.

TABLA 1
Glosario con la correspondencia entre los nombres sánscritos y botánicos

Nombre sánscrito	**Nombre(s) científico(s)**	**Nombre sánscrito**	**Nombre(s) científico(s)**
Abhaya	Terminalia chebula Vetiveria zizanioides	Agnimantha	Clerodendrum phlomides Premna integrifolia Premna latifolia Premna serratifolia Premna spinosa
Amrita	Aconitum heterophyllum Cynodon dactylon Dioscorea bulbifera Eulophia campestris Gloriosa superba Menispermum cordifolium Ocimum sanctum Phaseolus aconitifolius Phyllanthus emblica Phyllanthus niruri Tinospora cordifolia	Arjaka	Ocimum basilicum Ocimum canum Ocimum sanctum Orthosiphon pallidus

Arka	Asclepias gigantea	Ativisa	Aconitum ferox Aconitum heterophyllum Aconitum palmatum
Bharngi	Clerodendrum indicum Clerodendrum serratum Clerodendrum siphonanthus Gardenia túrgida Premna herbac	Bhutakesi	Corydalis govaniana
Bhutrna	Aún no se ha identificado correctamente	Bilva	Aegle marmelos
Brhati	Solanum aculeatissimum Solanum anguivi Solanum incanum Solanum indicum Solanum melongena Solanum surattense Solanum torvum Solanum violaceum Solanum virginianum Solanum xanthocarpum	Devadaru	Breynia patens Cedrus deodara Cedrus libani Polyalthia longifolia
Devahva	Cedrus deodara	Dirghavrnta	Ailanthus excelsa Oroxylum indicum
Eranda	Piper longum Ricinus communis	Goksura	Pedalium murex Tribulus terrestres
Haridra	Anthocephalus cadamba Curcuma longa	Jalada	Cyperus rotundus Strychnos potatorum
Jivaka	Bryonia grandis Malaxis acuminata Microstylis wallichii Pentaptera tomentosa Terminalia arjuna Terminalia tomentosa	Jivanti	Celtis orientalis Coelogyne ovalis Flickingeria macraei Flickingeria nodosa Holostemma ada-kodien Holostemma annulare Leptadenia pyrotechnica Leptadenia reticulata Luvunga scandens Terminalia chebula Tinospora cordifolia Trema orientalis
Kakamaci	Geophila repens Solanum americanum Solanum nigrum	Kakoli	Fritillaria roylei Gymnema balsamicum Lilium polyphyllum Luvunga scandens Zizyphus napeca
Kalamala	Se cree que puede ser Ocimum basilicum	Kalasi	Aglaia odorata Pseudarthria viscida Uraria lagopodioides Uraria picta
Kantakari	Artemisia indica Bombax ceiba Gymnosporia spinosa Solanum anguivi Solanum capsicoides Solanum jacquini Solanum surattense Solanum virginianum Solanum xanthocarpum	Karanja	Dalbergia arborea Derris indica Holoptelea integrifolia Pongamia glabra Pongamia pinnata
Karmuka	Melia azedarach	Kasamarda	Cassia occidentalis Cassia sophera
Kasmarya	Gmelina arbórea	Katphala	Cucumis trigonus Gmelina arborea Myrica esculenta Myrica nagi Myrica sapida Myristica malabarica Solanum indicum Solanum melongena
Kharabusa	Se cree que puede ser Ocimum basilicum	Ksavaka	Brassica juncea Centipeda minima Centipeda orbicularis Leucas aspera

Malati	Aganosma calycina Aganosma caryophyllata Aganosma dichotoma Cissampelos pareira Hiptage benghalensis Jasminum angustifolium Jasminum auriculatum Jasminum grandiflorum Jasminum officinale Myristica malabárica	Madhuka	Acacia intsia Cynometra iripa Glycyrrhiza glabra Madhuca butyracea Madhuca indica Madhuca longifolia Mallotus philippensis
Masaparni	Atylosia goensis Phaseolus dalzellii Phaseolus sublobatus Rhynchosia nummularia Teramnus labialis Vigna dalzelliana Vigna mungo Vigna radiata Vigna umbellata	Meda	Gymnema aurantiaca Leptadenia reticulata Litsea chinensis
Mudgaparni	Centrosema pubescens Phaseolus adenanthus Phaseolus trilobus Pueraria lobata Teramnus labialis Vigna adenantha Vigna angularis Vigna pilosa Vigna trilobata Vigna vexillata	Nagara	Flacourtia cataphracta Zingiber officinalis
Padmaka	Prunus cerasoides Prunus puddum Saussurea lappa	Patala	Alpinia galanga Radermachera xylocarpa Stereospermum chelonoides Stereospermum colais Stereospermum suaveolens Stereospermum tetragonum
Phanija	Mollugo oppositifolia	Prsniparni	Aglaia odorata Desmodium gangeticum Desmodium latifolium Desmodium laxiflorum Desmodium velutinum Pseudarthria viscida Uraria lagopodioides Uraria picta
Pundra	Nelumbo nucifera Saccharum officinarum	Rasna	Acampe papillosa Alpinia calcarata Alpinia chinensis Alpinia galanga Aristolochia indica Blepharispermum subsessile Dodonaea viscosa Enicostemma littorale Inula helenium Inula racemosa Lochnera rosea Ophiorrhiza mungos Pluchea lanceolata Rauvolfia serpentina Saccolabium papillosum Vanda roxburghii Vanda tessellata Viscum álbum Withania coagulens
Rddhi	Habenaria intermedia	Rsabhaka	Malaxis muscifera
Saliparni	Desmodium gangeticum Pseudarthria viscida Uraria lagopodioides Uraria picta	Sarasi	Todavía no se ha identificado correctamente
Satahva	Anethum sowa Foeniculum vulgare Peucedanum graveolens Pimpinella anisum	Sigru	Moringa concanensis Moringa oleifera Moringa pterygosperma

Sirisa	Albizia lebbeck Albizia lucida Albizia marginata Albizia odoratissima Albizia procera	Srngi	Pistacia integerrima Rhus succedanea
Surasa	Aloe vera Cinnamomum tamala Cinnamomum zeylanicum Commiphora myrrha Moniera cuneifolia Ocimum basilicum Ocimum sanctum Ocimum tenuiflorum Ophiorrhiza mungos Pluchea lanceolata Rauvolfia serpentina Trichodesma indicum Vanda tessellata Vitex negundo Vitex trifolia	Syonaka	Ailanthus excelsa Bignonia indica Calosanthes indica Oroxylum indicum
Tuga	Curcuma angustifolia	Vaca	Acorus calamus
Vamsa	Bambusa arundinacea	Varanaka	Se cree que puede ser Caesalpinia bonducella
Vasa	Adhatoda beddomei Adhatoda vasica Adhatoda zeylanica Cinnamomum tamala Justicia beddomei Litsea chinensis Soymida febrífuga	Vidanga	Embelia acutipetalum Embelia ribes Embelia tsjeriam-cottam Myrsine africana
Visamusti	Ageratum conyzoides Diospyros montana Strychnos nux-vomica	Vrddhi	Habenaria intermedia
Vrsakarni	Se cree que puede ser Ipomea reniformis	Yasti	Glycyrrhiza glabra

Fuente: http://envis.frlht.org/indian-medicinal-plants-database.php

A la luz de esta tabla se deduce que la correspondencia entre términos sánscritos y nombres científicos botánicos no es biunívoca, lo que demuestra que la reproducción de los escenarios terapéuticos descritos en los textos clásicos de Ayurveda constituye un problema altamente no trivial. La complejidad a la hora de interpretar satisfactoriamente el contenido de las terapias de exudación del *Ashtanga Hrdayam* se puede cuantificar mediante la siguiente tabla de frecuencias absolutas f_i, donde se expresa el número de veces que ocurre la correspondencia 1: n, siendo n el número de nombres botánicos latinos denotados por un mismo término sánscrito:

Tabla 2
Tabla de frecuencias de la correspondencia 1: n

1:n	1:0	1:1 dudosa	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
f_i	2	4	14	10	7	8	5
%	3	6,1	21,2	15,2	10,6	12,1	7,6

1:n	**1:6**	**1:7**	**1:8**	**1:9**	**1:10**	**1:11**	**1:12**	**1:15**	**1:19**
f_i	2	2	3	2	3	1	1	1	1
%	3	3	4,5	3	4,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Fuente: Tabla de frecuencias elaborada a partir de la TABLA 1

Se concluye que aunque la moda estadística es la correspondencia uno a uno, 1:1, la ambigüedad queda demostrada, por ejemplo, al considerar las frecuencias de los casos 1:2, 1:3 y 1:4, cuya suma asciende a 25 del total de 66 plantas.

4. Conclusiones

El estudio presentado de las terapias diaforéticas en el *Ashtanga Hrdayam* sirve como modelo para poner de relieve las dificultades existentes a la hora de interpretar el contenido de los textos clásicos. La ambigüedad a la hora de identificar las plantas medicinales así como la falta de detalles técnicos[113], como por ejemplo qué parte de las plantas se debe usar y en qué proporciones, oscurece la interpretación de los escenarios terapéuticos de las terapias de exudación estudiadas. El problema de la identificación de las plantas medicinales sigue abierto y requiere un estudio ulterior más profundo, lo que pone en duda aproximaciones existentes más simplistas sobre la clasificación de la materia médica ayurvédica.

El análisis realizado puede servirnos como guía a la hora de abordar la cultura material de las terapias de exudación en tratados como el *Caraka Samhita*, con mayor trasfondo filosófico y por ende de mayor complejidad. Este problema particular constituye un aspecto más de un análisis más amplio de la tradición material de Ayurveda en su contexto histórico-social, esto es, a través de sus tres fuentes clásicas principales, la *Brihattrayi.* Pese a los estudios existentes, la investigación sobre la cultura material de Ayurveda se encuentra en una fase incipiente. Faltan, en primer lugar, saberes concretos, por ejemplo, sobre las terapias ayurvédicas externas (masajes, aplicación de aceites, ungüentos, terapias diaforéticas, etc.). También es necesario profundizar en la tecnología ayurvédica de otras muchas terapias, como la cirugía y la curación a través del sonido, las tecnologías al servicio del diagnóstico, las culinarias y las involucradas en la elaboración de las formulaciones ayurvédicas. Y en última instancia se debería atender una cuestión subyacente: la interrelación entre astrología médica y cultura material. A lo anterior hay que añadir que en muchos casos la información manejada presenta imprecisiones e incluso contradicciones.

Para dicho estudio en curso proponemos una metodología de investigación basada en fuentes primarias: las ediciones de los textos originales en sánscrito, junto con sus traducciones canónicas en lengua inglesa acompañadas de comentarios autorizados (Sharma, R. & Dash, B. 1976 – 2001; Sharma, P. 1999 – 2001; Murthy, K. 1991; 1995). El fundamento histórico-médico de dicha investigación también permitiría establecer correspondencias culturales que quedan desatendidas en la historiografía, estamos pensando en los rituales sociales relacionados con el cuidado diario y estacional de la salud; en los artesanos y otros gremios involucrados en la fabricación de los utensilios e instrumentos médicos, o, para terminar en la interacción social entre médicos ayurvédicos y otros eruditos de la ciencia y la técnica.

Referencias bibliográficas

- Angermeier, V. (2017). Untangling Multiple Topographical Systems: Conceptions of Landscapes in Ancient Indian Medicine. *eJournal of Indian Medicine, 9*(2), 39-62.
- Arnau, J. (2013). Las divergencias en torno a los humores en los compendios de medicina sánscrita. *Dynamis, 33*(2), 417-439.
- Arnau, J. (2013). *La medicina india: Según las fuentes del Ayurveda*. Editorial Kairós.
- Basham, A. L. (1976). The practice of medicine in ancient and medieval India. *Asian medical systems: A comparative study*, 18-43.
- Castiglioni, A. (1936). *Storia della medicina*. A Mondadori.
- Chaube, A., Prajapati, P. K., & Dixit, S. K. (1996). On the technique of sodhana. *Ancient Science of life, 16*(1), 67.
- Comelles, J. M. (2000). The role of local knowledge in medical practice: a trans-historical perspective. *Culture, Medicine and psychiatry, 24*(1), 39-73.
- Filliozat, J. (1949). *La doctrine classique de la médicine indienne: ses origins et ses parallèles grecs.* Impr. Nationale.

[113] Los principales comentaristas de los tratados de la medicina sánscrita advierten de la existencia de omisiones de detalles en muchos pasajes de las fuentes escritas de Ayurveda. Por ello, los comentarios autorizados de las mismas constituyen una literatura auxiliar de gran valor para clarificar su contenido.

- Galib, M. B., Mashru, M., Jagtap, C., Patgiri, B. J., & Prajapati, P. K. (2011). Therapeutic potentials of metals in ancient India: A review through Charaka Samhita. *Journal of Ayurveda and integrative medicine, 2*(2), 55.
- Galib, R., & Prajapati, P. K. (2014). Therapeutic potentials of Tamra (copper) and its alloys A review through Brihatrayi. *International Journal of Ayurvedic Medicine, 5*(1).
- Garrison, F. H. (1929). *History of medicine*. WB Saunders.
- Gupta, K. (2014). Gradual development of Ahara Kalpana in Brihattrayi. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archive, 5*(2).
- Inhorn, M. C., & Wentzell, E. A. (Eds). (2012). *Medical anthropology at the intersections: Histories, activisms, and futures*. Duke University Press.
- Jolly, J. (1951). *Indian medicine*. Poona: C. G. Kashikar.
- Junge, P. (2012). La Medicina Ayurveda en India contemporánea: conservando la identidad en un mundo transcultural, *Scripta Ethnologica*, 34.
- Kleinman, A. (1980). *Patients and healers in the context of culture: An exploration of the borderland between anthropology, medicine, and psychiatry*. (Vol. 3). University of California Press.
- Kurup, P. N. V. (2004). Ayurveda: a potential global medical system. *Scientific Basis for Ayurvedic Therapies. CRC Press, USA, pp. I.*
- Kutumbiah, P. (1967). The Pulse in Indian Medicine. *Indian Journal of History of Medicine*.
- Laín Entralgo, P. (1972). *Historia Universal de la Medicina*, *7 vols*. *Salvat, Barcelona*, 1975, D61.
- Leslie, C. (Ed.) (1976). *Asian medical systems: A comparative study*. University of California Press.
- Leslie, C. (1980). Medical pluralism in world perspective [1]. *Social Science & Medicine. Part B: Medical Anthropology, 14*(4), 191-195.
- Leslie, C., & Young, A. (Eds). (1992). *Paths to Asian medical knowledge* (Vol. 32). University of California Press.
- Lloyd, G. E. R. (2006). *Principles and practices in ancient Greek and Chinese science* (Vol. 849). Ashgate Publishing, Ltd..
- Lochan, K. (2007). *Illustrations on Ayurvedic Surgery and Pharmaceutics* (Vol. 2). Chaukhambha Publications.
- Majumdar, R. C. (1971). Medicine. A Concise History of Science in India. *Indian national science academy. New Delhi, 222.*
- Marks, H. M. (1993). Medical technologies: Social contexts and consequences. *Companion encyclopedia of the history of medicine, 2,* 1592-1618.
- Mazars, G. (1995). *La medicine indienne*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Meulenbeld, G. J. (1999-2002). *A history of Indian medical literature 5 Vols*. Groningen.
- Mpinga, E. K., Kandolo, T., Verloo, H., Bukonda, N. K. Z., Kandala, N., & Chastonay, P. (2013). Traditional/alternative medicines and the right to health: Key elements for a convention on global health. *Health Hum Rights, 15*, 44-57.
- Mukhopadhyaya, G. (1913). *The Surgical Instruments of the Hindus: with a comparative study of the surgical instruments of the Greek, Roman, Arab and the modern European surgeons*. Calcutta: Calcutta University.
- Muñoz, J. M. M. (2016). Ayurveda en Maharashtra: descripción e interpretación de la práctica médica contemporánea (Doctoral dissertation, Universidad de Granada).
- Murthy, K. R. S. (1991 – 1995). *Vagbhata's Ashtanga Hrdayam. Text, English Translation, Notes, Appendix and Indices. 3 vols*. Varanasi: Chowkhamba Krishnadas Academy.
- Narayana, A., & Thrigulla, S. R. (2011). Tangible evidences of surgical practice in ancient India. *Journal Ind.Med.Heritage, Vol.XLI*, 1-18.
- Ni, H., Simile, C., & Hardy, A. M. (2002). Utilization of complementary and alternative medicine by United States adults: results from the 1999 national health interview survey. *Medical care, 40*(4), 353-358.
- Organización Mundial de la Salud. (2009). 62ª Asamblea Mundial de la Salud. Ginebra. Recuperado de: apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA62-REC1/A62_REC1-sp.pdf.
- Paliwal, M. (2015). Concept of Swedana-Karma in Ayurveda. *Journal of Advanced Research in Ayurveda, Yoga, & Homeopathy, 2*(2), 25-29.
- Patwardhan, B. (2000). Ayurveda: The designer medicine. *Indian drugs, 37*, 213-227.
- Prakash, B. (1997). Use of Metals in Ayurvedic Medicine. *Indian Journal of History of Science, 32*(1), 1-28.
- Prioreschi, P. (1991). *A history of medicine* (Vol. 1). Edwin Mellen Press.
- Rastogi, S., & Kaphle, K. (2011). Sustainable traditional medicine: taking the inspirations from ancient veterinary science. *Evidenced-Based Complementary and Alternative Medicine, 2011.*
- Ray, P., & Gupta, H. N. (1965). *Caraka Samhita: A Scientific Synopsis*, by Priyadaranjan Rây and Hirendra Nath Gupta. National Institute of Sciences of India.
- Ray, P., Gupta, H. N., & Roy, M. (1980). *Sushruta Samhita: A Scientific Synopsis*. Indian National Science Academy.
- Ros, F. (1994). *The Lost Secrets of Ayurvedic Acupuncture*. Lotus Press.
- Rosenberg, C. E. (2009). Managed fear. *The Lancet, 373* (9666), 802-803.
- Rosenberg, C. E. (2012). Epilogue: airs, waters, places. A status report. *Bulletin of the History of Medicine, 86* (4), 661-670.
- Rosenberg, C. E., Golden, J., & Peitzman, S. J. (1992). Framing disease. *Hospital Practice, 27*(7), 179-221.
- Sarkar, P. K., & Chaudhary, A. K. (2010). Ayurvedic Bhasma: the most ancient application of nanomedicine.

- Saroch, V., & Kundailia, N. (2014). A review on marine originated drug tradition in Ayurveda. *Ayurpharm. Int. J. Ayur. Alli. Sci., 3*(9), 241-247.
- Sharma, C., Singh, C., Sharma, L. N., Purvia, R., & Adlakha, M. (2015). Antibiotic resistant organism: an emerging public health problem and role of Ayurveda (An overview). *International Journal of Ayurveda and Pharma Research, 2*(1).
- Sharma, P. V. (1999 – 2001). Sushruta Samhita, with English translation of text and Dalhana's commentary along with critical notes. 3 vols. New Delhi: Chokhamba Orientalia.
- Sharma, R. K., & Dash, B. (1976 – 2001). *Caraka Samhita. Sanskrit text with English Translation and Critical Exposition based on Cakrapani Datta's Ayurveda Dipika 7 vols*. Varanasi: Chowkhamba Sanskrit Series Office.
- Sigerist, H. E. (1961). *A History of Medicine, Vol. II, Early Greek, Hindu and Persian Medicine*. Oxford University Press.
- Silvestri, L. (2014). Ciencia y religión en la medicina india tradicional: las leyes de la naturaleza y el individuo en la práctica ayurvédica occidental. *Quaderns-e, 19*(1), 235-248.
- Van Alphen, J., & Aris, A. (Eds.) (1995-1996). *Oriental medicine: an illustrated guide to the Asian arts of healing*. Serindia Publications.
- World's first Ayurvedic surgery performed in India. (2016). Recuperado de: http://www.ayurvedictalk.com/worlds-first-ayurvedic-surgery-performed-in-india/2747/
- Wujastyk, D. (1993). Indian Medicine. *Companion encyclopedia of the history of medicine, 1,* 755-778.
- Wujastyk, D. (1998). The roots of Ayurveda. *Selections of Sanskrit medical Writings.*
- Zimmer, H. R. (1948). *Hindu medicine. Edited with a Foreword and Preface by L. Edelstein*. Baltimore, Johns Hopkins Press.
- Zimmermann, F. (1987). *The Jungle and the aroma of meats. An Ecological Theme in Hindu Medicine.* Berkeley: University of California Press.
- Zysk, K. G. (1998). *Ascetism and healing in ancient India: medicine in the Buddhist monastery* (Vol. 2). Motilal Banarsidass Publishe.

ITINERARIOS POÉTICOS POR SIERRA NEVADA: SULAYR, LOS CAMINOS Y LOS PINCELES DE LA LUZ

RAFAEL HERNÁNDEZ DEL ÁGUILA; FRANCISCO JAVIER TORO SÁNCHEZ)
hdaguila@ugr.es, fjtoro@ugr.es
Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física (Universidad de Granada)

RESUMEN

En la actual situación de crisis socio-ambiental, la humanidad se enfrenta a numerosos problemas ambientales que ya parecen formar parte de nuestra realidad cotidiana. Para afrontar dichos problemas nadie puede dudar de que precisamos información, conocimiento, ciencia y mejores tecnologías adaptadas a las posibilidades y límites de la naturaleza. En esta comunicación, dando por sentado lo anterior, proponemos otro acercamiento a los problemas desde una mirada que incluya la creatividad y la intuición artística. En nuestro caso, las montañas, y en concreto Sierra Nevada, se constituyen en una oportunidad y laboratorio de experimentación en esa línea a partir del lenguaje poético. A partir de ello, pretendemos sugerir otras preguntas y encontrar otras evidencias sobre el papel, función y valor que la naturaleza tiene, puede y debe tener para una perspectiva de verdadero desarrollo y emancipación humanos.

Palabras clave: Naturaleza, montaña, Sierra Nevada, arte, poesía, cultura ambiental

ABSTRACT

As a result of the current situation of societal-environmental crisis, the human race is challenging diverse environmental problems which are part of our daily reality. To face such problems information, knowledge, science and better technologies integrated and adapted to limits and possibilities of Nature are demanded. In this paper, we propose an alternative approach to these problems from a perspective that include creativity and artistic intuition. In our case, mountains, and particularly Sierra Nevada, are a proper laboratory by means of the poetic language. From this, we attempt to suggest other questions and find other evidences about the role, function and value that nature has and should have for a human development and emancipation perspective.

Keywords:*Nature, mountain, Sierra Nevada, Arts, poetry, environmental culture*

1. Introducción

Como muestra del empleo de las artes como catalizador de una nueva mirada ambiental, quisiéramos referirnos a dos obras, que tuvieron como elemento central a Sierra Nevada y que sirvieron de fuente de inspiración y de construcción de esa mirada que proponíamos al inicio. Tales obras, que llevan por título “Sulayr, los caminos de la luz” (2007) y “Sulayr, los pinceles de la luz” (2009), han supuesto dos propuestas de itinerario poético por el macizo de Sierra Nevada que coincidieron con la puesta en marcha por el Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada del sendero de gran recorrido “Sulayr”.

Cabe recordar que la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y, en concreto, el Parque Nacional de Sierra Nevada pone a disposición de los usuarios más de 300 kms para descubrir los singulares paisajes penibéticos en una propuesta de experiencia personal que tiene en el contacto directo con la naturaleza de Sierra Nevada su objetivo fundamental.

2. Lo ambiental como «arte de vivir»

La crisis ecológica nos ha puesto ante una doble tesitura (Toro Sánchez, 2011):

- Tener que "ver" más allá de lo que la percepción habitual de las cosas y de nuestro entorno nos permite (entiéndase no sólo físico, sino también entorno de ideas y creencias, esto es, entorno cultural). Este objetivo de ampliar la visión no sólo se refiere simplemente al acto de observar, sino a otros sentidos, aptitudes y actitudes: oír, notar, apreciar, respetar, situar, contextualizar, etc.
- Ampliar nuestro campo de reflexión sobre las cosas, comenzando por poner en duda modos de entender la realidad que dado su reduccionismo no contemplan lo diverso, lo particular, lo singular.

Ambas premisas forman parte de lo que entendemos como una nueva "mirada ambiental" (Hernández del Águila 2002). La mirada ambiental se afina conociendo y asumiendo determinados hechos (que deberían «saltar a la vista») y haciendo de esos hechos las bases de nuestra percepción y de nuestra reacción en forma de actitudes y comportamientos acordes con dicha percepción. Sólo así podemos adecuar nuestro conocimiento del mundo con nuestras formas de sentir y vivir ese mundo. La mirada ambiental tiene que desenmascarar las creencias absurdas acerca de nuestras posibilidades y límites en un entorno determinado, con las consiguientes prácticas que nos han llevado a nuestra actual situación. Creencias, las más de las veces inconscientes, que abordan los valores ambientales como algo lejano, ajeno, absurdo, irrelevante. En este sentido, el malogrado J. Mosterín instaba a una nueva cosmovisión: "si realmente queremos vivir bien, lo primero que requerimos es un mapa correcto de la realidad, una cosmovisión a la altura de la mejor información disponible en nuestro tiempo" (Mosterín, 2003: 218).

No hay visión ambiental que merezca tal nombre que no haga de lo ambiental la base de nuestro modelo de vida. Lo ambiental no constituye un objeto de conocimiento exterior a nuestras formas de sentir el mundo y actuar en consecuencia. El análisis profundo de los hechos que configuraron nuestro actual modelo de entender lo que somos y hemos sido en relación al entorno, debe producir una reescritura de nuestro papel como individuos, sociedades y especie. Otro «arte de vivir», en el que deberemos recombinar elementos de la cultura humana pasados y presentes, actualmente desintegrados y dislocados y de cuya recuperación depende nuestro futuro.

Nadie puede dudar de que necesitamos nuevas y perentorias formas de ampliar nuestra mirada a partir de los conocimientos científicos, los retos éticos, las soluciones tecnológicas o las nuevas formas de sensibilidad que la crisis ambiental demanda o debe favorecer. Esa ampliación de la mirada puede aturdir o cegar. Pero es un arte necesario para vivir, para poder vivir en permanente diálogo con nuestras posibilidades y límites. Ésos que la mirada ambiental nos muestra respondiendo a los "qués", "porqués" y "para qués", que han definido secularmente nuestra actitud de especie reflexiva, con herramientas científico-tecnológicas, pero también con opciones éticas y estéticas que nos permitan un buen vivir, un mejor vivir en este mundo increíblemente hermoso, frágil, contingente, complejo y factible que heredamos como especie.

Esta mirada ambiental, además de otra forma de percepción y de sensibilidad supone, también, otra forma de conocer (quién duda que el enfoque es, en última instancia, lo que condiciona la forma de afrontar y solucionar los problemas) que debe construirse sobre la base de un conocimiento de la complejidad, pues como afirma R. Tarnas: "para descubrir las profundidades y la rica complejidad del cosmos se necesitan vías de conocimiento que integren plenamente la imaginación, la sensibilidad estética, la intuición moral y espiritual, la experiencia de revelación, la percepción simbólica, las modalidades somática y sensorial del entendimiento y el conocimiento empático" (Tarnas, 2008).

3. El arte como cualificación y ampliación de la miradaambiental

Pero ¿podemos adquirir esa mirada sólo con conocimientos de tipo científico, sólo conociendo e interpretando de manera exhaustiva y rigurosa los datos o la información disponible? ¿Tendremos suficiente tiempo para evaluar, cuantificar, determinar, precisar, acotar? O, más importante aún, ¿a qué sistemas de pensamiento o sensibilidad van dirigidos esos evidentes datos que nos hablan de la sinrazón de nuestras apuestas de "desarrollo" o "progreso" humano? Es ahí donde indagar las posibilidades que el arte, las artes, nos brindan deviene imprescindible. No sólo las artes plásticas o las relacionadas con la literatura, sino las artes del pensar ¿Por qué no reivindicar un "arte" de pensar como contrapunto a apuestas precisas, rigurosas y lógicas, pero ajenas muchas veces a otras posibilidades ocultas en lo cualitativo-sintético; esos "abismos-atajos" de conocimiento que lo artístico nos brinda? Hay que conocer, quién lo duda, a la naturaleza, pero quizás también hay que caer rendido ante su belleza o convertirla en parte integrante de nuestras formas de expresión artística. No se trataría de sustituir, comparar o confrontar, sino de integrar, reescribir, enriquecer, ampliar y completar. El arte en todas sus expresiones posibles, aporta un sentido cualitativo de la supervivencia. Es una forma privilegiada de estar conscientemente en el mundo y expresarlo-compartirlo. Lo artístico puede resultar una forma gratuita y "sostenible" de habitar este mundo y permitir su pervivencia, no por él mismo, que también, sino por lo que los seres humanos podemos llegar a ser, valorar, compartir o sentir.

Hablando de soluciones ambientales y de ampliar nuestra perspectiva;cualificar nuestra mirada-, no podemos renunciar a lo que constitutivamente somos: seres capaces ancestralmente de aprehender sintéticamente el mundo que nos rodea y convertirlo en materia artística que nos permita interpretar y dar un sentido a dicho mundo, ofreciendo claves para entenderlo y actuar. No podemos renunciar a lo que nos hizo seres humanos ¿Quién podría dudar que el arte nos ha dado y sigue dando claves de enorme eficacia para "ser en el mundo", para responder desde planos perceptivos y, a partir de ahí, los planos racionales y objetivos, a las preguntas esenciales no sólo ya de qué o quiénes somos, o de dónde venimos, sino qué queremos ser o podemos ser?

El cultivo de la sensibilidad estética supone, a nuestro entender, un interesante movimiento de rebeldía frente al imperativo positivista, economicista y tecnocrático que amenaza con convertir a la Naturaleza en un constante proveedor de recursos y un ilimitado vertedero. La inmersión directa en la Naturaleza constituye, también, una fuente de autoconocimiento, de individualidad, que no individualismo, frente al gregarismo o imposición de clichés de grupo y, en todo caso, una inestimable fuente para la ampliación de las fronteras de la percepción. De hecho, este ejercicio de inmersión en el entorno físico (aquello de lo que somos parte constituyente, pero lo ignoramos con bastante frecuencia) nos debe hacer comprender que "la naturaleza es resistente y que puede proporcionar una fuente de reflexión, catarsis y regeneración en un tiempo de tensión y exceso de producción" (Grande, 2005: 22). *La valoración de la Naturaleza, mediante un contacto directo, favorece una mayor responsabilidad sobre la vida y los elementos que la conforman a partir de un proceso-viaje personal*. Esto nos debe hacer valorar "la importancia que realmente tiene un arte que trate de la experiencia de la naturaleza, más aún en un mundo en el que las innovaciones tecnológicas nos están apartando cada vez más de la experiencia directa, del mundo tangible" (Grande, 2005: 17).

No obstante, la defensa del arte y cualquiera de sus manifestaciones posibles, no debe suponer la aceptación de toda forma de expresión artística que utilice la naturaleza o el medio ambiente como pretexto. Y aquí cabe pensar en muchos de los desmanes de ciertas creaciones y obras englobadas dentro del ambiguo y laxo campo de las artes. Ciertas arquitecturas funcionalistas o vanguardistas pueden ser un ejemplo de ello, donde, jugando, precisamente, con una idea simbólica de naturaleza, no hacen sino alimentar aún más este culto al modelo de progreso insostenible, en tanto, estas mismas obras son ejemplos de derroche material y energético, sin

lograr, por otra parte, la deseada “funcionalidad”. También pueden ser discutibles ciertas formas de expresión artística con intervención directa en espacios de singulares valores ecológicos. No todo el “Land Art” está conducido por los mismos principios de integración y respeto al marco en el que se inserta, simplemente por el hecho de un pretendido “diálogo con la naturaleza”.

Estos ejemplos, nos hacen recordar que deberíamos superar la visión del medio ambiente que nos rodea como objeto de conservación, consumo o degradación, y asumir que los seres humanos somos ante todo unos formidables, por grandes y temibles, productores-constructores de entornos, a veces reales, a veces imaginarios. Y nuestra capacidad de ver ese “producto” no tendría que ser exclusivamente analítica, correctora, intermediada, sintomatológica, ortopédico-mecanicista, determinista o reversible, sino también orgánica, sistémica o preventiva. Y para ello necesitamos afinar nuestros conocimientos científicos, pero tenemos, también, que afinar nuestra sensibilidad, cualificando y ampliando mediante los lenguajes artísticos, nuestras formas de entender el mundo y actuar en consecuencia.

4. Ciencia y Arte: un encuentro necesario

Y llegados aquí, tendríamos que plantearnos si todos los grandes conceptos civilizatorios, al menos como los hemos definido en Occidente, tales como progreso, avance, prosperidad, riqueza, desarrollo, etc., pueden seguir construyéndose sobre la permanente modificación-transformación técnico-utilitaria del entorno que nos constituye y es materia prima de nuestras construcciones mentales o materiales. El “objeto naturaleza” (cantidad medible, utilizable, manipulable, destruible, mejorable) construido a partir de una visión de dominación tecnocientífica, debe dejar paso a una naturaleza nutridora de vida, significando cultura, buen vivir, arte de vivir. La objetivación casi tautológica de las bondades del modelo científico empírico-pragmatista, cuantitativo-tecnocrático y utilitario, ha hecho peligrosa abstracción de otros valores; los relaciones con el mundo de lo sensible, lo cualitativo, lo artístico, lo creativo; valores, por cierto, más ampliamente distribuidos entre los miembros de nuestra especie que los otros, que son patrimonio de un sector de los seres humanos muy restringido numéricamente. Esos valores, tan intrínsecos al ser humano, no son simples anécdotas, irrelevancias o distorsiones para un buen y correcto enfoque del entorno-hogar de nuestra especie. No pueden ser “convidados de piedra” al foro de las problemáticas y resolúticas ambientales. Sería como renunciar a un potencial tan extendido como seres humanos y culturas son y han sido multisecularmente.

La conformación de un sentir, mirada o sensibilidad ambiental, cuyas implicaciones epistemológicas han sido identificadas bajo el paraguas de lo que se conoce como “paradigma ecológico”, precisan, de forma perentoria, superar la confrontación que afecta a las dos “grandes” culturas: la cultura científico-técnica y la cultura humanística y de las artes. A priori, ciencia y arte designarían dos categorías o dominios distintos en el modo de acercamiento al entorno y en la forma de representar la realidad. La ciencia aporta la condición objetiva del mundo natural y el desarrollo de teorías que expliquen los hechos que allí suceden (Gould, 2007). Por su parte, las artes y las humanidades plantean cuestiones éticas y estéticas sobre la moralidad, el estilo y la belleza (Gould, 2007), así como condicionan decisivamente la difusión de valores sociales y de modelos de vida (Antúnez, 2002). La ciencia demuestra claramente las patologías de cierto modelo de progreso, dándonos información sobre la destrucción ambiental que amenaza nuestra especie. Puede proponer a partir de sus diagnósticos, vías alternativas “más sostenibles”. El arte puede y debe también hacer explícitas esas patologías a través de los lenguajes que le son propios, y que no son simples banalidades o caprichos, sino verdaderos aldabonazos sobre importantes sectores de nuestra conciencia individual o social. Y, al igual que la ciencia, el arte puede y debe dar salida a nuevas formas de sensibilidad y expresión, que se opongan a estas patologías, codo a codo con los hechos que la ciencia nos muestra. Además, las diversas manifestaciones creativas, como pueden ser las provenientes de la pintura, la literatura, la arquitectura, etc., ayudarían a formar una conciencia ético-política de los

asuntos que preocupan a la ciudadanía (Fernández Buey, 2006), muchos de los cuales son preocupaciones unitarias, comunes a todos los individuos, culturas y grupos humanos. Los problemas ecológicos y el reto de la sostenibilidad forman parte, precisamente, de estas preocupaciones comunes.

Las obras artísticas tienen además una capacidad intrínseca (a veces intencionada) para captar la atención, causar admiración y despertar la parte más sensitiva y espiritual de lo humano. Ello no exime de que sus obras y teorías puedan servir para canalizar una actitud hacia el mundo acompañada, además, de una cierta formación científica. El tomar, como base, unos principios teóricos y criterios en torno a ciertas cuestiones primarias y casi axiomáticas sobre la sostenibilidad, no tiene por qué coartar la expresión libre de un pensamiento o una manifestación artística hacia el mundo. Es un absurdo pensar que el reto ecológico nos conducirá a la austeridad y la homogeneidad cultural. Es más, esta es la manera a la que no has habituado el modelo de progreso actual: pensar que todo ha de estar estandarizado, para ser fácilmente banalizado y mercantilizado. Más bien, generará lo contrario: la sostenibilidad plantea limitaciones, pero también da pie a multitud de posibilidades, alternativas y propuestas, por lo que ayuda a agudizar el ingenio artístico y adaptarlo de la mejor forma posible a cada contexto. Como afirma J. K. Grande: “la diversidad cultural puede mantener mejor la variedad biorregional y los recursos cuando no resulta asimilada y homogeneizada” (Grande, 2005: 21)

Dado lo cual, el trabajo conjunto e interrelacionado de ambas culturas debe servir para llegar a conformar una “tercera cultura” (Fernández Buey, 2006; 2013), entendida como un nuevo nivel en el que la cultura científica y la humanista, estén unidas e integradas para responder a propósitos comunes, como puede ser el mismo del reto ecológico. El reto ecológico, pues, demanda una coalición entre ciencia y arte de forma equilibrada, en la que cada ámbito del saber ofrezca aportaciones útiles para los problemas de hoy en día. Es lo que S. J. Gould denomina: “una consiliencia de igual atención que respete las diferencias inherentes, reconozca el mérito comparable pero distinto, comprenda la necesidad absoluta de ambos ámbitos para cualquier vida que se considere intelectual y espiritualmente plena y busque resaltar y alimentar las numerosas regiones de superposición real y preocupación común” (Gould, 2004: 312).

¿Por qué si hablamos de ampliar la mirada sobre las cuestiones ambientales no comenzamos a hablar también de cultivar la sensibilidad, de apostar por la belleza, de valorar la creatividad…? La vida puede ser arte, y no puede haber arte de vivir que merezca tal nombre que eluda cuestiones como las que hemos intentado esbozar hasta el momento.

5. Sulayr: un “itinerario” poético para concienciar y ampliar la mirada sobre el medio ambiente y Sierra Nevada

Sulayr, en las propias palabras de sus mentores, es a la vez evocación y puerta al futuro. Evocación en cuanto rinde homenaje a quienes durante siglos poblaron Sierra Nevada y dejaron muestras inequívocas de sabiduría en relación a la montaña. Guiados por este compromiso, se ha pretendido recuperar decenas de kilómetros de antiguas veredas, vías pecuarias, caminos de herradura, etc. El sendero se ha diseñado con especial esmero y cuidado y se ofrece como un ejemplo en la línea de los objetivos del Plan de Desarrollo Sostenible aprobado por el Consejo del Gobierno Andaluz en el año 2004. La planificación del sendero pretendió no sólo una práctica segura del senderismo o la puesta en valor de diversos equipamientos de uso público existentes en el macizo (centros de visitantes, aulas de naturaleza, jardines botánicos, etc.) sino que intenta sensibilizar a través de un adecuado uso público de Sierra Nevada acerca de los enormes valores geomorfológicos, biogeográficos, paisajísticos… de nuestro emblemático Parque Nacional.

Por consiguiente, Sulayr se ha planteado como un eje vertebrador de la red básica de senderos de Sierra Nevada y un símbolo de la alianza entre figuras distintas de protección (Parque

Natural y Parque Nacional), de dos provincias, Almería y Granada, seis comarcas y sesenta municipios. En definitiva, Sulayr pretende un encuentro armónico entre el ser humano y la montaña. Siendo Sulayr muchas cosas (ruta natural, oferta de ocio, recorrido etnográfico, referencia cultural, producto turístico,…) nos parece pertinente traer a colación las obras a que hace referencia este trabajo, como forma para recordar la necesidad de incrementar la posibilidad de "lectura" y "mirada" sobre los valores nevadenses a través del lenguaje poético.

Ambos poemarios se concibieron como un acercamiento a estas montañas desde la reivindicación de la belleza a través de la conjunción de poesía y fotografía, en el primer caso, y de poesía y pintura, en el segundo, como vehículo de conocimiento y sensibilizaciónde la naturaleza. Ambas obras sirvieron para intentar llamar la atención sobre en qué medida los lenguajes artísticos pueden ser de una gran pertinencia y eficacia en aras de ese cambio de perspectiva del que tan necesitados estamos como seres humanos del tercer milenio, tanto a nivel individual como social. También el arte, la poesía en este caso, puede colaborar al establecimiento de formas de percepción, diálogo y convivencia con la naturaleza de la que surgimos y dependemos. Naturaleza lamentablemente oculta por una peligrosísima ceguera que nos aleja, con obstinación suicida, de las fuentes nutricias de nuestra existencia como especio o, incluso, de nuestra sociedad civilizada.

Afirmaba Herbert Marcuse en su obra "La dimensión estética" que la belleza pertenece a la imaginería de la liberación. Sierra Nevada presenta incuestionables ejemplos de belleza tanto en sus dimensiones más puramente naturales, como en su patrimonio cultural ¿Y en qué sentido esta belleza puede resultar liberadora? ¿De qué deberíamos liberarnos a través de la experiencia estética? Pues, antes que nada, de esas visiones estrechas del "hombre unidimensional" que el propio Marcuse denunció hace tiempo. Ser humano seccionado y dividido vivencialmente entre el que piensa, el que siente y el que actúa. Seres humanos y sociedades que, detrás de una aparente pantalla de bienestar y desarrollo material, asisten impávidos a la destrucción no sólo de la belleza sino, como indicábamos antes, de las fuentes nutricias para la vida humana. La crisis ecológica o, dicho de otra manera, la destrucción del entorno, se ha erigido en un claro síntoma de la prepotencia de una cierta "lógica" tecnoeconomicista, anémica de conocimiento, sabiduría y moralidad, para la que la naturaleza es una variable residual, salvado su uso utilitario y demasiadas veces destructivo, como fuente de beneficio económico.

¿Qué pueden hacer contra esa "lógica", someramente descrita, las propuestas desde visiones que parten de la sensibilidad y la estética? Pueden;deberían- abundar en el cultivo de una cultura humana más respetuosa con la inabarcable panoplia de posibilidades y respuestas que la naturaleza nos brinda. Porque el problema ambiental precisa de soluciones científicas, técnicas, políticas, etc., quién lo duda, pero reclama, también, como condición previa, un cambio cultural de profundo calado. Efectivamente, una sociedad que vive ajena al conocimiento del valor insustituible de la naturaleza, no puede llamarse, en nuestra opinión, civilizada. Y no basta el conocimiento. Necesitamos urgentemente cultivar y aplicar también el cultivo de la sensibilidad como vehículo que coadyuva a unos más cualificados conocimiento, conservación y disfrute de nuestro patrimonio natural y cultural.

El lenguaje poético permitiría, en este objetivo, fomentar una actitud ante el mundo y la vida. Boecio hace muchos siglos animaba a la consolación por la filosofía. Si la filosofía como actitud crítica, reflexiva y de "amor por la sabiduría" ante los avatares de la vida, nos puede servir de consuelo, el amor a la vida podría resultarnos una necesidad y no sólo como consuelo, sino como fuente de una plenitud irrenunciable e insobornable (véase, al respecto, el poema final que cierra "Sulayr, los pinceles de la luz"). Ese amor a la vida no debería entenderse como ajeno a nuestra capacidad de acercarnos a la naturaleza con renovados y ampliados campos de visión y vivencia. Vivir la naturaleza desde la inmersión en medios y paisajes, especialmente importantes bajo tantos puntos de vista como es el caso de Sierra Nevada, constituye a mi

modo de ver, una oportunidad única para ese cultivo y ampliación de nuestra perspectiva sobre lo qué es la naturaleza. Sobre lo que significa, nos ofrece, muestra o da. Si la naturaleza es nuestra casa desde hace cientos de miles de años, en los lugares en los que se muestra en todo su esplendor y singularidad encontraremos motivos para el deleite, pero, también, para entender los porqués de la conservación y el respeto ante la misma y, asimismo, nuevas "razones" para denunciar su destrucción.

6. Poemario: "Sulayr: Los caminos de la luz" y "Sulayr: Los pinceles de la luz"

Los textos poéticos que ahora se ofrecen, corresponden a los libros antes mencionados, profusamente ilustrado con fotografías, "Sulayr. Los caminos de la luz", y con ilustraciones realizadas originalmente en acuarelas de Sierra Nevada, "Sulayr. Los pinceles de la luz", de una alta calidad y nivel de representatividad sobre los distintos ámbitos paisajísticos de Sierra Nevada. La elaboración de ambos libros supuso una oportunidad única para un diálogo entre el autor de los textos y el autor de las fotografías, en el primer caso, Manuel Román, y la autora de las pinturas, Miriam López-Burgos, en el segundo. En esa misma simbiosis aparecen experiencias y valores nada despreciables para los amantes de la Naturaleza y, más en concreto, para los profesionales del estudio de los distintos elementos del medio natural.

La estructura del primer poemario, correspondiente a "Sulayr. Los caminos de la luz" constituye un viaje en cierto modo imaginario, pero real, dado que los textos fueron escritos a través de múltiples caminatas y excursiones por Sierra Nevada, en que esta se erige en interlocutora privilegiada para un acercamiento y diálogo profundo con la Naturaleza. El poemario comienza con un largo poema en el que se resume el impacto emocional que la Naturaleza produce en el espectador atento. Ese deslumbramiento panteísta, supone el punto de partida para un recorrido a lo largo de una serie de poemas cortos que resumen distintas impresiones, testificadas poéticamente, a partir de multitud de vivencias en la montaña. Después de ese viaje imaginario, dos largos poemas, "Silencio de cumbres I y II", constituyen el momento de introspección en el que el viajero "metaboliza" racional y sensitivamente toda la experiencia del contacto directo con la montaña. La serie de poemas acaba con una reivindicación vitalista del proceso de iniciación a la vida y la naturaleza que el recorrido ha provocado.

La estructura del segundo cuerpo de poemas consta de un soneto inicial, un largo poema final, y como cuerpo central, una sucesión de treinta haikus. La opción por el haiku como forma casi exclusiva de este poemario se debe, en primer lugar, a las propias características que brinda una forma poética cuyos condicionantes canónicos, tanto en el número de estrofas (tres) como en la métrica (cinco-siete-cinco sílabas) constituye todo un reto para la expresión poética. Reto que se corresponde muy bien como forma de expresión poco intermediada o condicionada, para bien o para mal, por una mayor prolijidad o extensión de los versos. En ese sentido, el haiku parece una buena forma de testimoniar lo que la naturaleza produce en el observador que la percibe y vive y que, después, expresa la sensación "desapareciendo" del poema. La otra razón es más personal, ya que ha constituido una de las formas de expresión poéticas preferidas y que ha acompañado, precisamente, muchos de los múltiples paseos del autor del poemario por Sierra Nevada. En efecto, todos los haikus se compusieron de manera directa paseando por Sierra Nevada.

7. Conclusión

Nuestro itinerario que parte de una realidad localizada y localizable como Sierra Nevada, trasciende estas coordenadas geográficas y propone una lectura y reflexión más amplia sobre el papel de la naturaleza en la configuración de lo humano. Se sugiere escuchar y mirar, oler, tocar, reflexionar o sentir desde una actitud que es informada y racional, pero que no se queda ahí, sino que enriquece las visiones objetivas sobre la propia naturaleza con ese acercamiento desde la sensibilidad, la afectividad y el contacto directo con la naturaleza. Las montañas, y más

si cabe, un espacio de tanta relevancia como Sierra Nevada son un vehículo privilegiado, en nuestra opinión, para la aparición y consolidación de una verdadera cultura ambiental que sea un antídoto eficaz frente a las actuales y vigentes tendencias destructoras de nuestro entorno, a las que podrá sobrevivir la naturaleza pero no el ser humano. Y, en definitiva, y antes que nada, nuestra propuesta es una invitación a recorrer Sierra Nevada recreando en vivo lo que estas obras ("Sulayr I" y "Sulayr II") sugieren.

Referencias bibliográficas

- Antúnez, J. R. (2002). "Ciencia y Arte: laberintos y senderos hacia la sostenibilidad". En Novo, M. (coord.): *Ciencia, Arte y Medio Ambiente* (131-142). Madrid: Mundi-Prensa.
- Boecio. (1999). *La consolación de la filosofía*. Madrid: Alianza.
- Fernández Buey, F. (2006). "Ideas en torno a una tercera cultura (ciencia, tecnologíay humanidades para el siglo XXI)". En Riechmann, J. (coord.): *Perdurar en un planeta habitable. Ciencia, tecnología y sostenibilidad* (363-389). Barcelona: Icaria, Barcelona.
- Fernández Buey, F. (2013). *Para la tercera cultura. Ensayos sobre ciencias y humanidades*. Barcelona: El Viejo Topo.
- Gould, S. J. (2004). *Érase una vez el zorro y el erizo: las humanidades y la ciencia en el tercer milenio*. Barcelona: Crítica.
- Grande, J. F. (2005). "Introducción. Fiel a la naturaleza". En Grande, J. K. (coord.): Diálogos Arte Naturaleza (15-28). Teguise: Fundación César Manrique.
- Hernández del Águila, R. (2002). "La mirada ambiental: entre la Ciencia y el Arte de vivir". En Novo, M. (coord.): *Ciencia, Arte y Medio Ambiente* (175-194). Madrid: Mundi-Prensa.
- Hernández del Águila, R. (2007). *Sulayr, Los Caminos de la Luz.* Granada: Editorial Penibética.
- Hernández del Águila, R. (2009). *Sulayr, Los Pinceles de la Luz*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Signatura Ediciones de Andalucía.
- Marcuse, H. (2007). *La dimensión estética: crítica de la ortodoxia marxista*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Marcuse, H. (2010). *El hombre unidimensional*. Barcelona: Ariel.
- Mosterín, J. (2003). "El espejo roto del conocimiento y el ideal de una visión coherentedel mundo". *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, nº 1 (1), pp. 209-221.
- Tarnas, R. (2008).*Cosmos y psique: indicios para una nueva visión del mundo*. Girona: Atalanta.
- Toro Sánchez, F. J. (2011). *Crisis ecológica y Geografía: planteamientos y propuestas en torno al paradigma ecológico-ambiental*. Granada: Editorial Universidad de Granada.

POEMARIOS

"Sulayr. Los caminos de la luz"

I PARTE: SOLO DE LUZ

"Luz, más luz"
Goethe

Solo de luz.
Brillo húmedo
de vida paciente
e incesante viento.
Solo de luz.
Aunque pájaros trinen
y hojas en verde
nos muestren su sangre.
Solo de luz.
Y sí,
que los vientos renuevan los valles
y limpian las cumbres.
Solo de luz.
¡Que miles de sendas
abran caminos
a brisas, huracanas y calmas!
Solo de luz.
Cuando paso tras paso
pulmones henchidos
se nutren de plantas.
Solo de luz.
La luz de los cielos,
la piel transparente
del agua que danza.
Solo de luz.
Y sí, que hay olores,
recuerdos, sudores,
sed, pasiones y llanto.
Pero solo de luz.
Luz y solo de luz.
Silencio luminoso
en verde y agua.
Silencio de montaña iluminada.
Valle y agua.
Paso y paso.
Solo de luz.
Y humedad, tierra,
pájaro, lodo, piedra,
río, espesura, airea y más aire.
Pero solo de luz.
Que son luz los torrentes,
los brotes nuevos,
el reverdecer del mundo,
el abandono vivo,
el paso tras paso
el dulce silencio.
Que es luz
esta llama inflamada
de agua fresca,
roquedal y garganta.
Solo de luz.
Solo luz
en los leves quejidos de la brisa,
en la abundancia
de las aguas despeñadas,
en la montaña
que aguarda nuestros pasos.
Hoy la luz lo es todo.
Sin medida ni razones,
deshaciendo velos,
inaugurando espacios trasmutados de luz,
transidos de otros cantos.
Cantos de luz absoluta,
cuando silencio, agua
y verde manto
son también, ante todo, luz.
Solo luz
Solo de luz.
Solos en compañía de la luz.
Armónica, serena luz.
Vida inspirada en la luz,
cuando el recuerdo
funda mundos nuevos.
Cuando se desvela el presente y el futuro
no es ya sólo sueño.
Palabra, sensación,
pensamiento y latido
que acaricia las hojas,
las flores, las montañas.
Compartida soledad
en el solo de luz.
Descubrimiento de luz
entre abismos escondidos.
El camino,
la montaña que nos llama.
Anhelo de paraísos.
Frutos de luz.
Luz de hojas verdes,
caminos y barrancos.
Aromas de luz,

espinos de luz,
simas y montes de luz,
polvo, piedra, barro de luz.
Suprema sobriedad ebria.
Es solo de luz.
Primordial y único desvelamiento:
la luz no es sólo
la luz.
Es solo de luz sinfónica,
acompasada, preñada,
empapada, acompañada de todos los seres,
materias, colores,
manifestaciones, sonidos y formas.
La luz es reflejo,
condición y respiración del mundo.
De nuestro al fin mundo.
De este real mundo.
Lucidez exhausta,
cansancio agotador y claro
que se sumerge en la luz.
Es luz, solo luz.
Solo de luz
toda la fuerza del mundo:
Aromas, sonidos y silencios,
hojas, manantiales, valles y montañas
la alimentan.
La arropan, la son.
Nuestra piel, nuestros ojos,
nuestros pasos,
tantas infinitas travesías,
son manantial de vida iluminada.
Aires, valles, flores,
cascadas y remansos,
sudores, roquedales y gargantas,
compañeros de viaje
en la luz.
¡Detengamos espacios y momentos!
Es la hora de la luz.
Solo la luz.
Solo de luz.
Una nada, puro gozo.
El latido amigo
aire y más aire,
las pupilas insaciables,
luz, más luz.
La piel, la víscera
que nos alimenta y transforma:
todo palpita y admira,
se adentra en la luz.
Todo es la luz en este silencio
que sabe a planta,
que suena a pájaro,
Se detiene el aire,
y el fuego
se inflama
de manantial fresco.
El cuerpo penetra,
confiado y sereno
en la armónica certeza
de la luz.
Todo es solo de luz.
Montaña lejana hecha de luz que
entre pájaros,
brisa, manantiales
y vida encarnada en verde planta
nos hace soledad múltiple,
silencio compartido,
vibración inacabable,
núcleo de vida que no cesa.
Somos suave presa de la evidencia.
Todo se funde en la luz,
todo penetra en la luz.
Descubrimos, admirados y absortos,
que somos instrumentos de luz.
Nuestras miradas y pasos
son notas de una canción grande,
misteriosa y ancestral
de la que la luz
es símbolo,
manifestación y certeza.
Fusión viva.
Solo de luz.
Nuestro aire es la luz,
la brisa es la luz,
nuestra piel es la luz,
el agua es la luz.
¡Ya sentimos
el porqué de las cosas!
Nos paramos en silencio
a recibir la sonrisa del valle.
Nos detendremos otras veces
ante nuevas fuentes y desiertos,
llanuras y montañas.
Serán otros caminos, otras dichas.
Otras lágrimas y risas,
pensamientos y pasiones,
espinas y rosas.
Otras manifestaciones de luz.
Desvelamientos de solo luz.
Luz.
La luz.
Montaña hecha de luz.
Todos los caminos por recorrer.
Un camino por hacer.
Siempre en la luz,
desde la luz.
Presente y eterno solo de luz.

II PARTE: EL CAMINO

I
Sencillez.
Armonía. Camino, el agua.
Cielo roca.
Roca cielo, y basta.
Tarde fresca,
la montaña

II
Subir en los brazos
de la brisa ancha.
Paso firme y frágil.
Cuando la montaña es cielo
Y el esfuerzo la respuesta.

III
El camino.
Único en su soledad
de roca y espino.
Insobornable

IV
Nostalgia del verde líquido
en la pura, dura roca.

V
La vida.
Todo el amor a la vida en un recodo.

VI
Grandeza.
Y más grandeza.
Dejad que repita lo sentido.
Que os envuelva
en tantos tópicos.
Palabras de águila,
de atardaceres,
de amor al aire libre.
Grandeza.
¿Por qué no volverlo a recordar?
Grandeza y más grandeza.

VII
Un hombre, la montaña.
El afán sin exigencia.
La recompensa en cada verso.
Paso a paso, cada hombre.
Paso a paso, con el cielo.
Hecho uno.
Cresta dura,
paso a paso.
Sin descanso.
Cresta fértil, cielo amplio.

VIII
¡Detener el tiempo si pudiera
la milenaria roca hecha paso!
¡Si todo el tiempo fuera
esta victoria del azul en cielo raso!

IX
Cielo ancho, gozo cierto.
Calma enorme en el roquedo.
Gracia eterna de la brisa.
Alta tarde, todo aire.

X
Brisa oculta entre las lajas.
Dorados resplandores.
Escaleras de esmeralda
hacia el cielo,
rompiendo;agua viva-
la oscuridad densa
de la montaña vieja.

XI
Tesoro desvelado en
la sencillez inagotable
de un paisaje que
acaricia y embriaga.
Borrachera, sí,
para el alma seducida
por la piedra atormentada.
Inagotable borrachera,
por un cielo
tan irreal como certero.

XII
¡Cuántos valles y crestas
que pasaron de la indiferencia
a la existencia por esta hondura
apasionada
que hiende el alma!
¡Qué misterio desvelado
que hizo
del olvido y la ceguera,
pasión deslumbrada!

XIII
Plenitud de amor,
disuelta al calor
del día insomne.
Al cansancio, al dolor,
al agua ausente.

XIV
¿En qué rincón ausente
de la razón o la locura
se escondía este silencio que
brama evidencias?
¿O dónde la luz desnuda
que copula con la línea
metálica y despiadada
de estas ciclópeas montañas?

XV
Montañas y valles,
cielos y tierra,
sombras y luz.
¡Cuánta belleza sin nombre!
¡Cuánta evidencia sin pedantería!

XVI
La tarde en la montaña.
Soledad.
Sabor a sangre, sudor fértil.
Miradas y caricias
del aire.
¡Clamor incorruptible de la vida!
¡Placer irrefrenable sin explicación
ni límite!
La montaña y la tarde
en su locura.
¡Derroches de soledad despeñada!

XVII
Nada es banal en estas cumbres.
Desde estas cumbres.
¡Que se cierren las puertas
a toda insinuación
de vida hueca!
Abrir los ojos
y, atrapando los aromas
del paisaje placentario,
recibir el alimento
a nuestra condición humana.
Contemplar.
Humana condición.
Abrirse.
Amar la vida.
Guardar silencio.
Respirar y ser.
En estas cumbres.
Desde estas cumbres.

XVIII
Alegrías de ser.
Alegrías del ser.
Ser alegría siempre.
Con las montañas,
los caminos y
las luces de la tarde.
Montañas, caminos y tarde
inagotables, proteicos testigos
de la alegría.

XIX
Abrumadora visión.
Inobjetable certeza de que algo incontrolado
pugna desde muy adentro
por salir a respirar
tanta hermosura.

XX
Respiración de luz,
aspiración de cimas.
Sentidos vivificados.
Aire piedra,
piedra fuego,
agua, agua.
El deseo de agua
¡Siempre la elocuencia
de la espera, el agua!
Anhelo de lágrimas
para esta visión de águilas.

XXI
Mundos de adentro, ocultos,
tan locos de amar
tanto la vida, este instante,
la montaña:
¡Salid presto al aire libre!
¡Besad al mundo!
¡Acariciad los aires!
¡Sentid que el tiempo
no pasa en balde!
El tiempo de la vida es
este instante, la montaña.

XXII
¡Bendita confusión!
Los latidos del corazón
son el *tic-tac* del mundo.
El reloj, estas montañas.

XXIII
Esfuerzo, dolor,
sudor y corazón extenuado.
Respiración desbocada
seducción de montañas
el beso amado
de la tarde tenue.

Abrazos de la brisa inesperada.
Manantial desbordado del ser.
En la frondosidad adusta
de una montaña infinita.

XXIV
Belleza sin testigos
derroche de armonías
sin cantor.
Exánimes rocas, mudos pájaros.
Cansancio,
vida, sin embargo.
¡Y bella!

XXV
Montaña mundo.
Tarde resplandor.
Paisaje. Horizontes.
Soledad belleza.
Un todo que vacía.
Una nada que llena.
¡Hay algo más
que el día a día
o el otra vez
la misma cosa!

XXVI
¡Vade retro a las palabras!
¡Vade retro, mente parlanchina!
Habla la montaña,
bisbisea la brisa.

XXVII
Aquí;montaña, soledad-
vive otro mundo.
Ajeno a la fabulación
escandalosa y huera,
extraño a un día a día
que reduce e intoxica.
Aquí, de frente,
la poética de un mundo oculto
se hace escandalosa evidencia
en estas montañas insobornables

XXVIII
Descanso en este oasis.
Esta belleza,
Clamor de soledad.
Clamor de lenta tarde,
esta belleza,
un poco de agua, la montaña,
oasis mundo.
Clamor ante los valles.
Esta visión.
El paisaje hecho clamor.
Oasis, soledad, belleza
un poco de agua,
montaña, soledad
¡Clamor resplandeciente!

XXIX
Tesoro desvelado.
Divina claridad
de un paisaje que anonada.
Cuerpo y alma
reducidos a pura piedra
borbotones de tarde fresca.
Los sentidos empapados.
El infinito hecho color,
aroma, luz y viento.

XXX
Se resiste el azul del cielo
a ceder su belleza.
No ceja la luna blanca
en su ofrenda de luz
tan limpia y tan certera.

XXXI
Aroma de niebla.
Jirones de espuma blanca.
Olor de agua fría
hecha musgo en el roquedo.
Grietas y enramadas,
aroma de niebla.
Arisca cumbre
trocada en beso
por un jirón de espuma blanca.

XXXII
La sencillez y la grandeza desmesuradas e indecibles
Paradoja sin salida:
Decir de lo indecible.
Palabras siempre parcas.
Ironía de estas montañas:
Desvelar un secreto indecible,
diciendo.

XXXIII
Tersura de los aires.
Sudor de hielo y fuego.
Dureza despeñada.
El camino, el cielo,
luna blanca…
¡Montaña, más montaña!

III PARTE: SILENCIO DE CUMBRES

SILENCIO DE CUMBRES (I)

Silencio de cumbres.
Grito que rompe los velos
ocultos, de siglos, de tiempos.
Sonido de sangre que hierve,
que danza, que quema, que canta.
Placer de los fuegos que hielan
que rasgan, que abrasan.
Silencio de cumbres.
Purísimo grito que abarca, que ensancha.
Dulcísimo aire que abre el abismo
al ser que pregunta,
que vive, que tiembla,
que llora, que anda,
que goza, que siente,
que muere y renace.
Silencio de cumbres.
Grito tan simple.
Grito, abismo, desgarro.
Frontera, estallido, renacimiento y espacio.
El silencio.
Clamoroso llanto que habla.
Grito placer que es de fuego,
de hielo que abrasa.
Silencio de cumbres.
Cuerpo que hoya,
que muere, que ama, que danza.
Grito tan grande.
Dureza que hiere.
Pureza que rompe.
Clamor de la sangre.
Silencio de cumbres.
La mente tan rota,
el cuerpo sin ansia,
el aire tan grande,
amor sin descanso, medida
ni tasa.
Silencio de cumbres.
Simpleza de un grito.
De un grito de mundos,
de siglos sin velos,
de agua, de rocas,
de savia y de sangre.
Silencio de cumbres.
Un grito que vence,
clemente derrota
del cuerpo
que busca descanso.
Razones, bellezas
de cuerpo y de alma.
Silencio de cumbres.
Grito, purísimo grito.
Derrota, silencio.
Victoria tan plena,
sentidos exhaustos en calma.
Silencio de cumbres.
Hielo de fuego.
Silencio de gritos que acunan.
Misterio de gritos silentes
que nos traspasan.

Silencio de cumbres (II)

Ante la evidencia
del azul inagotable,
silencio.
Frente al sol
que siempre abriga,
silencio.
Silencio ante el silencio
majestuoso y sin límites.
Silencio
ante un regalo
renovado en cada mota de polvo
que juega
con la luz atardecida.
Silencio ante la plena belleza.
Silencio frente a la exigencia,
la nostalgia, la pérdida
y la carencia
que envenenan el alma.
Guardar silencio en silencio.
Silencio frente al silencio.
Guardar cuidadosamente
este silencio
que nos da la luz,
la paz,
la belleza nueva de la tarde.
Frente a los paisajes
de esta sierra y del cielo atardeciendo,
este precioso silencio.
Frente a estos aires y montañas,
mimar el silencio.
Carne, hombre, montaña
cara a cara.
Retener estas montañas,
esta felicidad renovada.
Lealtad a un ayer
que sigue siendo hoy.
Silencio ante el buen recuerdo,
realidad gozosa

en esta tarde tan amplia.
Luces, paisajes. La montaña.
Silencio.
Regalo de este silencio.
¡Este silencio!
¡Que callen otros recuerdos,
añoranzas, abandonos y quimeras!
Que canta ahora el silencio
otras melodías.
Música otra del silencio
que nos sigue dando vida.
Pura vida, vida mía.
Silencio ante otro silencio.
Silencio, se vive.
Silencio, la vida vive.
La vida quiere vivirnos.
Silencio.
La vida nos sigue viviendo.
Pura vida
de montañas y entrañas.
¡Vida siempre
del silencio
que nos muestra!
Vida mía.
Inagotable locuacidad
del silencio.
Silencio en la montaña.
Silencio de estas montañas.
Silencio grávido.
Este silencio.

IV: PARTE: CODA. VITA VALET

VITA VALET

I – Obertura

Pasan las imágenes
de aquellos días.
Siente el alma la llamada
que habla claro desde la lejanía.
Cercana lejanía
de los años infinitos.
Inacabables de montaña,
horas e instantes.
Una voz repite
Que mereció la pena.
“Valió la pena
vivir aquellos días”,
repite incansable la llamada.
Asombrado y asombroso regalo.
De un sueño en la montaña.
Fuimos espectadores y actores
de un sueño.
Inabarcable guion
de aquellos días.
Remembranza de himnos
del cielo y la tierra
en la montaña.
Verdor amanecido.
Imágenes. Recuerdos.
Valieron la pena
los certeros y precisos días.
Insomnes montañas,
guardianas de la belleza
y el entusiasmo.
Valedoras perennes
del amor a la vida.
Ni frontera ni reglas.
Las montañas.
Y valió la pena.
Aún rezuman
los manantiales del alma.

II – Intermedio

Sucedió en el silencio y la espera.
Toda la luz del mundo
por testigo.
Hoy, cuando
-convaleciente la mente
y quieto el corazón-
las imágenes del sueño
son recuerdo vivo.
Hoy, parada y fonda,
en el transcurrir
acostumbrado
de los días y las cosas.
Hoy, cuando las imágenes del sueño
encuentran su lugar
y llaman sin permiso
a las puertas del ahora.
Hoy, esas imágenes
resultan ser
respiración posible del mundo.
Hoy, también hoy.
Hoy, la transmutación enfebrecida,
los roquedos y las aguas,
los silencios y el cansancio,
la luz y el abrazo de la brisa,
los vendavales y las calmas.
Hoy también
el ansia de una vida

que camina sin descanso.
Hoy entrechocan y se besan
las imágenes, la carne,
el aroma y el verso.
Fusión de tiempo y espacio,
imágenes y sueños.
Pensares y sentires.
Toda la luz del mundo
como testigo, en el silencio
y la espera.
La montaña hoy,
ayer y siempre.

III – Tema

Valió la pena vivir así.
Ver huir a las dudas monte arriba
y despeñarse.
A la confusión, saltar
hecha añicos en cada gota
del manantial errante.
Volar con los pájaros,
valió la pena.
Y encrespar la carne,
la mirada absorta
y el temblor amante.
La vida así,
valió la pena.
Metamorfosis,
alquimia inagotable
de los días.
Imágenes que hablan alto:
¡Valió la pena!
Imágenes y recuerdos encarnados
en lo que hoy como ayer,
como siempre,
fue tan grande.
Valió la pena
el camino en la montaña.
Sin tregua ni descuido.
Cuentagotas del tiempo,
reloj imparable
de las aguas que aquietaron
nuestra sed
en los recodos yermos.
Sed de ser
con la montaña.
Hojas de un calendario
Perpetuamente renovadas.
Manantiales incansables
para el alma.

IV – Finale

Vita valet.
La vida que vale la pena.
La vida
-nuestra vida más nuestra-
fue de la montaña.
Resistió los ladrones envites
de la desesperanza.
Pasan las imágenes
de aquellos días.
¡De tantos días!
Las imágenes desmesuran ojos,
enloquecen sentidos,
enfebrecen el alma.
En silencio,
gota a gota con las fuentes,
aire a aire con las crestas,
luz a luz con los recodos,
razón y sentimiento hablan.
Palabra a palabra,
la memoria y el ahora,
el ayer como el mañana,
sellan sus pactos de sangre.
La montaña es su testigo.
Esponsorios de roca, cielo y agua.
La vida,
la vida más nuestra
entona melodías,
oraciones
y mantras:
Mereció la pena. Mereció la pena.
Merecerá la pena.
Merecerá la pena.
Vita valet.

“Sulayr. Los pinceles de la luz”

SONETO A SIERRA NEVADA

Mil gracias derramando
Pasó por estos sotos
Con presura
San Juan de la Cruz

En la quietud de la piedra escarpada
se remansa de otoño la mañana.
Y mientras se aleja la inquietud vana
se posa tenue el aire en la enramada.

Mirada sin ira en ti sosegada
que en tristes lamentos ya no se afana.
Reposo y luz que mi camino allana,
dulce armonía del alma callada

Divino regalo, cumbre desierta.
Gorjeos ocultos de aguas que manan.
Pleno gozo de mañana despierta.

Cumbres de Sierra Nevada que allanan
caminos tan parcos de vida incierta.
Fuentes de calmos silencios que sanan.

HAIKUS

Uno

Sierra Nevada.
Pasos, dibujos, versos.
Pincel de luz

Dos

Vuelo de águila
Una estela callada
Un ojo atento

Tres

Cada parada
Agradecido amor.
Saciada espera

Cuatro

Las casas solas
Belleza despeñada
Hacia el abismo

Cinco

Todo quietud
Los pueblos se insinúan.
Las piernas cantan

Seis

El sol esquivo
Rompió el velo de niebla.
Paisaje inmenso

Siete

Mirada limpia
Luz que abraza los huertos
¡Hermosas nupcias!

Ocho

Aromas tiernos
Se derrama la vida
En las cascadas

Nueve

Montaña oculta
La promesa de nieve
Veladas nubes

Diez

Grito insumiso
Borbotón de montañas
Silencia amante

Once

Juegos de agua
Otros mundos posibles
En cada gota

Doce

Paisaje aroma
Paisaje, hueso y carne
Paisaje tacto

Trece

Color de flores.
Palabras de un dios libre
En cada pétalo

Catorce

Mirada inquieta
Alimenta el paisaje
Indaga el alma

Quince

Pura luz blanca
La nieve sin frontera
Reina el invierno

Dieciséis

Alta montaña
Grandeza apasionada
En cada cúspide

Diecisiete

Fresco regato
Las aguas despeñadas
Lúcidas lágrimas

Dieciocho

Montañas ásperas
Estéril abundancia
Maná secreto

Diecinueve

Noche estrellada
La nieve refulgente
Lecho de plata

Veinte

Brillo de hielo
Exorcismo de luz
Glaciar capricho

Veintiuno

Los altos prados
Melodías de color
Verdes estrofas

Veintidós

Cae la nieve
Una promesa de agua
En cada copo

Veintitrés

Cantan los pájaros
Habitan el secreto
De la mañana

Veinticuatro

Grises y verdes
Color de agua oculta
Olas sin mar

Veinticinco

Fresca ladera
Beso de aire y prado
Pulmón de tierra

Veintiséis

¡Calla palabra!
Respira tierra fresca
¡Huele palabra!

Veintisiete

La vida bien temperada
Las montañas de música
La tenue brisa

Veintiocho

En lontananza
Los colores del cielo
Dibujan pájaros

Veintinueve

La dulce calma.
Respiración profunda.
Aire que sacia

Treinta

Adiós palabra
Los aires perfumados
Pincel de aire

DE PLENITUDINEAMOREVIATE
COPLAS

Prólogo:

"Yo no supe dónde estaba,
pero cuando allí me vi,
sin saber dónde me estaba,
grandes cosas entendí;
no diré lo que sentí,
que me quedé no sabiendo,
toda ciencia trascendiendo"

San Juan de la Cruz

Luz esquiva y oculta
De misterios embebida,
Afanoso fin resulta
Al empujarnos la vida
A gozarla enfebrecida,
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Si una brisa anaranjada
Acaricia nuestra frente,
Rota el alma y arrasada,
¿Cómo escuchar a la mente
Si suena el ser diferente
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Claros cantan los sonidos
De dulzuras empapados,
Al haber amanecido
De caricias arropados
Y en silencios traspasados
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Derribada la defensa
Que ocultaba al sol naciente,
Rota al fin la muerte tensa,
Por las venas fluye hirviente
El gran canto sonriente,
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Es dulce pues abrazar
Los colores de la aurora,
Lienzos de aire trazar
En el sol que al cielo dora
Y fría llama atesora,
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Roto al fin el sinsentido
De tanta palabra hueca
Y paraíso mentido,
Hila la vida en su rueca
Francas bellezas sin mueca
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Que pronto hiere el amar
Cuando el silencio domina
Nuestro simple caminar
Y la vida nos fulmina
De un placer que no termina
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Es el amor a sentir
Suaves besos de la brisa
Guía firme en el vivir
La plenitud llana y lisa
De amaneceres sin prisa
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Llama de bosque encendido
Por fuego de agua mansa,
En tierra fértil prendido;
Gozo en el que se remansa
La inútil lucha que cansa
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

La más suave y firme brida
Da sentido a nuestras penas.
Es el amor a la vida
La sangre de nuestras venas
Que disuelve las cadenas
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Sutil canción del destino
De inútil ruido acallado,
Otrora cruel desatino,
Sonido ahora escuchado
Con nuestro ser ya encontrado,
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Fuego, aire, agua y tierra:
Goce alegre y sin mesura.
Ya el hombre solo no yerra
Hecho uno en la hermosura
De la vida y su ternura
Pasión toda el corazón
Y sin orden la razón

Epílogo

“Este saber no sabiendo
es de tan alto poder
que los sabios arguyendo
jamás le pueden vencer;
que no llega su saber
a no saber entendiendo”

ARQUITECTURA VERNÁCULA DE MONTAÑA; INNOVACIÓN *VERSUS* PRESERVACIÓN

FRANCISCO J DEL CORRAL DEL CAMPO
asis@waterscales.com
Arquitecto, Profesor ETS de Arquitectura, Universidad de Granada

Con la colaboración de:
BAYONA CARRASCO, FRANCISCO
GARCÍA GARCÍA, LAURA
JAIME SEGURA, CRISTINA
MARTÍNEZ SANTOYO, MARIO
SORIA ALONSO, GUILLERMO
VALLECILLOS MOYA, CARLOS
Estudiantes, ETS de Arquitectura, Universidad de Granada

RESUMEN

El maravilloso legado paisajístico, cultural y arquitectónico que la Alpujarra nos brinda, debe ser conservado. La Alpujarra aún es reducto que, gracias a sus cualidades montañosas, se defiende de ser devorada como comida rápida. Aún es escuela de vida, viva. Desde la ETS de Arquitectura de la Universidad de Granada proponemos una enseñanza activa que, aprendiendo de la tradición, facilite al estudiante herramientas de reflexión para construir un futuro acorde a la obligación de estar en acuerdo con el mundo, a su velocidad y, en la medida de lo posible, dentro de su ciclo.

Pensamos que las normas más poderosas caben en unas líneas. Su aplicación podría entonces ser coordinada por gestores emocionales específicos que sepan transmitir la unicidad del valioso patrimonio cultural. Estas líneas podrían resumirse en una suerte de decálogo recogido en el presente artículo.

Palabras clave: Alpujarras, paisaje cultural, arquitectura vernácula, innovación, preservación.

ABSTRACT:

The marvellous legacy of the Alpujarra in terms of landscape, culture and architecture, has to be preserved. The Alpujarra is still a hidden treasure. Thanks to its mountainous qualities has been preserved from its destruction. It is still a school of life. From the School of Architecture of the University of Granada we propose an active teaching learning from tradition. It will give to the student tools for thinking in order to build a future according to sustainability and its speed belonging to the living cycle.

We think that the most powerful normative could just fill some written lines. Its observance should be coordinated by specific emotional managers who could transmit the amazing values of the cultural heritage. These short guidelines could be summed up in the Decalogue included in this paper.

Keywords: *Alpujarras, cultural landscape, traditional architecture, innovation, preservation.*

Todo lo que no procede de la tradición es plagio
I Stravinsky

1. Introducción

El maravilloso legado paisajístico, cultural y arquitectónico que la Alpujarra nos brinda, debe ser conservado. A la Alpujarra, al igual que a la Alhambra, subimos a aprender de la tradición en la creación de un paisaje cultural único. El modelo de gestión basado en una normativa, aún similar a la que ha llegado a permitir que el 80% de la costa española, antes excepcional paisaje mediterráneo, haya sucumbido a la necesidad creada de su consumo, en nuestra opinión, debe ser revisado. La Alpujarra aún es reducto que, gracias a sus cualidades montañosas, se defiende de ser devorada como comida rápida. No en vano fue último baluarte árabe. Aún es escuela de vida, viva. Debe ser mirada y comprendida para ser amada y que pase así a pertenecer al observador, convertirse en su patrimonio. En un mundo globalizado, fomentar la diversidad desde su necesaria complementariedad nos parece fundamental. Quizás tanto como para fundar en la Alpujarra una nueva "Escuela de Paisaje" que base sus parámetros evolutivos en variables humanas diferentes a la habitual normativa que rige el desagravio a lo natural. Quizás el impulso turístico que tuvo el budismo en los valles de Bubión, fuese premonitorio de parámetros de felicidad bruta, y el reino de Bután llegue a resultar cercano.

FIGURA 1
Cadiar. La Alpujarra. Acuarela y lápiz de color

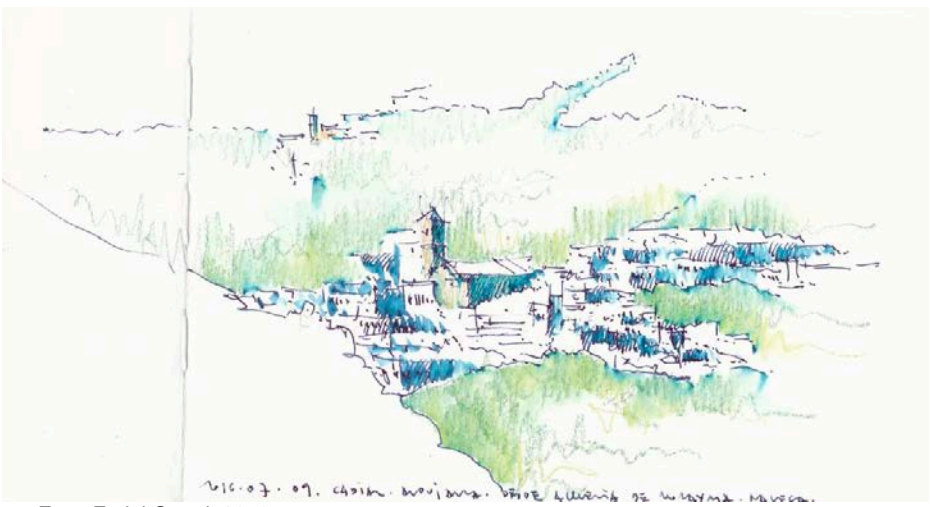


Foto: F. del Corral. 2016.

2. Enseñanza activa

Desde la Universidad de Granada proponemos una enseñanza activa que facilite al estudiante herramientas de reflexión para construir un futuro en consonancia con la obligación de estar en acuerdo con el mundo, a su velocidad y, en la medida de lo posible, dentro de su ciclo. Desde la Escuela Técnica Superior de Arquitectura tratamos de poner en valor la esencia del lugar, su espíritu o *genius loci* y aprender de él para ofrecer propuestas de intervención desde una óptica necesariamente contemporánea, sin plagiar, innovando. Hemos estudiado la Alpujarra, hemos recibido a expertos conferenciantes, la hemos visitado, dibujado y experimentado con todos nuestros sentidos. "La tradición es una impresionante sedimentación de imágenes y no puede inventarse, solo vivirse", explica Juhani Pallasma. Nosotros tan solo hemos tratado de vivir la tradición para, a continuación, dejar "ver" al estudiante.

Yegen, como lugar representativo de la Alpujarra oriental, destino de Gerald Brenan y tantos otros artistas, ha sido uno de los epicentros de nuestra labor. Allí hemos realizado jornadas culturales y hemos compartido con sus habitantes su ritmo e inquietudes vitales. Los estudiantes, tras conocer la figura de un Brenan enamorado de aquel lugar y los lugares donde vivió, han realizado propuestas arquitectónicas y paisajísticas para una nueva casa para un nuevo Brenan, viajero del siglo XXI. Dichas propuestas llegaron a exponerse en la casa que alojó al escritor durante su último viaje de retorno a la Alpujarra. Los trabajos, ilusiones contemporáneas, resonaron alegres entre las paredes añejas de la fonda, guardianas de la esencia alpujarreña.

FIGURA 2
Casa museo Brenan, Yegen, I Encuentro en el Espacio Brenan, 2010

Foto: F. del Corral. 2016.

Durante los últimos años nos hemos centrado en la Alpujarra occidental, más visitada, más conocida, más protegida desde la normativa, pero en plena transformación, a veces degradación, debido al incesante turismo. En los bellísimos paisajes descritos por Pedro A. de Alarcón, como Atalbeitar, Ferreirola o Busquistar, hemos abordado dos temas principales; Por un lado, el encuentro del estudiante con la formalización de sus emociones en relación al medio en que se insertan mediante el trabajo que hemos denominado “mi refugio soñado”. Por otro, la búsqueda de nuevos usos en relación con las poblaciones comentadas y su equilibrado cosido con el presente mediante la propuesta de un “albergue temporal para refugiados”.

El estudiante reflexiona así sobre la innovación estudiando profesionales con reconocidas propuestas de renovación paisajística como el australiano Donald Gray y sus trabajos pretendidamente “edificantes” o el suizo Peter Zumthor, creador de experiencias espaciales y atmósferas intemporales. La reflexión del estudiante parte de un recorrido que comienza con la observación de la antropización del paisaje natural y el uso de la piedra y el agua como materias utilizadas para transformar el paisaje. Prosigue investigando los usos que los lugares alpujarreños proponen y las relaciones humanas que se establecen, y finaliza analizando las sensaciones que construyen la experiencia de sus espacios.

3 Mirada de los estudiantes

Se presentan a continuación textos realizados por estudiantes que han elaborado proyectos en el paisaje alpujarreño, poniendo en práctica el aprendizaje desde la tradición, sobre los temas siguientes:

- -Transformar el paisaje: I Naturaleza / II Agua / III Piedra
- -Usar el paisaje
- -Sentir el paisaje: I Imagen y tacto / II Sonido, aroma y sabor

3.1 Transformar el paisaje I. Naturaleza

El paisaje actual de la Alpujarra se caracteriza por una intensa antropización y un equilibrio entre el aprovechamiento del medio y la conservación de sus recursos. Su geografía montañosa ha facilitado el arraigo de una cultura tradicional y una construcción vernácula de gran interés.

Para comprender el paisaje, realizaremos un breve viaje para descubrir su transformación a lo largo de la historia, desde la última era glacial hasta nuestros días.

Durante la última era glacial, hace apenas 110.000 años, el paisaje natural estaba dominado por bosques de pinares de montaña, hayedos, abetos y abedules. Al finalizar, hace unos 10.000 años, la temperatura ascendió, dando paso a los bosques de encinas, quejigos y alcornoques. Los hayedos se extinguieron en Andalucía, y con ellos los últimos hombres Neanderthal europeos, encontrados en la cueva de la Cariguela, en Piñar. Saltando en el tiempo, los turdetanos construyeron pequeños asentamientos aprovechando las características estratégicas del terreno. Comenzaron a deforestar sus alrededores y a explotar las minas para fabricar herramientas y armas, como las famosas *falcatas*, por lo que provocaron poco impacto ambiental. Los íberos comenzaron a abancalar el terreno, pero es a la llegada de los árabes cuando los bancales se desarrollan en plenitud. A partir del año 1000 a. de C., fenicios y romanos introdujeron la vid, el olivo y el trigo y ampliaron los bosques de castaños, autóctonos de la región.

Durante el dominio musulmán a partir del siglo VIII, las Alpujarras adquieren su verdadero desarrollo. La interacción entre la sociedad y el medio se plasma en un sistema de cultivo complejo que requiere un perfecto conocimiento del terreno. Rasgos de ese sistema son la utilización de laderas abancaladas y una densa red de acequias que distribuía el agua ajustándose a reglas precisas, lo que permitió un gran desarrollo de la arboricultura y la horticultura. En este paisaje agrario, destaca el cultivo del moral y la cría del gusano de seda, llegando a contarse 4.000 telares de seda antes de la expulsión de los moriscos, empleados para fabricar tejidos posteriormente vendidos en mercados como la Alcaicería de Granada, parte de la famosa ruta de la Seda.

Tras su expulsión, se requirió que dos familias moriscas permaneciesen en cada villa para ayudar a los nuevos habitantes, introducidos desde Castilla, y enseñarles la forma de trabajar los bancales y los sistemas de riego. Sin embargo, la repoblación fracasó y los sistemas agrícolas se perdieron, sustituyéndose por ganadería. El paisaje natural sufre una gran deforestación en el XIX debido a la minería, en especial la del hierro. Como ejemplo, en las Minas del Conjuro podemos apreciar la escasez de masa arbórea debido a la gran cantidad de madera requerida para apuntalar las galerías de las minas.

En la actualidad, cuando el visitante pasea por la Alpujarra se deleita ante un paisaje presidido por fuertes contrastes donde se alternan valles con abruptos barrancos, extensos robledales de melojo, castañares, almendros, viñedos y una considerable deforestación. Los pueblos están rodeados por terrenos abancalados que albergan frutales como naranjos, limoneros, manzanos, higueras y hortalizas. Aún quedan moreras en los lugares más frescos, mostrando la huella árabe de la comarca. La ganadería, principalmente bovina, salpica el paisaje, mientras el agua aporta frescura, sonido y vida.

En mi proyecto de curso de "Albergue para refugiados en Busquistar", quise integrar la riqueza paisajística comentada. Una de las zonas de mayor actividad del centro, debía enmarcar el paisaje haciéndolo protagonista. Mi proyecto de "refugio soñado", propone mi encuentro personal desarrollando mi pasión pianística frente al paisaje natural de la Alpujarra. En ambos trato de mostrar como la arquitectura contemporánea puede tener cabida como complemento de la naturaleza en una relación enriquecedora para ambas.

FIGURA 3.
Proyecto "Mi refugio soñado", Busquistar, acuarela,

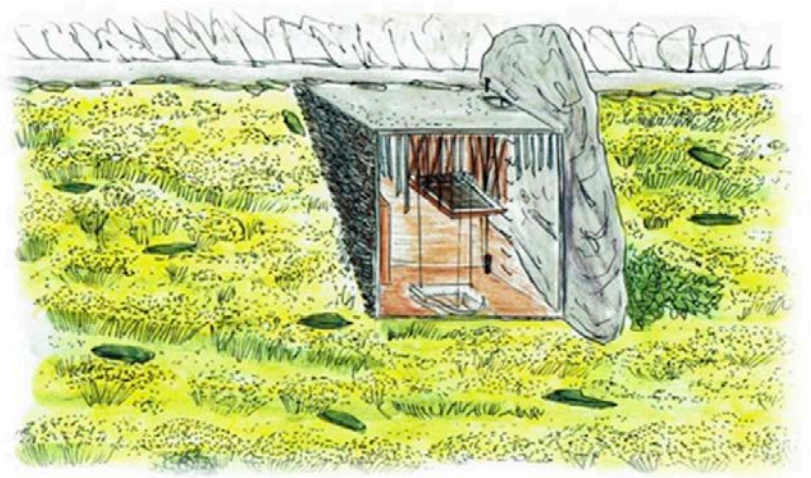


Foto: L. Garcia, 2017.

3.2 Transformar el paisaje II. Agua

En un contexto de consumo excesivo de los recursos donde la ecología y la sostenibilidad se entienden como componentes intrínsecos a cualquier actuación modificadora del medio, es necesario reflexionar y aprender sobre el agua y sus caminos en la Alpujarra. Hay actos que por la naturalidad con que se afrontan adquieren una belleza especial. La relación de las Alpujarras y el agua es una de ellas.

El modo en el que las acequias de careo y resto de infraestructuras hidráulicas conforman y redibujan el paisaje es pura técnica. Esta "forma de hacer", trata de dar solución a un problema muy concreto. Cómo usar el agua que discurre por la ladera en los meses de deshielo.

La solución se dibuja con pizarra, pero también se sirve de la topografía, de la tierra y de su filtración. No se malgasta una sola laja. El líquido fluye gracias a la permeabilidad del terreno y la gravedad, transportándose a una distancia considerable. De este modo, los caminos de agua adoptan la forma de "lenguas vegetales" en la superficie, permitiéndonos intuir por donde discurre el líquido y crean una suerte de "jardín silvestre". Un jardín "artificial" que surge de forma "natural".

La vegetación ligada a estos cursos de agua está representada principalmente por herbáceas, algunas endémicas de Sierra Nevada como la *Aquilegia nevadensis* o la *Digitalis Purpurea* que dan lugar a un entorno húmedo y fresco que hace posible los pastos de montaña o borreguiles, en alusión a su tradicional uso ganadero. Todo este ecosistema, se combina con la las especies de cultivo irrigadas mediante acequias.

El riego y mantenimiento de las acequias es un acto de gran trascendencia que aúna la técnica, una sabia cultura vernácula y el amor al paisaje. Cada camino de agua, además de

presentar características constructivas propias, lleva ligado un ecosistema diferente permitiendo una gran riqueza de fauna y flora. El camino hacia la conservación del paisaje alpujarreño debería así partir de la recuperación de aquello que lo ha construido, el agua y sus caminos.

Mi proyecto para “mi refugio soñado" intenta aportar dicha reflexión, y tiene como idea generadora el convertirse en otra infraestructura hidráulica. Recuperando esa arquitectura sencilla, se coloca siguiendo el recorrido de una acequia de riego cerca de Busquistar, recuperándola y creando un espacio emocionante en el que el sonido del agua está siempre presente.

FIGURA 4.
Proyecto “Mi refugio soñado”, Busquistar, acuarela y lápiz,

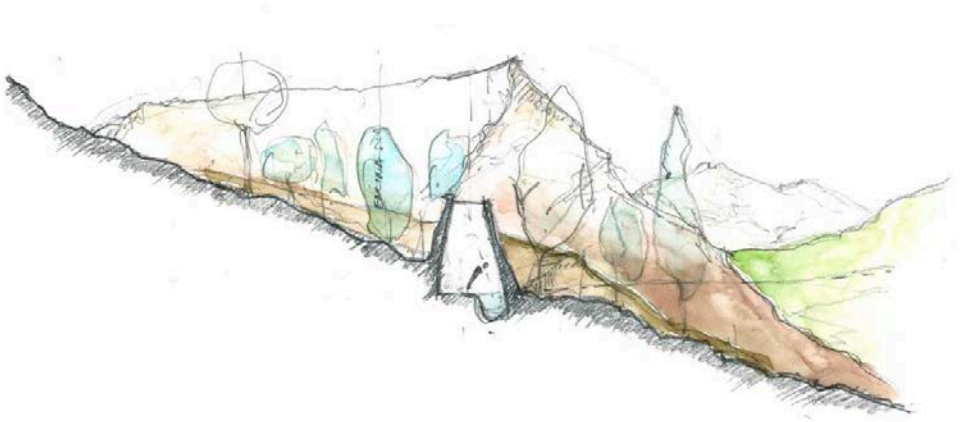


Foto: M. Martínez, 2017.

3.3 Transformar el paisaje III. Piedra

La mano del hombre desgraciadamente suele dejar a su paso territorios en desequilibrio ecológico. Sin embargo, en la Alpujarra, el acondicionamiento de laderas para su cultivo mediante terrazas creadas gracias a muros pétreos y la sabia conducción del agua, nos legaron un paisaje cultural equilibrado. La piedra dibuja el paisaje escuchando sus leyes. La Alpujarra es así piedra habitada. Se extraía desde canteras cercanas y se transportaba mediante animales. La materia, despiezada convenientemente, pasaba a ser material (sillarejo, mampuesto, sillar, etc.) para conformar calles, cubiertas, muros o chimeneas.

El paisaje de líneas topográficas pétreas refleja el gran esfuerzo y la necesidad extrema de aprovechar, hacer fértil hasta el último rincón montañoso. Las líneas, sin solución de continuidad son curvas de nivel, paratas, vallados, muros de edificaciones, calles, acequias y cubiertas. La Alpujarra es sucesión de formas de piedra en dialogo con el paisaje.

La acequia da vida y forma. Es lecho pétreo que transporta vida. De su modo de construirse dependen su impermeabilidad, inclinación y función (principalmente careo o riego). Es por tanto, arteria que conforma el paisaje. Sutil y bella lección de ingeniería hidráulica que debemos conservar.

La arquitectura de la Alpujarra se construye dando forma a su entorno próximo, sabiamente del modo más económico y sencillo posible. Su paisaje es de piedra y madera. Así es su arquitectura. Los muros pétreos, de considerable espesor, abrigan y protegen, ofreciendo una experiencia del material y la luz que lo atraviesa que debemos conservar.

Las cubiertas, ofrecen la piedra al sol y a la lluvia. Su material da nombre a la arquitectura. Son *terraos*, donde la launa, impermeable, es el suelo del paisaje mismo. Sus necesarios bordes y aleros se construyen mediante lajas escogidas que limitan y protegen la piedra vertical de los muros. Piedra vertical coronada por piedra horizontal. Por si fuese poca, también la piedra da forma tanto a las simbólicas chimeneas que habitan los *terraos* como a los lavaderos. De este modo, los encuentros de los habitantes en lo alto de las casas o frente al horizonte siempre tienen la piedra como compañía.

En mi proyecto para “mi refugio soñado" en el paisaje de Busquistar, utilicé el muro de piedra como principal *leit motiv* de la propuesta. El muro servía de cobijo o mirador, resguardaba o mostraba, vibraba o se serenaba para acoger las funciones necesarias para la vida y su deleite.

Proponemos al lector que piense por un momento como sería la Alpujarra si sustituimos la piedra y su experiencia por otro material. Convendrán conmigo en que su esencia y valores deben perdurar.

FIGURA 5.
Muros, calle en Busquistar. Piedra y luz,

Foto: F. Bayona, 2017.

3.4 Usar el paisaje

La historia de la Alpujarra está estrechamente relacionada a las comunidades humanas que la han poblado desde la antigüedad. Es un territorio con un alto grado de antropización en el que han dejado su huella sus pobladores a lo largo del tiempo. Tradicionalmente, la principal actividad económica ha sido la agricultura intensiva de regadío a pesar de las dificultades por ser una zona montañosa donde, además, los recursos mineros y ganaderos eran abundantes. La perfecta organización de este recurso, usado desde época medieval, ha permitido llevar a cabo sistemas de regadío formados por extensísimas redes de acequias bien de careo, bien de riego, de sorprendente precisión constructiva.

Parte de los usos mencionados se han ido perdiendo a lo largo de la segunda mitad del siglo XX. Conforme ha ido consolidándose la denominada “modernización”, la forma de vida campesina ha ido desapareciendo. En ocasiones el uso toma una forma que pervierte la esencia espacial de la Alpujarra, como podemos apreciar en el ritmo y la volumetría de numerosas nuevas construcciones que se fragmenta y escala según nuevos parámetros.

El uso del paisaje tiene su reflejo principalmente en las relaciones entre personas que, estableciendo comunidades, conforman los espacios públicos. Surge así el denominado paisaje cultural alpujarreño. La arquitectura vernácula refleja a la perfección el uso y, por tanto, el encuentro entre los habitantes como podemos comprobar en los siguientes espacios:
-*Tinaos*: Solución arquitectónica de espacios cubiertos con carácter semipúblico. La arquitectura cumple aquí su función social, incitando al encuentro humano.

- -*Terraos*: Cubierta de la casa alpujarreña donde se secaba la ropa y el alimento. En ocasiones, espacio comunitario y lugar de encuentro.
- -*Lavaderos*: Su uso, ya prácticamente abandonado, se relacionaba con la interacción de sus habitantes

Podemos afirmar que el paisaje cultural de la Alpujarra es la traslación de las relaciones humanas sobre el medio físico. Como afirma el geógrafo Carl O. Sauer: “La cultura es el agente, la naturaleza es el medio, el paisaje cultural es el resultado”

Mi proyecto de curso para la realización de un “Albergue de refugiados en Busquístar”, se propone como estricto reflejo del encuentro entre personas en el paisaje. He tratado de representar dicho encuentro mediante áreas de influencia según la interacción de los habitantes para, a continuación, delimitar el espacio fluido mediante las mínimas construcciones necesarias, apenas muros curvos que delimitan el paisaje. Es mi aportación al modo de afrontar una intervención en el magnífico paisaje cultural alpujarreño desde una óptica contemporánea tratando de mantener su legado sin quebrar su equilibrio.

FIGURA 6
Proyecto “Albergue para refugiados”, planta, abstracción y propuesta,

Foto: C. Vallecillos, 2017.

3.5 Sentir el paisaje I. Imagen y tacto

La obra del pintor Paul Klee, “Caminos principales y caminos laterales” (1920) aúna color, materialidad (acercándose a lo textil) e incluso arquitectura. La percepción de un espacio nos resulta semejante a la de una pintura. Diferentes capas, líneas, colores, luces y sombras, construyen una imagen en nuestro cerebro. Así, mirándola, además de su color, podemos “ver” sus cualidades táctiles y las sensaciones que aporta. La Alpujarra, Busquístar en este caso, contiene una gama cromática extensa. *Grosso modo*, podríamos diferenciar tres grandes bloques: el conjunto urbanístico blanco, la masa vegetal verde y el cielo azul. Cada uno de ellos contiene un abanico de colores que conforma la imagen que percibimos. Realizar una acuarela es, en cierto modo, "ver con las manos". Se construye una textura visual desde

el tacto. En el paisaje alpujarreño los materiales construyen una textura visual que debería preservarse para deleite de futuras generaciones.

Para poder medir la gama colores hemos realizado una serie de abstracciones, puntillismo, texturizado, pixelado y cristalizado, que proporcionan diferentes visiones. Algunas recuerdan una jarapa o la obra de Paul Klee mencionada. La jarapa representa la textura de la Alpujarra gracias a un elemento textil artesanal de gran colorido, y la pintura, una nueva forma de ver y expresar la percepción del mundo.

Nuestra acuarela, es decir, nuestro proyecto, ha tenido un proceso creativo y constructivo similar. El pueblo se representa mediante el blanco del papel y una serie de sombras de tonalidad azul, pues, aunque no se perciba con claridad, las sombras se componen de azul y sus derivados. Esta información nos hace entender el pueblo como una forma escalonada compuesta por volúmenes donde se descomponen los colores sugiriendo una textura vibrante, casi textil. La información recibida basada en tonos y no en colores, nos permite diferenciar las sombras, el volumen de las viviendas y su textura.

Con la vegetación, colchón sobre el que reposa el pueblo creando volúmenes vegetales, generamos el mismo proceso creativo. Esta es, en gran medida, la imagen y la textura del paisaje. El espectro en este caso es diferente: verdes y marrones componen las hojas, sus sombras y su textura. Descomponemos así la imagen y la textura de la Alpujarra, intentando asemejarla al proceso creativo de una acuarela o, quizás, al de una jarapa.

Mi proyecto de “refugio soñado” en el paisaje de Busquístar se nutre tanto de los colores del paisaje como de la estructura conceptual de la jarapa artesanal. Se define así un espacio sensorial envolvente que se experimentará principalmente mediante la vista y el tacto. Es una abstracción de la esencia alpujarreña oculta en sus paisajes y sus tejidos que abriga la emoción del que la habita.

FIGURA 7.
Proyecto “Mi refugio soñado”, Busquistar, maqueta,

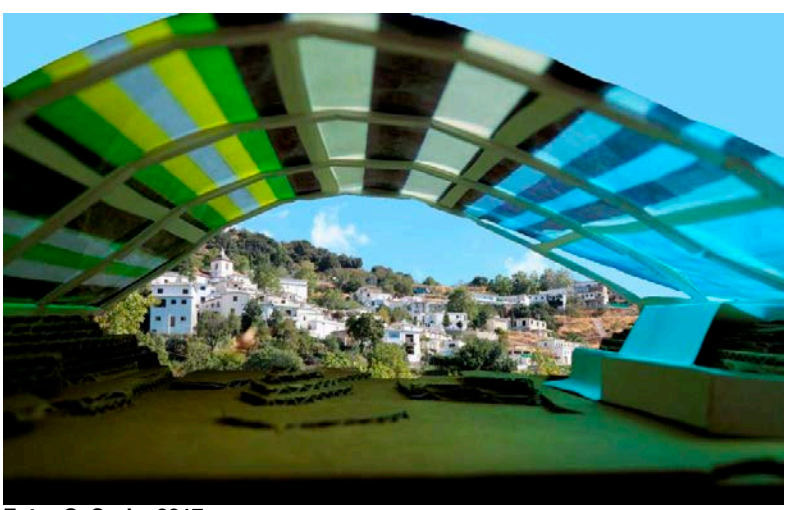


Foto: G. Soria, 2017

3.6 Sentir el paisaje II. Sonido, aroma y sabor

Mantener las percepciones sensoriales de la Alpujarra es fundamental para conservar su esencia.

- -Sonido: La Alpujarra contiene una gran variedad de “paisajes sonoros“. Un paisaje sonoro es tan real como uno visual. Si escuchamos el agua o un ave, al instante nos transporta a un tiempo y un medio. Este continuo rumor que nos envuelve, tiene la capacidad de construir un paisaje por sí mismo. El sonido es la voz de una sociedad o un paisaje. Todo suena continuamente en nosotros y a nuestro alrededor, pero no siempre somos conscientes de ello y, sin saberlo, ahondamos en nuestra “sordera”.
- -Aroma: La Alpujarra ofrece también paisajes aromáticos. El olor que nos deja la primera lluvia tras un período seco, o las plantas aromáticas como el enebro, laurel, hinojo, romero o tomillo, nos hacen viajar a una estación del año y un lugar determinado. El paisaje alpujarreño se convierte así en un “reloj de aromas”.
- -Sabor: La Alpujarra también nos brinda su rica gastronomía basada principalmente en productos agrícolas, ganaderos y plantas de la zona. La tradición olivarera y dulces como los soplillos de almendras, el pan de higo, los pestiños, los alfajores o las tortas, son legado de la ocupación árabe. A pesar de la gran variedad de productos, pensar en lo “típico”, nos recuerda al Plato Alpujarreño, un invento de los años sesenta en Capileira en un mesón familiar gracias a la sugerencia de unos ilustres comensales de añadir a un sencillo plato de patatas con huevos, unas lonchas de jamón, longaniza y morcilla.

El “plato alpujarreño” es de la tierra, sí, y ha hecho de su sencillez y reconocible sabor, su éxito, pero es tan solo una parte, ya comercial, de la riqueza sensorial de la Alpujarra. Una puerta que muchos no abren. Proponemos traspasarla para descubrir la verdadera esencia del paisaje cultural que esta tierra atesora y, por tanto, comprenderla, saborearla y amarla para poder construir nuestro modo, contemporáneo, de habitarla.

FIGURA 8.
Plato denominado “alpujarreño”. “Ventana al paisaje”

4. Conclusiones:

Proponíamos un nuevo modelo de gestión, una nueva normativa, seguramente mucho más reducida que la actual, más cercana a las sencillas reglas que hicieron posible el paisaje cultural que aún disfrutamos. Pensamos que las normas más poderosas caben en unas líneas. Seguramente es su modo de aplicación la que debe ocupar nuestro tiempo y esfuerzo, y no su redacción. Su aplicación, como apuntábamos, podría entonces ser coordinada por gestores emocionales específicos que sepan transmitir la unicidad del valioso patrimonio cultural.

Estas líneas podrían resumirse en una suerte de decálogo que, con cierta ironía, presentamos a continuación:

4.1 Decálogo esencial básico, a modo de bando, para una posible y deseable conservación activa del paisaje cultural:

- -I. Toda innovación se basará en la investigación evolutiva de la tradición, para lo que será necesario conocerla y divulgarla a habitantes y a visitantes que, a su vez serán portavoces hacia otros habitantes. Todo proyecto mantendrá los invariantes de la arquitectura vernácula y reinventará, de uno u otro modo, la tradición y dará la bienvenida al uso de tecnologías del presente.
- -II. Toda nueva intervención será revisada y fomentada por una "oficina de construcción esencial activa" que facilitará las claves para que el alma alpujarreña siga viva. Los ejecutores de los proyectos conocerán las técnicas de construcción tradicionales y la artesanía alpujarreña.
- Recuperar, rehabilitar, reciclar o rehabitar serán, a buen seguro, los verbos más utilizados por los gestores de la reciclada normativa.
- -III. El paisaje natural, tras su, más que probable, nombramiento como Sistema de Patrimonio Agrícola Mundial, será jardín de montaña abierto a todos, y cada habitante se hará cargo de una parte. Las vistas serán un valor que se protegerá con toda precisión. Seguirá así inspirando a nuevos viajeros y su riqueza cromática y sensorial perdurará. Llegarán nuevos viajeros como Gerald Brenan o Pedro Antonio de Alarcón que loaran sus virtudes.
- -IV. Se conservará la experiencia emocional del espacio vernáculo, natural y construido, gracias a los espesores, densidades y materiales de siempre que, en diálogo con la luz y el tiempo, seguirán atrayendo la emoción de poetas o pintores.
- -V. Las formas constructivas vernáculas serán motivo de inspiración y aprendizaje.
- Los edificios se rematarán mediante un sutil subrayado de sombra, alero protector de lluvia, y un *beril*, encubridor del cableado que ya nunca más discurrirá por las fachadas.
- Las celosías, vibración y ventilación tradicional de los muros, en sus diferentes variantes, serán fuente de inspiración para futuras intervenciones y los *terraos* se poblarán de pequeños habitantes blancos, chimeneas, lucernarioso burladeros, siguiendo sencillos juegos geométricos.
- -VI. Se facilitará el uso de *terraos* y *tinaos,* incluso ajardinados, para propiciar el encuentro en cubierta de los diferentes habitantes, al sol o bajo emparrados. Cada noche de luna llena habrá, en silencio, mercados o festivales de aromas, tanto en los *terraos* como en los huertos urbanos.
- -VII. Los coches desaparecerán del paisaje entre los arboles junto a los accesos de los pueblos. Los habitantes, poco a poco, irán dando forma a mapas sensoriales de senderos y recorridos, físicos e imaginarios, del territorio.
- -VIII. Todos los habitantes escucharán la voz del agua, comprenderán su lenguaje y lo compartirán. Todo baño se realizará desde ahora en albercas, eliminándose las piscinas y sus colores y formas importadas.
- -IX. El "plato alpujarreño" se rotulará con letra pequeña en la carta de todo mesón. Su importancia radicará principalmente en servir de puerta de entrada al conocimiento de otros deliciosos sabores y nuevas sensaciones ligadas a la tierra.
- -X. La cobertura del teléfono móvil solo se activará a determinadas horas del día seleccionadas libremente, según un horario coordinado por las campanas de la iglesia.
- Se creará una suerte de oficina de turismo que exportará la marca "Alpujarra" como destino internacional para la contemplación del paisaje cultural. Llegará a ser récord *Guiness* en número de cualidades precedidas con la denominación *lento*.

Feliz viaje a un futuro de ritmo humano, naturalmente.

FIGURA 9.
Celosía *alla* alpujarreña, *Casa de los vientos*, Yegen, F. del Corral.

Foto: J. Callejas, 2010.

Referencias bibliográficas:

- AA.VV. (2010). *Manual del Acequiero*. Parques Nacional y Natural de Sierra Nevada, Agencia Andaluza del agua, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- AA.VV. (1995). *El agua en la agricultura de Al-Andalus*. Proy. Granada, Sur Ediciones.
- AA.VV. (2014). *La provincia de Granada y el agua*. Granada, Fundación agua Granada, Diputación de Granada.
- AA.VV. (2013). *Paul Klee. Maestro de la Bauhaus*, Madrid, Ed. La Fábrica.
- Bachelard G. (1988). *El Agua y los Sueños*. Madrid, Fondo de Cultura Económica.
- Brenan, G. (1997). *Al sur de Granada*, Barcelona, Ed. Tusquets.
- Castro, E. (1995). *Guía general de la Alpujarra*, Granada, Caja General.
- De Alarcón, P. A. (1998). *La Alpujarra*, San Sebastián, Ed. Roger.
- del Corral, F. (2015). *Burle Marx. Paisajes de agua*. Valencia, General de ediciones de arquitectura.
- García Aguilera, E. (et al.) (1995). *Andar por la Alpujarra*, Madrid, Penthalon Ed.
- García de los Reyes arquitectura ed. (2006). *El urbanismo en la Alpujarra_Sierra Nevada, Propuestas para la conservación de la arquitectura y el urbanismo tradicional*, Granada, ADR Alpujarra.
- Gray, D. y López del Valle, J. (2014). L*a construcción tradicional en la Alpujarra Granadina*, Granada, ADR Alpujarra Granada.
- López Tovar, J. A. (1998). *Guía Rápida, fácil y entretenida para comprender la arquitectura popular de la Alpujarra*, Orgiva, López Tovar ed.
- Martínez de Pisón, E. (2009). *Miradas sobre el paisaje*, Madrid, Biblioteca nueva.
- Martínez de Pisón, E. (2012). *Imagen del paisaje. La generación de 98 y Ortega y Gasset*. Madrid. Ed. Fórcola.
- Pallasmaa, J. (2016). *Habitar*. Barcelona, Gustavo Gili.
- Trillo, C. (2003). *Agua y Paisaje en Granada*. Granada, Diputación de Granada.
- Voigt, P. (1998). *La Alpujarra y Sierra Nevada: la casa, mobiliario y enseres, actividades cotidianas, la economía*, Granada, Fundación Caja de Granada.
- Zumthor, P. (2006). *Atmósferas*, Barcelona, Gustavo Gili.
- www.memolaproject.eu/es. *Paisajes mediterráneos de montaña*, Proyecto de Investigación MEMOLA, Universidad de Granada.

COMUNICACIONES

7. Deporte y turismo en la montaña

- Peligrosidad por movimientos de ladera en itinerarios turísticos de alta frecuentación en el alto Genil, Güejar Sierra (Granada, España), Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada.
- Gestión Deportiva en espacios naturales protegidos, gobernanza en red colaborativa hacia un desarrollo sostenible. Tesis ganadora del Premio CIMAS a Jóvenes investigadores
- Los problemas de las carreras (de o por) montaña o Trail running. Un análisis de reglamentos oficiales.
- Análisis del perfil de los usuarios-visitantes del medio natural en España. Primeros avances.
- El papel de la FEDME en la defensa del medio natural , las carreras por montaña
- Práctica de actividades deportivas en espacios naturales protegidos y uso de drones con ocasión de las mismas: caso del Parque Nacional de Sierra Nevada (Granada, España)
- Análisis Jurídico-penal del deporte de riesgo en la montaña.
- El control administrativo de las actividades deportivas en los Espacios Naturales Protegidos. A propósito de la viabilidad de la colaboración de las federaciones deportivas
- Travesías y circuitos senderistas por etapas en Europa. Caracterización y Claves para su aplicabilidad en territorio español. Trabajo en curso.
- “Fuera lo rubinao!” El patrimonio material de la escalada en el Parque Natural de la montaña de Monserrat (Barcelona). Trabajo en curso.
- Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca durante el ascenso al Kanchenjunga: ¿un parámetro fiable? Estudio de un caso. Trabajo en curso.

PELIGROSIDAD POR MOVIMIENTOS DE LADERA EN ITINERARIOS TURÍSTICOS DE ALTA FRECUENTACIÓN EN EL ALTO GENIL, GÜÉJAR SIERRA (GRANADA). PARQUE NACIONAL Y NATURAL DE SIERRA NEVADA.

ANA BELÉN PÉREZ MUÑOZ[1]; MIGUEL VILLALOBOS MEGÍA[1]; FRANCISCO ROLDÁN GARCÍA[2]; ROSA MARÍA MATEOS RUIZ[2]; TOMÁS PEINADO PARRA[2]
anabelenperez@nubiaconsultores.es, miguelvillalobos@nubiaconsultores.es; f.roldaan@igme.es; rm.mateos@igme.es; t.peinado@igme.es
[1] *Nubia Consultores SLL*
[2] *Instituto Geológico y Minero de España*

RESUMEN

El Instituto Geológico y Minero de España, en el marco del Convenio de Colaboración establecido con la Diputación Provincial de Granada ha realizado un estudio de peligrosidad por movimientos de ladera y avenidas e inundaciones en el municipio de Güéjar Sierra. En dicho trabajo se prestó una cierta importancia a la observación específica de la peligrosidad en espacios de alta frecuentación turística. En esta comunicación se parte de dicho trabajo y se profundiza en el análisis de los cinco senderos de mayor frecuentación en el municipio: La Vereda de la Estrella, Loma Papeles-Los Lavaderos de la Reina, la Ruta del Tranvía de la Sierra y los trayectos de las grandes rutas del Transnevada y Sulayr en el municipio de Güéjar Sierra.

Palabras Clave: riesgos geológicos, deslizamientos, desprendimientos, rutas turísticas, Alto Genil, Güéjar Sierra, Sierra Nevada

ABSTRACT

The Instituto Geológico y Minero de España (Spanish Geological Institute) (IGME), within the framework of the Collaboration Agreement established by the Provincial Council of Granada, has conducted a study of geological hazards due to hillside movement and floods in the municipality of Güéjar Sierra. The work places significant importance on studying specific dangers in areas of high tourist density. This paper is derived from said work and is concentrated on analyzing five frequented trails within the municipality of Güéjar Sierra: the Vereda de la Estrella; Loma Papeles-Los Lavaderos de la Reina; the route of the Tranvía de la Sierra; and the Transnevada and Sulayr grand routes.

***Key words**: geological hazards; landslides; touristic routes; Alto Genil; Guejar Sierra; Sierra Nevada.*

1. Introducción

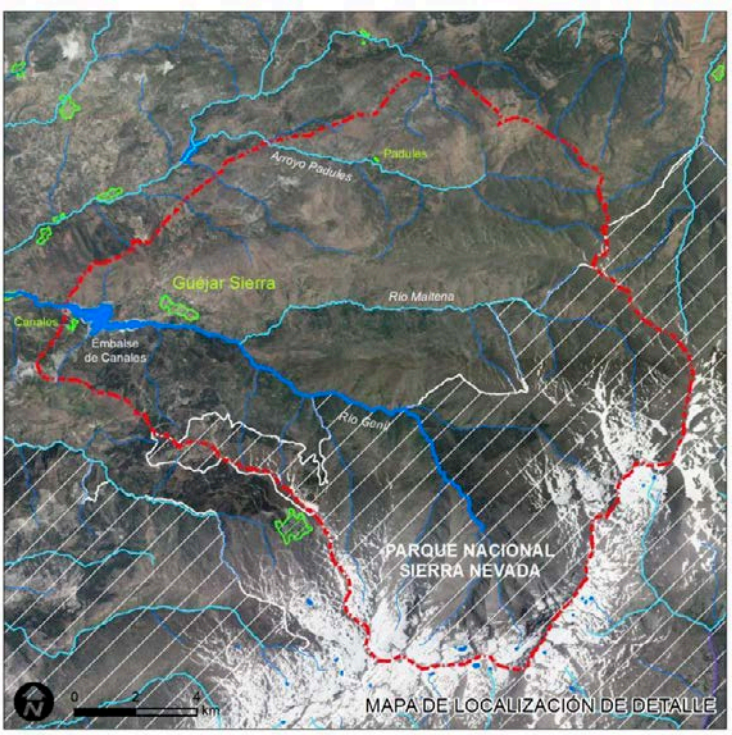
1.1 Conrtexto geológico y territorial del municipio de Güejar Sierra

El término municipal de Güéjar Sierra sitúa en el borde occidental de Sierra Nevada, en el Valle del río Genil, entorno a la cola del embalse de Canales. Tiene una extensión 238,95 km^2 y un perímetro de 69.298,93 m, con el que contacta con los municipios de La Peza, Lugros, Jerez del Marquesado, Trevélez, Capileira, Dílar, Monachil, Pinos Genil, Dúdar y Quéntar. Geográficamente se sitúa al oeste de la ciudad de Granada y dista de ella unos 16 km.

FIGURA 1.
Mapa de situación.

Güéjar Sierra constituye uno de los sesenta municipios que conforman el Espacio Natural de Sierra Nevada, aportando algo más de 10.221 m^2 a este territorio natural protegido. Como aspecto destacable, cabe señalar que dentro de este municipio se observan una de las vistas paisajísticas más emblemáticas del parque, como es la fachada de la cara norte de los picos más elevados de la cadena montañosa, como son el Veleta, Mulhacén y Alcazaba. A lo largo de la cuerda de Loma de Papeles, que se extiende con dirección este-oeste, se puede observar a modo de mirador este magnífico escenario natural que ofrece una espectacular estampa de estos relieves en cualquier época del año.

FIGURA 2
Mapa de localización



Sobre este espacio recaen otras figuras de protección que son: Parque Nacional, Reserva de la Biosfera, Zonas de Espacial Conservación y Zona de Especial Protección para las Aves. Todo esto determina que sea un municipio muy frecuentado por excursionistas, con gran tradición montañera, con numerosos entornos donde disfrutar de una jornada en plena naturaleza y complacerse de su rica gastronomía, en los numerosos restaurantes situados en

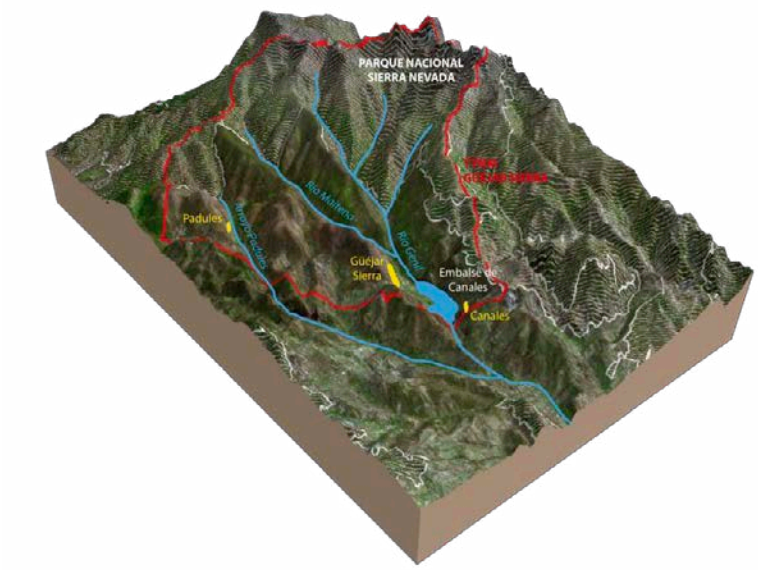
torno al cauce del río Genil. Su alta frecuentación, hace que en este espacio se concentren numerosos equipamientos de uso público, que consisten fundamentalmente en senderos, miradores, áreas recreativas y refugios. Dos de los enclaves naturales más conocidos son el entorno de las Minas de la Estrella y cueva Secreta, a la que se accede a través del sendero de la Estrella, y el paraje de los Lavaderos de la Reina, cuyo acceso se realiza ascendiendo a la Loma de Papeles.

Uno de los rasgos físicos más característicos de Güéjar Sierra es la diferencia de altitud entre la cota más baja, en torno a los 858 m, y la más alta, unos 3.468 m, siendo el valor medio de unos 1.088 m. La pendiente media alcanza el 43%. El valor medio de la temperatura es de 14,20º C, siendo la mínima y la máxima, superior a 7º C y 19º C, respectivamente. El dato pluviométrico anual es de unos 659 mm.

El municipio está surcado por varios cursos fluviales, entre ellos el río Genil, cuya cabecera se sitúa íntegramente dentro de su límite administrativo. Otros cursos de menor jerarquía, son el río Maitena, afluente del río Genil antes de su entrada en la cola del embalse de Canales, y el arroyo Padules, que aguas abajo y fuera del municipio se denomina río de Aguas Blancas, el cual, desemboca también en el río Genil ya en el municipio de Pinos Genil.

El municipio ofrece tres grandes unidades de paisaje, muy diferentes, por un lado, la unidad Sierra Nevada, representada por la alta montaña bética; por otro, las vertientes occidentales de Sierra Nevada, correspondiente a la media montaña, y por último, la vega, que se extiende aguas abajo del embalse de Canales. Su diferenciación radica en varios aspectos, como la pendiente del terreno, las unidades geológicas aflorantes, y en relación con ésta última, las unidades vegetales que las cubren, etc.

FIGURA 3.
Diagrama 3D del ámbito del municipio.



Desde el punto de vista de los usos principales del suelo, el municipio de Güéjar Sierra se caracteriza por ser un territorio prácticamente constituido por formaciones naturales, representadas en más del 91% del total del municipio. Se trata de formaciones arboladas de quercíneas y pinar, en una escasa proporción, frente al matorral con gran representación espacial dentro del municipio (más del 60%), el resto son pastizal, roquedos y zonas sin vegetación

Desde un punto de vista geológico el municipio se ubica sobre la zona de contacto entre las Zonas Internas de la Cordillera Bética y el borde oriental de la Depresión Neógeno-Cuaternaria de Granada.

La Cordillera Bética forma la parte más occidental del cinturón montañoso Alpino peri-mediterráneo. Está constituida por dos grandes dominios geológicos: las Zonas Externas, al norte, y las Zonas Internas, al sur. Las primeras corresponden a sedimentos mesozoicos y terciarios del paleomargen Ibérico. Las segundas albergan tres complejos tectónicos alóctonos superpuestos: Nevado-Filábride, Alpujárride y Maláguide. Se disponen según una estructura en domo, dentro de la cual el Complejo Nevado-Filábride ocupa el núcleo y el Complejo Alpujárride los bordes. El complejo Maláguide no aflora en el término municipal.

FIGURA 4.
Mapa y corte geológico simplificados de la cuenca de Granada, con la posición de los abanicos aluviales y deltaicos asociados al borde oriental de Sierra Nevada. La línea roja representa el ámbito territorial del municipio y la línea amarilla el corte geológico representado en la figura siguiente.

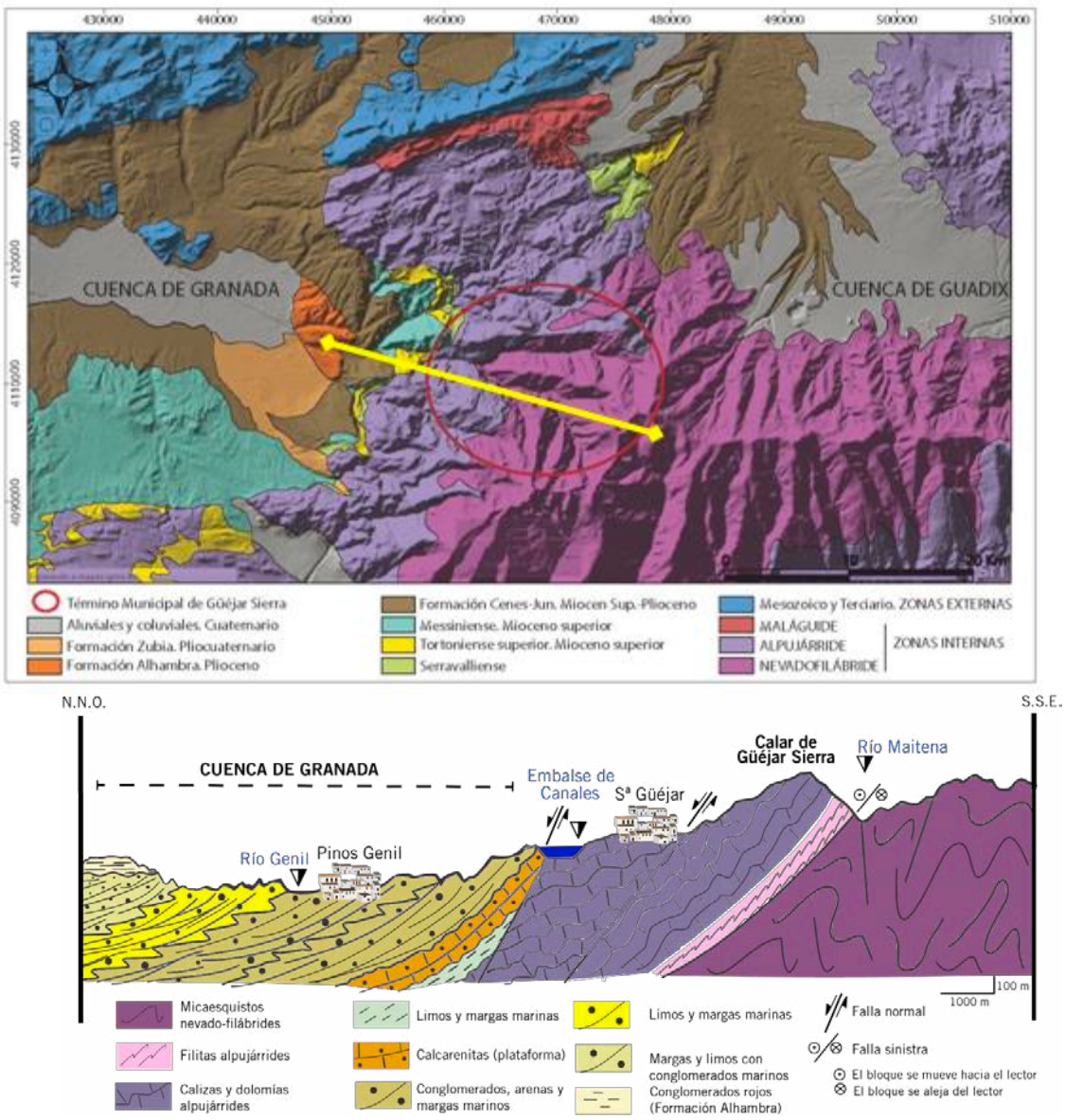


FIGURA 5.
Imagen interpretada del valle del río Genil con el embalse de Canales y la localidad de Güéjar Sierra. El valle está flanqueado por los relieves dolomíticos del Complejo Alpujárride, que se sitúan sobre el Complejo Nevado-Filábride a la salida del pueblo hacia Maitena.

Las rocas que afloran en el municipio de Güéjar Sierra pertenecen, a tres grandes unidades: Complejo Nevado-filábride, Complejo Alpujárride y sedimentos de relleno de la Cuenca de Granada, a ellas hay que añadir los sedimentos de edad más reciente en relación con la dinámica fluvial y de vertientes.

Estos complejos están formados por filitas polimetamórficas y mármoles con un metamorfismo regional de grado variable. Entre ambos complejos, Nevado-Filábride y Alpujárride, se producen fallas extensionales con desplazamientos hacia el oeste, donde la Cuenca de Granada representa el sector con mayor hundimiento. El registro sedimentario de esta Cuenca marca el inicio del levantamiento de Sierra Nevada y al mismo tiempo el periodo de denudación de la misma. Esta Cuenca, junto con otras de la Cordillera Bética, formaron parte del Estrecho Nordbético, que comunicó el Atlántico con el Mediterráneo.

En el Tortoniense superior, hace 8,3 millones de años (m.a.), Sierra Nevada comenzó a elevarse. Hasta ese tiempo, el mar que comunicaba la Cuenca de Granada con la de Guadix se separó. Sedimentos del Serravalliense y del Tortoniense que cubrían ambas cuencas se individualizaron, aflorando en ambos bordes de estas cuencas. A partir de 7,1 m.a. las tasas de levantamiento de Sierra Nevada fueron elevadas, lo que originó simultáneamente grandes procesos erosivos con la generación de formaciones deltaicas y aluvio-deltaicas en el borde de la Cuenca de Granada. Estos abanicos aluvio-deltaicos se han descrito en la bibliografía tradicionalmente como formaciones estratigráficas y sus edades van desde el Mioceno medio hasta el Cuaternario.

Estas unidades se relacionan con las unidades de paisaje definidas, es decir, las unidades pertenecientes al Complejo Nevado-Filábride se correlacionarían con la unidad más alta, la de Sierra Nevada, las formaciones carbonatadas del Complejo Alpujárride con las vertientes de la media montaña, y los sedimentos neógeno-cuaternarios de la Cuenca de Granada con los de la vega.

1.2 Proceso metodológico

El trabajo se ha desarrollado en dos fases, una de campo y otra de gabinete. La primera ha consistido en una campaña de campo con el objeto de verificar la cartografía litológica y realizar el inventario de movimientos de ladera. La información ha sido cartografiada sobre la base cartográfica a escala 1:10.000 y la ortoimagen de alta resolución.

La fase de gabinete se ha procedido a la recopilación de los datos de campo y a su procesado para almacenarla en formatos útiles para utilizarlos en softwares específicos. Para ellos se creado un Sistema de Información Geográfico, utilizando ARCGIS versión 10.2.2. El sistema de coordenadas utilizado es UTM ETRS 89 Zona 30 N.

Desde el punto de vista metodológico, se han consultado numerosas metodologías relacionadas con la evaluación del peligro de un área a un determinado movimiento de ladera, prestando atención en aquellas que emplean como herramienta el SIG. De todas ellas las más interesantes son: la "*Metodología de elaboración de cartografías de peligrosidad de movimientos de ladera*: *Aplicación a la provincia de Granada"* de Durán *et. al.* 1987 titulado, o la referencia titulada "*Análisis de la Susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante un SIG en la cuenca vertiente al embalse de Rules, Granada"* de Jiménez Perálvarez *et. al* 2005.

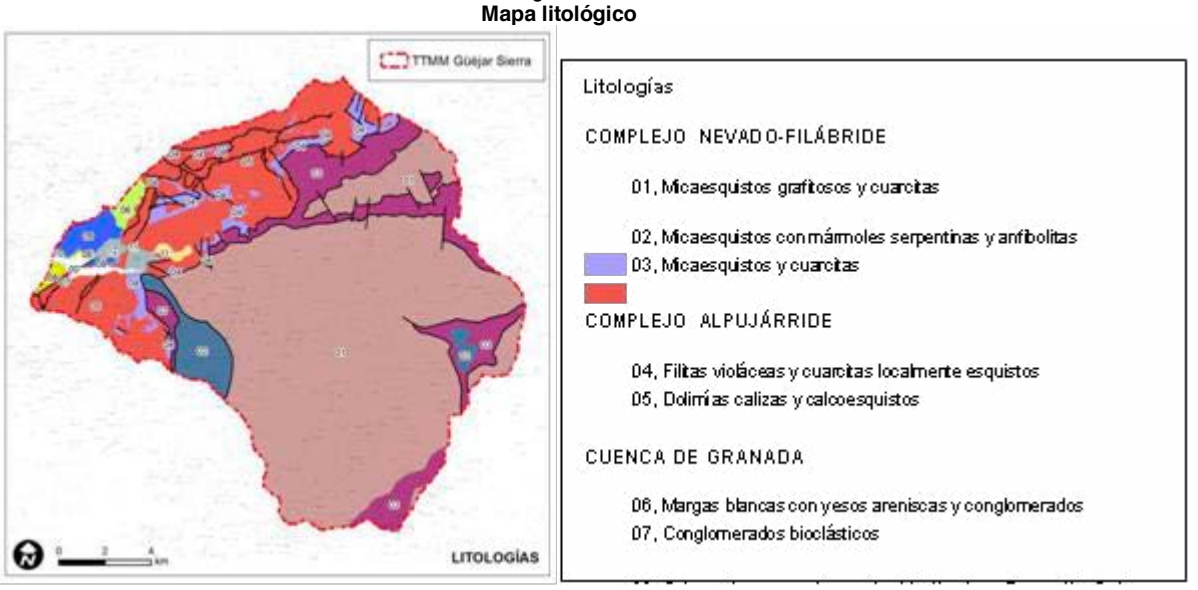
Con todo ello y partiendo de la información de partida disponible se ha elaborado una metodología que ha consistido en la creación de una matriz producto de la combinación de dos capas o coberturas, la litología y la pendiente. La capa resultante corresponde a las litopendientes.

1.2.1 Variables utilizadas

Litología

Se ha realizado una cartografía geológica en campo de las principales litofacies que afloran en el término municipal de Güéjar Sierra, redefiniendo la delimitación a escala 1/10.000 de las unidades del Mapa Geológico Nacional 1/50.000. Tras la cartografía de campo, se ha digitalizado dicha información y se ha obtenido un mapa geológico del municipio de Güéjar Sierra a escala 1:10.000. Las unidades resultantes se expresan en la siguiente figura.

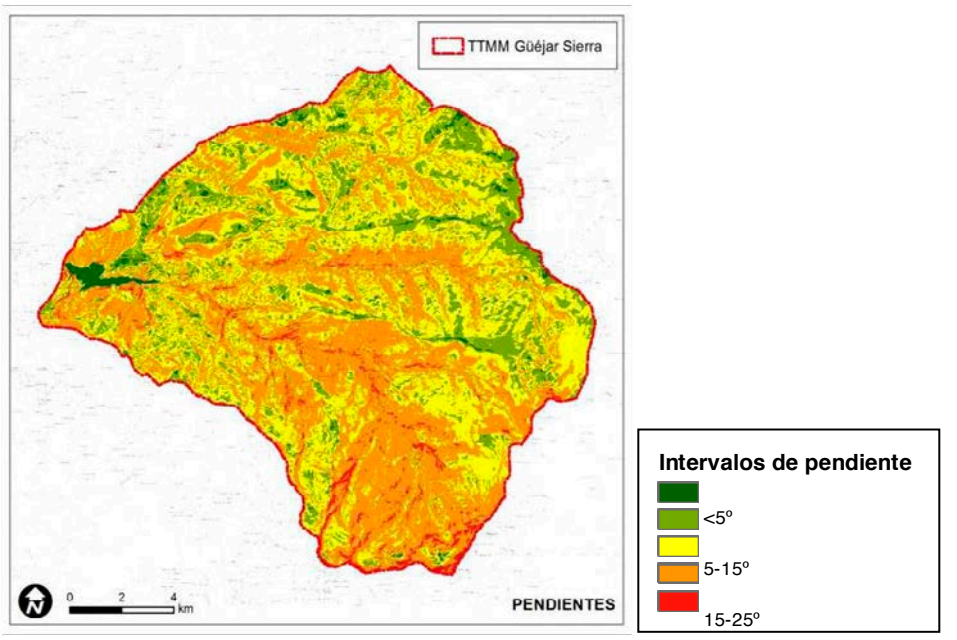
Figura 6.
Mapa litológico



Pendientes

El mapa de pendientes se ha obtenido como un mapa derivado del modelo digital de elevaciones del territorio (mdt) a escala 1:10.000 del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, cuya resolución o tamaño del pixel es de 10 x 10 metros. De este modelo deriva el mapa de pendientes en grados, las cuales se han discretizado en 5 clases:

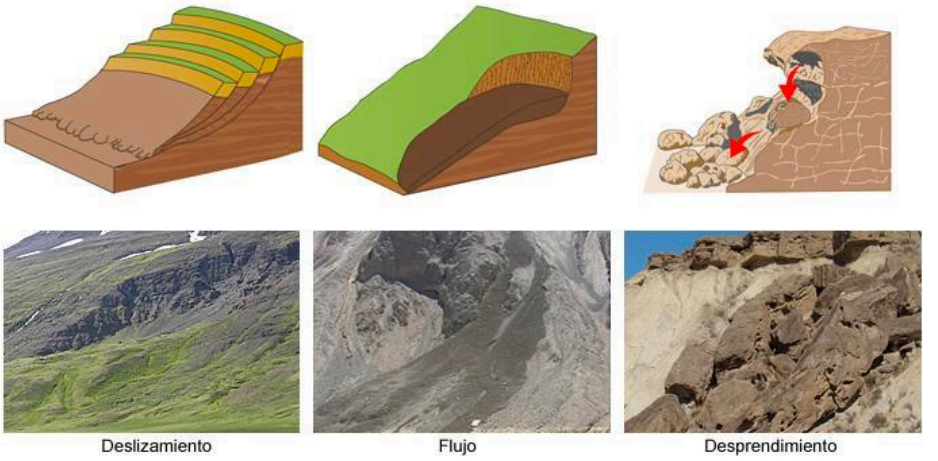
FIGURA 7.
Mapa de pendientes de Güéjar Sierra



Inventario de movimientos de ladera

El trabajo de recopilación de datos sobre los movimientos actuales en el municipio ha consistido en varias campañas de campo en las que se han cartografiado los diferentes movimientos identificados. El análisis realizado se centra en tres tipos de movimientos muy concretos: deslizamientos, flujos y desprendimientos.

FIGURA 8.
Esquema gráfico y fotografía de los tipos de movimientos que recoge este informe.



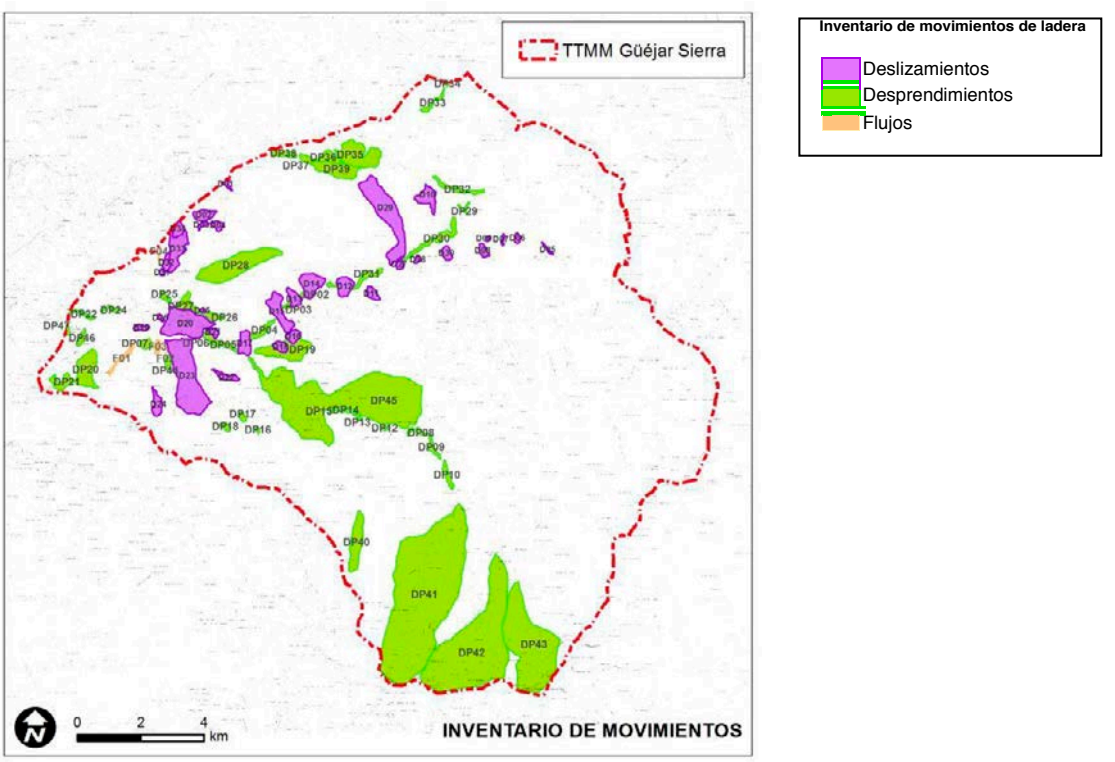
En los deslizamientos de ladera el desplazamiento del terreno se produce sobre una o varias superficies de rotura bien definidas. La masa movilizada se desplaza conjuntamente, comportándose como una unidad en su recorrido. La velocidad suele ser variable e implican a volúmenes grandes en general, aunque no siempre.

Los desprendimientos corresponden a movimientos rápidos de una masa de cualquier tamaño de roca o de suelo en forma de bloques aislados o material masivo. Los desplazamientos se producen principalmente en sentido vertical por caída libre, son típicos en macizos rocosos y generalmente están controlados por las discontinuidades. Este tipo de movimientos requiere una topografía como escarpes o pendientes fuertes y se caracterizan por la acumulación de bloques de tamaño variable en el pie de ladera.

Se han considerado flujos a diferentes movimientos de ladera que tienen en común la deformación interna y continua del material y la ausencia de una superficie neta de desplazamiento. Los más comunes son los movimientos en suelo (flujos o coladas de tierra o barro), movimientos de derrubios (flujos de derrubios) o bloques rocosos (flujos de bloques).

Se han cartografiado 85 movimientos, que representan 16.94% de la superficie total del municipio. De ellos, 34 son deslizamientos, 47 desprendimientos y 4 flujos de tierra.

FIGURA 9.
Mapa inventario de movimientos (Fuente: IGME, 2016)



Desde el punto de vista litológico, las litologías afectadas por estos movimientos son las que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla de las tipologías de movimientos y las litologías en las que se identifican

Movimiento	Litología
Deslizamientos	Micaesquistos grafitosos y cuarcitas. CNF (1)
	Micaesquistos con mármoles, serpentinas y anfibolitas. CNF (2)
	Micaesquistos y cuarcitas CNF (3)
	Filitas violáceas y cuarcitas, localmente esquistos. CA (4)
	Margas blancas con yesos, areniscas y conglomerados. CG (6)
	Brechas y conglomerados. FPG (9)
	Conglomerados, arenas y limos. Coluviales y materiales deslizados (12)
Desprendimientos	Micaesquistos grafitosos y cuarcitas. CNF (1)
	Micaesquistos con mármoles, serpentinas y anfibolitas. CNF (2)
	Micaesquistos y cuarcitas CNF (3)
	Dolomías, calizas y calcoesquistos. CA (5)
	Conglomerados bioclásticos CG (7)
	Calcarenitas y conglomerados bioclásticos. FQ (8)
	Brechas y conglomerados. FPG (9)
	Arenas, limos y arcillas grises con pasadas de conglomerados (10)
	Brechas dolomíticas (11)
	Conglomerados, arenas y limos. Coluviales y materiales deslizados (12)
Flujos	Dolomías y filitas. CA (5)
	Filitas violáceas y cuarcitas, localmente esquistos. CA (4)
	Margas blancas con yesos, areniscas y conglomerados. CG (6)

(Fuente: IGME, 2016)

Litopendientes

La combinación de las variables anteriores permite obtener la cobertura de litopendientes, que consiste en la representación de las unidades litológicas aflorantes en función de la pendiente. La imagen resultante es la que se muestra a continuación.

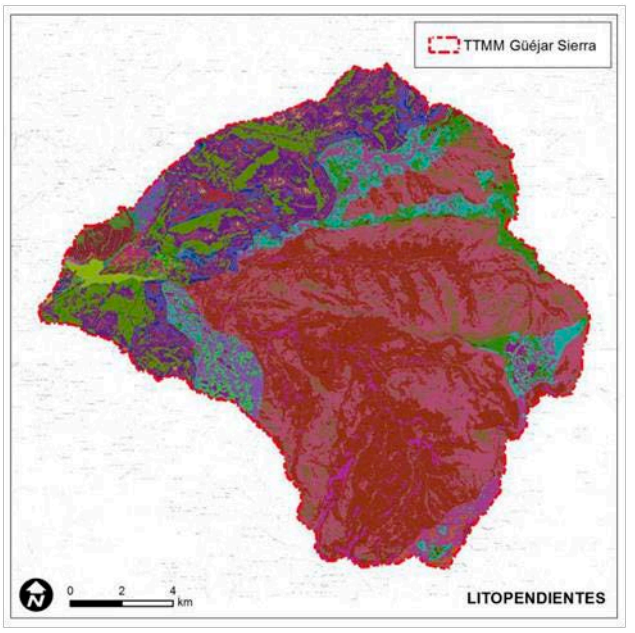
Se han obtenido un total de 60 litopendientes, a las cuales, se le ha asignado un valor de ponderación que representa en grado de peligrosidad potencial estimado, que oscila entre los valores 1 (menor peligrosidad) a 5 (mayor peligrosidad. La asignación de estos valores de ponderación se ha realizado teniendo en cuenta el inventario de movimientos de ladera.

1.3 Matrices de peligrosidad

Analizados los factores que han incidido en el desarrollo de cada uno de los movimientos identificados, se ha procedido a ponderar la peligrosidad de cada una de las 60 clases de litopendientes identificadas mediante la creación de las matrices de peligrosidad para cada tipo de movimiento.

La asignación de estos valores de ponderación se ha realizado a partir del análisis estadístico de los factores que se reproducen en cada uno de los elementos identificados en el inventario de movimientos realizado. Para ello, se ha seguido una metodología basada en las publicadas citadas ampliamente contrastada en la literatura científica.

FIGURA 10.
Mapa de litopendientes.



En base a todo ello, se han estableciendo dos agrupaciones en las unidades litológicas aflorantes, que son:

- **Litologías SIN indicios de movimiento**

  a. La unidad litológica no alberga ningún indicio de movimiento, en ninguna clase de pendiente, y tampoco presenta peligrosidad potencial, por lo que se le asigna automáticamente el valor más bajo, el 1.

  b. La unidad litológica no alberga ningún indicio de movimiento, pero sí presenta cierta peligrosidad potencial, en cuyo caso se opta por la opción más garantista, y se procede a la asignación de valores de manera subjetiva.

- **Litologías CON indicios de movimientos**.

A las litologías que se encuentran en esta casuística se le aplica el método de asignación de valores de peligrosidad en función del porcentaje de superficie movilizada con respecto a la misma litología aflorante. Identificadas las litologías que presentan masas movilizadas, se calcula el % entre ambas superficies y a partir de dichos valores se establecen unos niveles de corte o saltos de ruptura que van a permitir la asignación de los valores de ponderación.

En esta asignación se establece como regla la afirmación de que a mayor pendiente mayor peligrosidad. Esto quiere decir que, si una litología con una determinada pendiente presenta un determinado porcentaje de movilidad al que se le asigna un determinado valor, a la litopendiente inmediatamente inferior se le va a asignar un valor de peligrosidad inferior, mientras que la litopendiente inmediatamente superior, dispondrá de un valor de peligrosidad superior o en su defecto, si el anterior era el máximo, se repetirá el valor máximo.

Los niveles de corte o saltos en las litologías movilizadas se han establecido para cada tipo de movimientos, es decir, para los deslizamientos, los desprendimientos y los flujos, puesto que la información relativa a los movimientos de cada tipo no es comparable.

Tabla 11.
Matriz de peligrosidad a los deslizamientos.

Pendient	Litologías											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-5º (A)	1	1	1	3	2	3	1	1	2	1	1	3
5º-15º (B)	2	2	2	4	2	4	1	1	3	1	1	4
15º-25º	3	3	3	4	3	4	2	2	3	2	1	4
25º-45º	4	4	4	5	3	5	2	2	4	3	2	5
>45º (E)	5	5	5	5	4	5	3	3	5	3	3	5

Tabla 12.
Matriz de peligrosidad a los deslizamientos.

Pendient	Litologías											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-5º (A)	3	2	2	1	2	1	2	2	2	1	3	1
5º-15º (B)	3	3	2	1	3	1	3	3	2	2	3	2
15º-25º	4	4	3	2	4	2	4	4	3	3	4	3
25º-45º	5	5	4	2	5	2	5	5	4	4	5	4
>45º (E)	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5

Tabla 13.
Matriz de peligrosidad a los flujos. (Fuente: Elaboración propia)

Pendient	Litologías											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-5º (A)	1	1	1	2	1	3	1	1	1	1	1	1
5º-15º (B)	1	1	1	3	1	4	1	1	1	1	1	1
15º-25º	2	2	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2
25º-45º	3	3	3	5	3	5	2	2	2	3	3	3
>45º (E)	4	4	4	5	4	5	3	3	3	4	4	3

1.4 Clases de peligrosidad

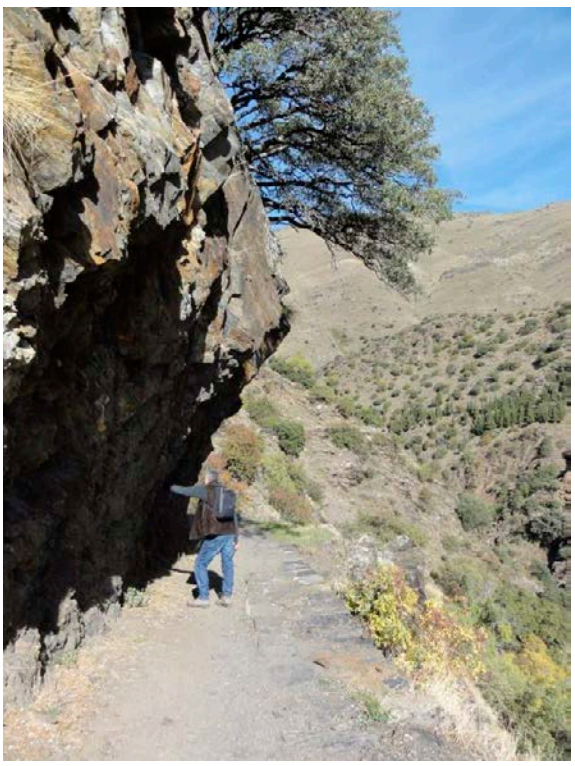
El resultado de la aplicación de esta metodología es la obtención de tres capas o coberturas de información que representan la peligrosidad por deslizamientos, desprendimientos y flujos subsuperficiales.

Tabla 14.
Tabla de clases de peligrosidad.

Asignación numérica	**Clases de peligrosidad**
Clase 1	**Peligrosidad nula**. Zonas estables. Ausencia de inestabilidad.
Clase 2	**Peligrosidad baja**. Representa aquellas zonas con inestabilidades poco importantes, de carácter esporádico o con
Clase 3	**Peligrosidad media**. Consisten en zonas con inestabilidades
Clase 4	**Peligrosidad alta**. Zonas de grandes problemas de inestabilidad con extensión significativa y con identificación de movimientos
Clase 5	**Peligrosidad muy alta**. Zonas inestables de gran extensión superficial, fuertes pendientes y con gran concentración de

2 Peligrosidad de movimientos de ladera en los itirnerarios de uso turístico de alta frecuentación.

Con el objeto de analizar el grado de peligrosidad a los movimientos de ladera en las rutas ofertadas por el Espacio Natural de Sierra Nevada, se han seleccionado seis itinerarios o rutas que se caracterizan por la altísima afluencia de visitantes y excursionistas que los recorren en cualquier época del año. En algunas de ellas han habido algunos accidentes mortales en los últimos años. Las rutas seleccionadas son:



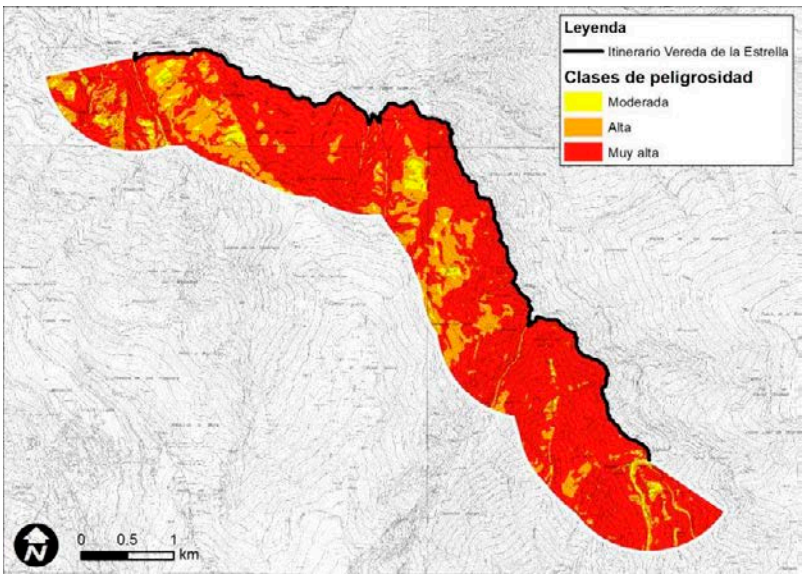
1. Vereda de la Estrella.
2. Lavaderos de la Reina.
3. Camino del Charcón.
4. Transnevada Etapa 1 y final de Etapa 8.
5. Transnevada Ruta Complementaria (su recorrido es coincidente con el sendero de los Lavaderos de la Reina. Se analiza conjuntamente con aquel).
6. Sulayr. Tramos 17 y 18.

Estas rutas discurren íntegramente dentro del municipio de Güéjar Sierra y son transitables a pie, btt y a caballo. Únicamente, el camino del Charcón y parte del Transnevada Etapa 1, se pueden hacer en vehículo.

A continuación, a modo de fichas descriptivas, se ha incluido la representación cartográfica de los resultados de aplicar la metodología para el cálculo del grado de peligrosidad del terreno a los movimientos de ladera, acompañado de fotografías, una redacción del recorrido y unas conclusiones.

SENDERO VEREDA DE LA ESTRELLA

Mapa de localización



Características técnicas

Longitud: 9.797 m (sólo ida)

FIGURA 1

FIGURA 2

FIGURA 3

Descripción

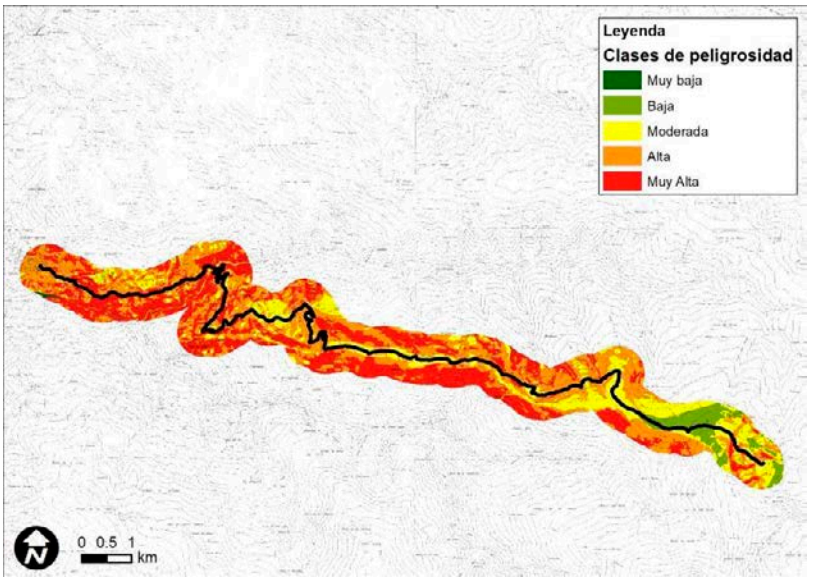
Se inicia en el barranco de San Juan y discurre por la margen izquierda del río Genil, atravesando la unidad de micaesquistos grafitosos. Tiene un trazado de unos 10 km y una anchura inferior al metro, e incluso menos, debido a desprendimientos que invaden la vereda. A lo largo de todo el trazado son muy habituales los desprendimientos de diferente magnitud, desde cantos y bloques, hasta macizo rocosos de decenas de metros cúbicos. A pesar de que el talud que bordea la senda no es muy alto, durante los periodos de fuertes lluvias los cantos

Conclusiones

La ladera que conforma la margen izquierda del Valle del Río Genil hasta su entrada en la cola del embalse de Canales representa una de las zonas de mayor peligrosidad de todo el macizo de Sierra Nevada dada la combinación de factores críticos de litología y pendiente. Esta ladera en toda su extensión ofrece una peligrosidad muy alta tanto a deslizamientos como a desprendimientos y afectan en todo su recorrido al trazado integro de la emblemática y turística Vereda de la Estrella.

SENDERO DE LOS LAVADEROS DE LA REINA Y RUTA COMPLEMENTARIA DEL TRANSNEVADA

Mapa de localización



Características técnicas

Longitud Lavaderos: 22.727,3 m (sólo ida)

Longitud Ruta Transnevada: 20.357, 2 m (sólo ida)

FIGURA 1

FIGURA 2

FIGURA 3

Descripción

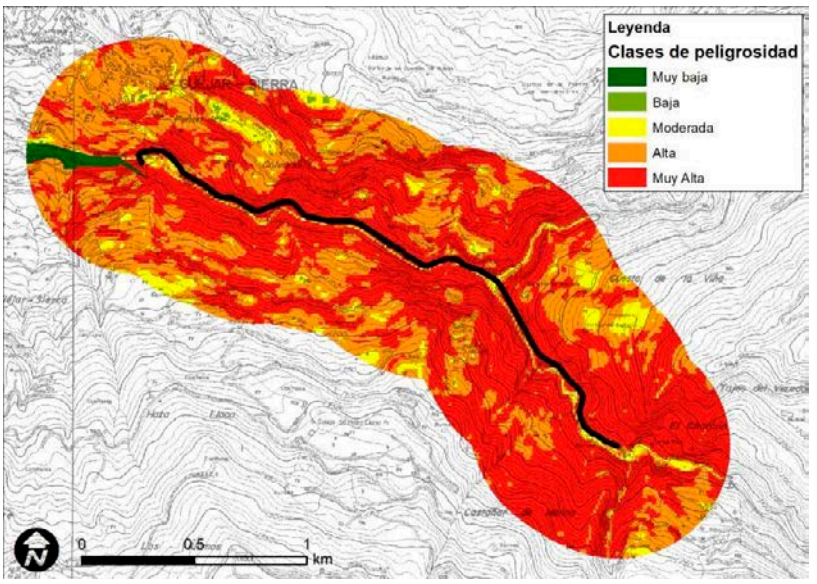
El trazado de estos itinerarios, Lavaderos de la Reina y Ruta Complementaria del Transnevada, es similar. La única diferencia está en su punto de finalización, que en el caso del primero, finaliza en el paraje de los Lavaderos, mientras que, en el segundo, lo hace en el Refugio de Peña Partida. Este itinerario inicia su recorrido en la carretera que une Güéjar Sierra y Tocón de Quéntar, antes de llegar al Collado del Aguacil. Consiste en una pista forestal que primero atraviesa el río Maitena para luego ascender progresivamente hasta los Lavaderos de la Reina. En su primer tramo, las laderas presentan pendientes que oscilan entre el 15 y 20 %, mostrando algunos deslizamientos e incluso bloques y cantos desprendidos. A continuación, el camino recorre aproximadamente la línea de divisoria de agua entre los ríos Genil y Maite. En este tramo, la pendiente desciende a 7-8% y sin apenas existir taludes cercanos a la pista. El último tramo que comprende desde el Refugio de Peña Partida y los Lavaderos se caracteriza por la presencia de desprendimientos de bloques de gran tamaño, aunque la pendiente del terreno no es muy acusada.

Conclusiones

El sendero de los Lavaderos de la Reina se caracteriza por ser heterogéneo. El tramo con mayor peligrosidad es el inicial, entre el pueblo de Güéjar Sierra y el río Maitena hasta alcanzar la Loma de Cuna de los Cuartos, a partir del cual el recorrido se mantiene en clases bajas y medias de peligrosidad. Cabe señalar que en el vaso en el que se instala los Lavaderos ofrece enclaves de reducidas dimensiones con muy alta peligrosidad.

SENDERO CAMINO DEL CHARCÓN

Mapa de localización



Características técnicas

Longitud: 2.810,4 m (sólo ida)

FIGURA 1

FIGURA 2

FIGURA 3

Descripción

Este itinerario recorre la antigua vía del tranvía, desde la central eléctrica de Güéjar Sierra hasta el inicio del barranco de San Juan. El recorrido circula muy cercano al río Genil, el cual, ofrece un fuerte encajamiento fluvial dando lugar a unas vertientes muy abruptas (taludes casi verticales). Las laderas labradas en micaesquistos y cuarzoesquiestos grafitosos presentan numerosas cornisas y salientes que producen desprendimientos de rocas de forma habitual, más aún en periodos lluviosos. Algunos de los bloques más significativos han caído sobre la pista. Existen algunas edificaciones construidas al pie de estas laderas verticales, donde estos desprendimientos son frecuentes, poniendo en peligro los propios edificios.

Conclusiones

El camino del Charcón es una ruta que se mantiene sin desnivel importante a lo largo de todo su recorrido, sin embargo, discurre por una ladera del valle muy verticalizada, generado como consecuencia del encajamiento del río Genil sobre los esquistos negros del Nevado-Filábride. Esta configuración le concede a la ruta el máximo riesgo de peligrosidad (clase 5), en más del 87,68% de su trazado. La verticalidad de la ladera sur del Calvario, el Charcón y los Tajos del Veredón favorece la caída constante de rocas y bloques de diferentes dimensiones, que llegan hasta la calzada e incluso continúan hasta llegar al cauce del río Genil. Las demás clases de peligrosidad apenas tienen representación.

SENDERO TRANSNEVADA (ETAPA 1 Y FINAL DE ETAPA 8)

Mapa de localización

Características técnicas

Longitud: 32.776,2 m (sólo ida)

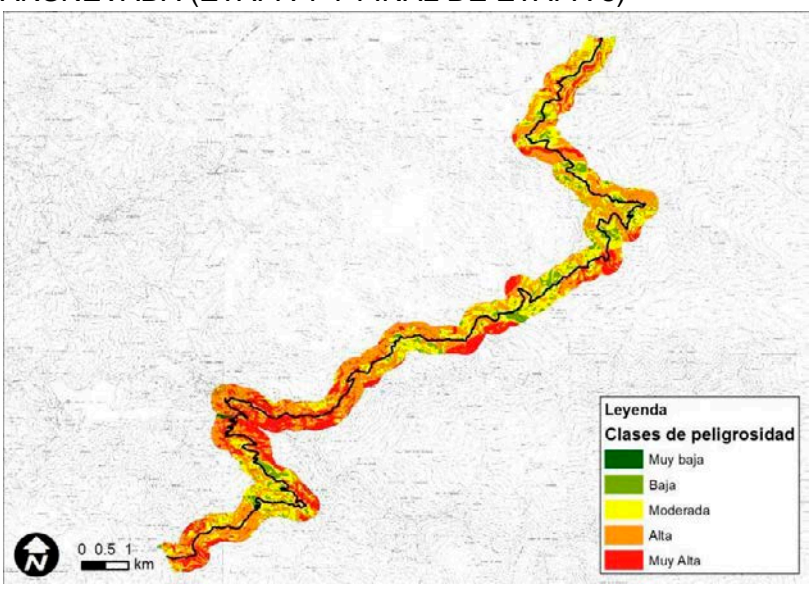


FIGURA 1

FIGURA 2

FIGURA 3

Descripción

El Sendero Transnevada en el término municipal de Güéjar Sierra está representado por el tramo de la Etapa 1 y el final de la Etapa 8. Esta última inicia su recorrido en la localidad de Dílar, y continúa por el camino que desciende desde Haza Llana hasta Güéjar Sierra. Esta ruta representa la Etapa 1 de la ruta cicloturista Transnevada. Inicia su recorrido en el pueblo de Güéjar Sierra y finaliza en Lugros. En esta ficha solo se describe el tramo que trascurre dentro del término municipal de Güéjar Sierra. A la salida del pueblo, se toma un camino asfaltado conocido como el Camino de Padules. Conforme se asciende se tiene una vista más clara de las cumbres de Sierra Nevada. El tramo finaliza en el Collado del Alguacil. Esta carretera transita por el contacto entre rocas del Nevado-Filábride (micasquistos grafitosos y cuarcitas) y del Alpujárride (filitas, calcoesquistos y bloques de dolomías bastante fracturados). En todo este tramo son frecuentes los deslizamientos, concretamente uno de dimensiones hectométrica que afecta a los materiales citados anteriormente. Su influencia llega a afectar a la propia carretera la cual presenta grietas y socavones en el asfalto. En otras zonas se identifican deslizamientos de tierras y desprendimientos.

Conclusiones

La peligrosidad es bastante heterogénea en todo el recorrido identificando como puntos críticos los situados en los relieves que dan cobertura al Camino de San Jerónimo en el valle del río Monachil y en la cola del embalse de Canales, en el caso de la Etapa 8, y en la cara sur del Calar de Güéjar Sierra, en la ladera norte del Cerro del Aguacil y la vertiente noroeste de Toconal, en la Etapa 1. Estos enclaves representan el 11,87% de la longitud total de la ruta. Hay que señalar, no obstante, que un 45,77 % de la ruta presenta un grado alto de peligrosidad.

SENDERO SEÑALIZADO SULAYR

Mapa de localización

Características técnicas

Longitud: 26.538,1 m (sólo ida)

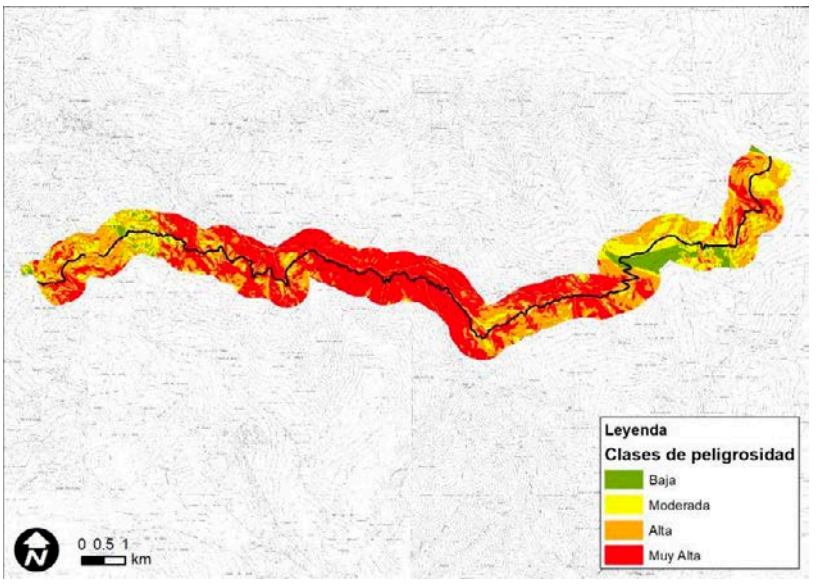


FIGURA 1

FIGURA 2

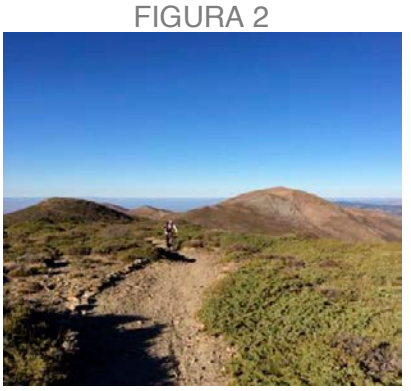


FIGURA 3

Descripción

El Sulayr es un sendero de gran recorrido que recorre Sierra Nevada a una altitud media de 1.800 metros. Los tramos que atraviesan el municipio de Güéjar Sierra son dos, el 17 y 18, de un total de 19. Los tramos indicados son coincidentes con algunos tramos de otros itinerarios descritos anteriormente. Desciende del Centro de Visitantes El Dornajo, a través de la pista forestal que pasa junto al Hotel del Duque, hasta llegar el río Genil. A continuación, lo cruza y continúa con el Camino del Charcón en dirección sur para enlazar con la vereda de la Estrella. Una vez en éste, y recorridos unos kilómetros se llega a un desvío donde parte un camino a la izquierda que desciende hasta la orilla del río Genil, para a continuación ascender por la conocida Cuesta de los Presidiarios, superar el Barranco del Calvario (Cucaracha) y llegar hasta los Lavaderos de la Reina. En el tramo común con otros itinerarios, se repiten las afecciones ya mencionadas. El último tramo el recorrido atraviesa un denso pinar que reduce la erosión del suelo.

Conclusiones

La heterogeneidad del relieve a lo largo de todo el recorrido hace que éste presente tramos muy diversos con distintos grados de peligrosidad. Los de clase más alta se localizan al inicio del mismo, en la subida hasta el Centro de Visitantes El Dornajo, en el tramo que comprende desde el Cortijo de Haza de Panizo hasta su encuentro con la Vereda de la Estrella, a través de los macizos rocosos de la Loma de Jarras y el Haza del Toril. El itinerario se mantiene en esta clase hasta alcanzar la parte superior de la Cuesta de los Presidiarios.

3 Conclusiones

- Se ha realizado el mapa de peligrosidad por movimientos de ladera en el municipio de Güéjar Sierra.
- Los resultados, valorados cualitativamente, demuestran la alta peligrosidad del territorio municipal, dado lo abrupto del relieve y la susceptibilidad de los materiales béticos a este tipo de fenómenos, dadaa sus litologías y el intenso grado de fracturación y meteorización.
- A partir del mapa confeccionado se ha profundizado, no obstante, en el análisis en cinco itinerarios de uso turístico de alta frecuentación.
- A pesar de que cualquier ruta de montaña entraña siempre un alto grado de peligrosidad y riesgo para los usuarios turísticos, se detecta que en los tramos específicos que discurren por el municipio de Güéjar Sierra los niveles de peligrosidad son máximos, especialmente en Sulayr y en la Vereda de la Estrella.
- Con este trabajo no se pretende mostrar ninguna aportación metodológica sino ensayar las metodologías al uso para hacer una llamada de atención a gestores y usuarios sobre la peligrosidad que entrañan algunos tramos de itinerarios que son comercializados turísticamente, incluso como rutas guiadas.

Referncias Bibliográficas

- Duran, J. J., Soria, F.J., y Romero, E. (1990). Metodología de elaboración de cartografías de peligrosidad de movimientos de ladera: Aplicación a la provincia de Granada. IV Reunión nacional de Geología Ambiental y Ordenación del territorio, p. 115-127.
- Fernández García, Paloma. (2013). Movimientos de ladera: conceptos, factores y clasificación. Mapas de peligrosidad, pp 51.
- Ferrer Gijón, Mercedes, (2007). Atlas de riesgos naturales de la provincia de Granada. Ed. Diputación de Granada, pp 190.
- García López-Davalillo, J.C. (2005). Análisis de la vulnerabilidad por movimientos de ladera: Desarrollo de las metodologías para evaluación y cartografía de la vulnerabilidad, pp 220.
- González de Vallejo, L., (2003). Ingeniería Geológica. Ed. Pearsn Prentice Hall., pp 715.
- González Donoso, J.M. (1968). Conclusiones estratigráficas y paleogeográficas sobre los terrenos miocénicos de la Depresión de Granada. Acta Geol. Hisp. III. 3. p. 57-63.
- González Donoso, J.M. (1977). Los materiales miocénicos de la Depresión de Granada. Sem. Sobre el Messiniense. Libro guía de excursiones Málaga. P. 1-8.
- IGME, (2008). Guía para la elaboración de Mapas de Inventario y de Susceptibilidad de Movimientos de ladera, Escala 1/50.000, pp 60.
- Jiménez Perálvarez, J.D., (2005). Movimientos de ladera mediante un SIG en la Cuenca Vertiente al embalse de Rules, Granada. Memoria de Doctorado, pp 106.
- Jiménez, J.; Irigaray, C.; El Hamdouni, R; Fernandez, P. y Chacón, J. (2008). Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante ArcGIS en la cuenca vertiente al embalse de Rules, Granada, pp 36.
- Lain, L.; Llorente M.; Reoyo E.; Arribas, J. J. y Galera Fernández, J.M.. (2009). Peligrosidad por movimientos de ladera. Municipio de Panticosa, pp 18.
- Oliva, M. (2008). Lóbulos de solifluxión y fluctuaciones paleoclimáticas durante el Holoceno en Sierra Nevada. ReserchGate.
- Oliva, M., Gómez, A., Schulte, L. y Salvador F. (2009). Procesos periglaciares actuales en Sierra Nevada. Distribución y morfometría de los lóbulos de solifluxión. NIMBU, N1 23-24, ISBN 1139-7136, 2009, 133- 148.
- Oliva, M. y Gómez, A. (2010). Efectividad de los procesos periglaciares en Sierra Nevada durante el Holoceno. VI Seminario Latino; Americano de Geografía Física. Universidad de Coimbra, Maio, 2010.
- Oliva, M., Gómez, A., Palacios, D. Salvador, F y Salvá M. (2014). El Cuaternario en el macizo de Sierra Nevada. Evolución paleoambiental y paisaje a partir de la interpretación de registros naturales y documentos de época. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Lega: B 21.741-98. Vol. XVIII, número 472.
- Rodríguez, J. (1982). El Mioceno del sector central de las Cordilleras Béticas. Tesis Doctoral Universidad de Granada. pp. 224.
- Von Drasche, R., (1879). Bosquejo Geológico de la zona superior de Sierra Nevada. Bol. Com. Del Mapa Geol. De España. P. 119-157.

GESTIÓN DEPORTIVA EN ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS. GOBERNANZA EN RED COLABORATIVA HACIA UN DESARROLLO SOSTENIBLE

(Tesis ganadora en el Premio CIMAS2018 a Jóvenes Investigadores)

EDUARD INGLÉS YUBA
eduard.ingles@gencat.cat
INEFC (Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya)

RESUMEN

El objetivo del estudio es determinar el efecto de una estructura de gobernanza en red colaborativa en la gestión de la práctica deportiva en espacios naturales protegidos sobre el grado de sostenibilidad de su desarrollo territorial. Se analiza la gobernanza existente en la toma de decisiones de un total de 8 situaciones de conflicto generadas por alguna práctica deportiva en 4 espacios protegidos en Cataluña, y los efectos sobre las dimensiones de su desarrollo en cada caso. Los datos se han recogido mediante entrevistas en profundidad con los principales stakeholders. Con el fin de permitir la comparación entre casos, la información ha sido cuantificada mediante la definición de índices de indicadores.

Los resultados muestran que existe una correlación entre el índice de red colaborativa y el índice de sostenibilidad: cuanto mayor es el grado de colaboración entre los stakeholders, mayor es el grado de sostenibilidad del desarrollo generado por la estrategia adoptada en cada uno de los casos analizados.

Palabras clave: Gobernanza, red colaborativa, desarrollo sostenible, deporte, espacio natural protegido.

ABSTRACT

This study aims to determine which is the effect of a collaborative network governance structure in the management of sport practice in natural protected areas on the degree of sustainability of its territorial development. This paper shows the results of the analysis of the existing governance in the decision making processes of 8 conflict situations generated by sport practice in 4 protected areas in Catalonia, and the effects on the dimensions of its development in each case. The method used to collect the data were in-depth qualitative interviews with key stakeholders. To allow the comparison between cases, qualitative information was quantified by the definition of indexes of indicators.

Results show that a correlation exists between the index of collaborative network and that of sustainability; that means that the greater is the degree of networking and collaboration between stakeholders, the higher is the degree of sustainability of the development generated by the strategy of solution adopted in each of the analysed cases.

Keywords: *Governance, collaborative network, sustainable development, sport, natural protected area*

1. Introducción

Trabajos de diversas disciplinas destacan cada vez más su preocupación por los efectos de la práctica deportiva sobre el medio natural (Dingle, 2009) y, en consecuencia, por la urgente necesidad de gestionar adecuadamente esta práctica con el fin de reducir sus efectos negativos hacia una desarrollo más sostenible (Mallen, Stevens, Adams & McRoberts, 2010).

En los últimos años, se ha producido un aumento exponencial del uso deportivo de los espacios naturales resultante en su uso masivo (Fyall & Jago, 2009); este incremento ha llevado a un aumento en el impacto de las prácticas deportivas sobre las condiciones naturales del entorno (De Andrés *et al.*, 1995; Lagardera & Martínez, 1998). Se trata de un fenómeno muy reciente y, en consecuencia, no existe una respuesta o solución global ni en el ámbito político ni en el de la regulación y gestión. Por lo tanto, se hace necesaria la construcción de un modelo de gestión que permita ofrecer soluciones a los gestores deportivos de espacios naturales.

Este trabajo tiene como objetivo contribuir al análisis de los efectos del modo de gobernanza en la gestión de la práctica deportiva sobre el grado de sostenibilidad del desarrollo alcanzado en las áreas naturales. Se analizan empíricamente los efectos generados por las relaciones establecidas y los procesos de colaboración utilizados por los actores involucrados en la gestión de la práctica deportiva, sobre las diferentes dimensiones del desarrollo de las zonas naturales: ecológica, económica, social (WCED, 1987) e institucional (Sepúlveda, 2008; Inglés, 2013; Inglés & Puig, 2015). Nuestro principal objetivo es determinar si una estructura de gobernanza en red colaborativa en la gestión de la práctica deportiva en los espacios naturales genera un mayor grado de sostenibilidad del desarrollo de la zona.

Este trabajo muestra los resultados del análisis de la gobernanza existente en los procesos de gestión de 8 situaciones de conflicto generadas por la práctica deportiva en 4 áreas naturales protegidas, y los efectos sobre las dimensiones de su desarrollo en cada caso. La información ha sido recogida a través de entrevistas cualitativas en profundidad realizadas a actores clave. Los datos cualitativos fueron cuantificados mediante la definición de los índices de indicadores para permitir la comparación entre casos.

El presente artículo se organiza tal como se expone. En primer lugar, se presenta una revisión de la literatura sobre la teoría de la gobernanza, centrándonos en la gobernanza en red y los conceptos de gobernanza colaborativa, y en la teoría del desarrollo sostenible. A continuación, se analizan las principales características de los casos de estudio seleccionados y sus situaciones específicas de conflicto. Se describe la metodología utilizada, y se describen los resultados empíricos alcanzados. En la sección final, relacionamos nuestros hallazgos con la literatura existente con el fin de concluir la contribución del trabajo.

2. Perspectiva teórica

2.1. Gobernanza: red colaborativa

Para definir la noción de gobernanza, se mencionan dos de sus significados principales (Mayntz, 1998): 1) *Gobernanza como alternative al control jerárquico.* Un Nuevo estilo de gobierno, basado en un grado mayor de cooperación entre los diferentes actores implicados (Rhodes, 1997); 2) *Gobernanza como cualquier forma de coordinación social.* Se considera como la forma primaria de construcción del orden social; así, mediante el concepto *gobernanza* se hace referencia a cualquier forma de coordinación social a cualquier nivel, especialmente el establecimiento de redes (Powell, 1990).

Diversos estudios se han centrado en los modos de gobernanza de la práctica del deporte, así como del turismo y las actividades recreativas desarrolladas en áreas naturales protegidas (Durán, 2009; Sharma & Kearins, 2011).

En el presente estudio, focalizamos nuestra atención en los conceptos de red y colaboración, acuñando el concepto de *gobernanza en red colaborativa.*

Una red es concebida como “una estructura corriente (en oposición a una herramienta metafórica o analítica) que incluye múltiples nodos;agencias y organizaciones-, y múltiples enlaces, generalmente involucrados en actividades de colaboración” (McGuire, 2011, p. 437). Agranoff & McGuire (2003, p. 4), hacen un especial hincapié sobre los objetivos de esta

estructura relacional, concibiendo la red como "una forma de actividad de colaboración que facilita e implementa acuerdos entre organizaciones para resolver problemas que no podían ser resueltos, o fácilmente resueltos, por organizaciones individuales".

McGuire (2011, pp. 442-443) define los elementos clave para la consecución de un *gobernanza en red* eficiente: consenso en la toma de decisiones, confianza, distribución de poder y creación de un conocimiento común.
La *colaboración* es definida como "la unión de apreciaciones y/o recursos tangibles, tales como información, dinero, trabajo, etc. entre dos o más partes interesadas, con el objetivo de resolver un conjunto de problemas que no podían ser resueltos individualmente" (Gray, 1985, p. 912).

Así, la gobernanza colaborativa en red puede ser concebida como “una forma de gobernanza en la cual actores públicos y privados trabajan de forma colectiva in diversas formas, usando procesos particulares para establecer leyes y regulaciones para la provisión de bienes comunes” (Ansell and Gash, 2008, p. 546).

Varios estudios demuestran la importancia de la participación de los diferentes stakeholders en la toma de decisiones (Saarikoski *et al*., 2010) sobre los efectos hacia un desarrollo más sostenible del territorio; este hecho se destaca in el caso particular de los espacios naturales protegidos (Erol, Kuvan & Yildirim, 2011; Hovardas & Poirazidis, 2007; Lane, 2003).

En este estudio, el grado de gobernanza en red colaborativa es definida por: la coincidencia de objetivos entre las partes interesadas, el grado de consenso y la confianza en la toma de decisiones y la intensidad, duración y regularidad de sus relaciones (Inglés, 2013; Inglés & Puig, 2015).

2.2. Desarrollo sostenible

La teoría del desarrollo sostenible surge de la noción de sostenibilidad. El núcleo conceptual de *sostenibilidad*, común a la mayoría de sus múltiples definiciones, consiste en que "las decisiones actuales no deben poner en peligro las expectativas para mantener o mejorar los futuros niveles de vida" (Repetto, 1985, p. 10).

La definición más ampliamente utilizada es la establecida en el informe Brundtland (WCED, 1987, p. 43), que concibe el desarrollo sostenible como "el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades".

El concepto de desarrollo sostenible se ha dividido tradicionalmente en tres partes: ambiental, económica y social; y cada parte representa un pilar (WCED, 1987). Otros estudios, tratando de ir más allá de esta concepción tridimensional, lo han extendido a través de la introducción de un cuarto elemento: la dimensión institucional (Meadowcroft, Farrell & Spangenberg, 2005).

En este estudio, el desarrollo sostenible se concibe como un sistema complejo compuesto por cuatro dimensiones: social, económica, ambiental y político-institucionales, así como por las interacciones dentro de cada uno de ellos y entre una dimensión y otra (Sepúlveda, 2008; Inglés, 2013; Inglés & Puig, 2015). Por lo tanto, la consecución de un verdadero desarrollo sostenible exige la consecución de un equilibrio en la satisfacción de las necesidades de sus cuatro pilares o dimensiones.

3. Método

Este artículo se basa en un diseño de estudio de casos. Consiste en el análisis de los 8 casos de conflicto desarrollados en 4 áreas naturales protegidas en Cataluña (España). Los datos para este artículo han sido extraídos de un total de 35 entrevistas en profundidad realizadas a los

principales *stakeholders* implicados, seleccionados por el uso de la técnica de bola de nieve, que estuvieron inmersos en el proceso de toma de decisiones desarrollado para resolver cada uno de los conflictos analizados.

La recolección de datos se llevó a cabo entre octubre de 2011 y junio de 2012. Se realizaron entrevistas en profundidad, cara a cara, en las cuales se introdujo el tema a las personas entrevistadas de una manera amplia con el fin de permitir que se expresaran en las diferentes dimensiones que se analizaron, en relación con los conflictos concretos (Tabla 1). Las entrevistas tuvieron una duración promedio de 1 hora y 12 minutos.

Los textos resultantes de las transcripciones de las entrevistas fueron analizadas por el uso del software QSR NVivo (QSR International Pty, 1999-2008). Después de este análisis inicial, la información cualitativa fue convertida en datos cuantitativos con el fin de permitir la comparación entre los 8 casos de estudio por medio del uso de índices de indicadores (Tabla 1).

Tabla 1
Conceptos, dimensiones e índices de indicadores

Conceptos	Dimensiones	Índices de indicadores
Modo de gobernanza	Red de relaciones	Índice de red colaborativa
	Procesos colaborativos	
Consecuencias sobre la sostenibilidad del desarrollo	Dimensión ecológica	Índice de sostenibilidad
	Dimensión social	
	Dimensión económica	
	Dimensión institucional	

3.1. Los casos de estudio. 4 espacios naturales protegidos: 8 conflictos

El análisis se centra en áreas naturales clasificadas dentro de la categoría de protección *Parque Natural*, establecida por la Ley 12/1985, de espacios naturales de Cataluña (España).

Esta selección ha permitido garantizar una mínima estructura de gestión, en la cual el modo de gobernanza podía ser analizado, con el fin de asegurar el cumplimiento de nuestros objetivos. Además, en cada uno de los espacios seleccionados, se seleccionaron dos conflictos generados por alguna de las modalidades deportivas practicadas dentro de sus límites de protección.

Los casos de estudio seleccionados, y la fuente de los conflictos analizados son definidos a continuación. Se han utilizado acrónimos para identificar a cada uno de los espacios y de las situaciones de conflicto en el texto, así como en las tablas y figuras, especificados entre paréntesis.

1. *Parque Natural del Montseny*. Comprende una superficie total de 31.064 hectáreas. Fue declarado Parque Natural en 1987; es uno de los más antiguos de la red de Parques Naturales de Cataluña y fue incluido dentro de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera por la UNESCO en 1978.
   - *MO.A. Ala delta.* El acceso de vehículos motorizados, incluyendo a los practicantes de actividades de vuelo (ala delta y parapente), generó un alto grado de erosión del suelo en las zonas más altas del Turó de l'Home.
   - *MO.B. Carrera por montaña de larga distancia*. La Carrera Matagalls-Montserrat es una carrera de resistencia no competitiva que consiste en cubrir a pie la distancia que separa la cima del Matagalls (1.699 m) y el monasterio de la montaña de Montserrat (709 m), en menos de 24 horas, recorriendo un total de 83,4 km. El gran aumento en el número de participantes generó: 1) una enorme erosión en las condiciones del suelo de la zona de la cima del Matagalls y sus proximidades; y 2) un gran bloqueo circulatorio en los

pueblos adyacentes, lo que dificultaba la comunicación de sus habitantes y generaba una gran complicación del tráfico.

2. *Parque del Garraf.* El área ocupa un total de 12.377 hectáreas. El Plan Especial del parque fue aprobado en 1986, y se incluye en el Plan de Áreas de Interés Natural catalán (PAIN) y en proceso de ser declarado como Parque Natural.

   - *GA.C. Escalada.* El aumento del número de escaladores puso en peligro la preservación del hábitat y la anidación de aves rapaces en las paredes, que se sentían amenazadas y se vieron obligadas a abandonar la zona.
   - *GA.D. Caza.* El aumento del el número de cazadores y la falta de restricciones, así como de limitaciones parciales de la actividad en cuanto a las zonas y las épocas permitidas, generaron una gran disminución de la biodiversidad de la zona, principalmente de las especies cinegéticas.

3. *Parque natural del Montgrí, las Islas Medas y el Bajo Ter.* Un área total de 8.192,19 hectáreas, que incluye 2.036,99 hectáreas de superficie marina protegida. Fue declarado como Parque Natural en 2010, pero las acciones anteriores de protección del litoral se habían empezado a desarrollar desde 1983.

   - *MED. E. Caza submarina.* La práctica de la pesca submarina en los alrededores de las Islas Medas generó una disminución considerable de la masa de peces.
   - *MED. F. Submarinismo*. El área de las Islas Medes es una de las zonas más visitadas por los buceadores de todo el mundo. El número de inmersiones diarias llegó a alcanzar un pico de más de 1.000, y generó, en consecuencia, la afectación sobre la biodiversidad del ecosistema marino.

4. *Parque natural de los Humedales del Empordà*. Una zona costera con una superficie total de 4.723 hectáreas, que incluye 825 hectáreas de Reserva Natural Integral. Declarado como Parque Nacional desde 1985.

   - *EMP. G. Esquí náutico.* La práctica del esquí náutico generó efectos negativos sobre las riberas del río Fluviá, en el cual se llevaba a cabo la actividad, así como sobre la conservación de la flora y la fauna fluvial. Al mismo tiempo, también obstaculizó la reproducción y nidificación de aves en el área.
   - *EMP. H. Kitesurf.* La práctica de kitesurf en este área ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, generando una sobreocupación de la línea de playa. Este aumento causó dificultades en la convivencia entre los practicantes de kitesurf y el resto de usuarios de la zona costera; y, además, se considera que la actividad también podía generar efectos negativos sobre la conservación del ecosistema dunar.

3.2. Índices de indicadores

Debido a la complejidad adquirida por ambos conceptos después de su operacionalización, se ha definido un índice para agrupar sus correspondientes indicadores en cada caso, tal y como se muestra en la Tabla 1. Su definición y el proceso de cálculo son expuestos a continuación (Inglés & Puig, 2015).

a) *Índice de red colaborativa.* Se asigna un valor cuantitativo al grado de interconexión y colaboración en la red de relaciones creada entre los stakeholders implicado. Se establecen un conjunto de valores numéricos para los grados posibles de cada uno de los indicadores que se utilizan para su descripción. La Tabla 2 define las categorías para cada uno de los indicadores, que cubre un rango de 0 a 6 puntos en cada caso, dependiendo de si están cerca de (6) o lejos de (0) una estructura teórica de gobernanza en red colaborativa.

Tabla 2
Indicadores para la medida del grado de estructura en red colaborativa

Elementos de análisis	Indicadores del nivel de colaboración en la red	Escala numérica
Stakeholders directamente conectados	*Stakeholders* en relación directa durante el proceso	0; 6
Coincidencia de objetivos	Totalmente opuestos	0; 2
	Opuestos pero con intenciones de acercamiento de posturas	2.1; 4
	Totalmente coincidentes	4.1; 6
Grado de consenso	Poder de decisión de un *stakeholder* central	0; 2
	Desequilibrio en el poder de los *stakeholders* pero intento de consenso	2.1; 4
	Consenso total en las decisiones	4.1; 6
Intensidad / Confianza	Mala relación / Tensión social general	0; 2
	Tensión entre algunos *stakeholders* y confianza entre otros	2.1; 4
	Buena relación / Confianza general	4.1; 6
Duración / Regularidad	Colaboración ocasional	0; 2
	Mantenimiento del contacto/ Encuentros intermitentes	2.1; 4
	Mantenimiento de la colaboración / Relaciones permanentes	4.1; 6

Por lo tanto, el índice red colaborativa consiste en la suma de los resultados obtenidos en cada uno de los indicadores que se muestran en la tabla anterior, Las fórmulas siguientes resumen el proceso de construcción del índice de red colaborativa (InRC).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{x}_i}{n} \qquad InRC = \frac{\bar{X}}{30} \cdot 10$$

El cálculo del resultado promedio global ($\bar{X}$) consiste en la división de la suma de los resultados medios obtenidos en cada uno de los elementos de análisis ($\sum_{i=1}^{n} \bar{x}_i$) dividido por el (n) de los elementos de análisis. El promedio global ($\bar{X}$) se divide por el valor máximo posible del resultado de la media global (30) y, posteriormente, se estandarizada a una base de 10 puntos con el fin de que sea comparable con el índice de sostenibilidad.

b) *Índice de sostenibilidad.* Se asigna un valor cuantitativo a los efectos de las diferentes estrategias identificadas sobre el grado de sostenibilidad del desarrollo territorial. Los efectos de las diversas estrategias se analizaron por medio de las evaluaciones de las personas entrevistadas en función de sus propias percepciones.

El proceso consistió en la asignación de 10 puntos a una dimensión particular, cuando una de las personas entrevistadas consideraba que la solución general había generado un efecto positivo sobre tal dimensión, y de la deducción de 10 puntos cuando, por el contrario, era considerado que la estrategia era perjudicial para esa dimensión. Cuando una persona entrevistada consideró que la estrategia no había tenido ningún efecto sobre esa dimensión, se otorgaron 5 puntos a la dimensión concreta en caso de que evaluara que la situación era positiva antes de la puesta en práctica de la estrategia, y se restaban 5 puntos cuando la situación era considerada como previamente negativa. La Tabla 3 muestra las puntuaciones conferidas a las percepción del entrevistador sobre el impacto de la solución en cada dimensión, con el fin de cuantificar los datos cualitativos iniciales.

Tabla 3
Valores para la cuantificación de la percepción de las personas entrevistadas en relación al impacto de la solución sobre cada dimensión

Percepción de las personas entrevistadas	Valores para la cuantificación	
Efectos positivos	+10	
Sin efecto	+5	*(si la situación era previamente percibida como **positiva**)*
	-5	*(si la situación era previamente percibida como **negativa**)*
Efectos negativos	-10	

La suma de las puntuaciones otorgadas a las percepciones de cada uno de las personas entrevistadas indica la evaluación del impacto de la solución sobre cada una de las dimensiones. Por medio de la adición de estos cuatro valores permite obtener el índice de sostenibilidad, con un valor máximo de 40 puntos en cada caso analizado.

Del mismo modo que en el índice de red colaborativa, las fórmulas siguientes resumen el proceso de construcción del índice de sostenibilidad (InSost).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{x}_i}{n} \qquad InSost = \frac{\bar{X}}{40} \cdot 10$$

Consiste en el mismo proceso de cálculo, pero en este caso el valor máximo posible del resultado de la media global es de 40. El resultado también es estandarizado a una base de 10 puntos con el fin de permitir la comparación entre índices.

4. Resultados

El análisis de resultados se basa en los datos resultantes de la cuantificación de la información cualitativa, aunque cada caso se ha analizado anteriormente de forma independiente por el uso de la información resultante de las entrevistas en profundidad.

4.1. El modo de gobernanza: Índice de red colaborativa

Los valores dados a los indicadores mencionados previamente (Tabla 2) se muestran en un gráfico radial (Fig. 1); cada vértice del gráfico representa uno de los indicadores. La Tabla 4 muestra los valores numéricos para cada uno de los indicadores y el valor resultante del índice de red colaborativa en cada conflicto, estandarizado a una base de 10 puntos. Por medio de la Figura 1 podemos observar gráficamente que cuanto mayor es el área cubierta por los diferentes indicadores en cada caso, mayor resulta el grado de gobernanza en red colaborativa.

El área dibujada en el gráfico por el conflicto MED.F (submarinismo) está totalmente desplazada hacia el vértice formado por el número de *stakeholders* conectados y la duración/regularidad de las relaciones, dado que en ambos casos se obtuvo una puntuación máxima; los valores de los otros indicadores, sin embargo, son inexistentes. La solución al conflicto se creó en el marco del Consejo Asesor y la Comisión Permanente de la zona protegida, que reúnen a los representantes de todos los interesados. Aun así, la relación entre los *stakeholders* se puede definir como una tensa oposición entre dos grupos con intereses contrariados que dio lugar a un conflicto a nivel personal, imposibilitando, de este modo, el proceso de diálogo. La negociación fue desequilibrada por la posición jerárquica superior del Gobierno, y debido a los intereses económicos de los centros de inmersiones. Finalmente, no

se consiguió llegar a un consenso, sino únicamente a una decisión salomónica para el establecimiento del número máximo de inmersiones.

FIGURA 1
Índice de red colaborativa e indicadores, por situaciones de conflicto

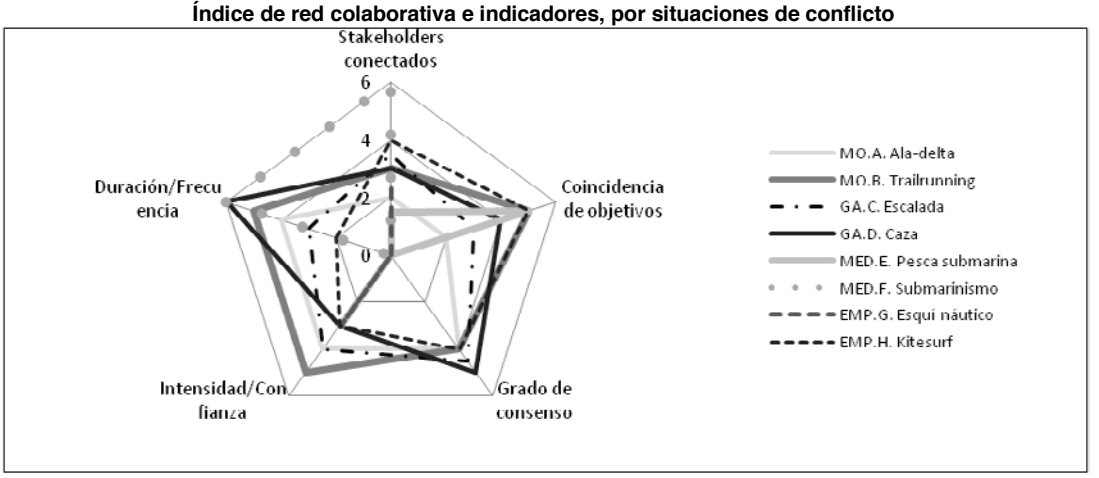


Tabla 4
Índice de red colaborativa e indicadores, por situaciones de conflicto: valores numéricos.

	Stakeholders conectados (X_1)	Coincidencia de objetivos (X_2)	Grado de consenso (X_3)	Intensidad / Confianza (X_4)	Duración / Frecuencia (X_5)	**Índice / 10**	Personas entrevistadas *(n)*
MO.A	2	2	4	4	4	**5,33**	10
MO.B.	3	5	4	5	5	**7,33**	10
GA.C.	3,5	3	4,5	4	3	**6,00**	10
GA.D.	3	4	5	3	6	**7,00**	10
MED.E	1,5	5	0	3	0	**3,17**	7
MED.F	6	0	0	0	6	**4,00**	7
EMP.G	2,5	0	0	3	0	**1,83**	9
EMP.H	4	5	4	3	2	**6,00**	9

En el caso del esquí náutico (EMP.G), el área se reduce a una línea que une los valores reducidos de la cantidad de *stakeholders* interconectados y la confianza/intensidad de su relación, dado que el resto de indicadores tienen una valoración de 0. Esto es debido a que los gestores del Parque tomaron la decisión final de la prohibición de la actividad, hacienda uso de su poder, sin tratar de llegar a ningún tipo de consenso y sin utilizar ningún proceso de colaboración, a pesar de la confianza previamente existente entre el colectivo de esquiadores y sus predecesores en la dirección del Parque.

Del mismo modo, el área generada por el conflicto MED.E (pesca submarina) en el gráfico dibuja un triángulo conformado por dos vértices: el primero, indicando una gran coincidencia entre los objetivos de todos los *stakeholders* involucrados, mientras que el segundo señala que la decisión fue tomada unilateralmente por el gobierno sin ninguna conexión directa con los otros grupos de interés.

El área de los casos restantes dibuja un polígono que, a pesar de las diferencias en la longitud de sus lados y en la distancia entre sus vértices, indica que una puntuación se ha dado a todos los elementos de análisis. En el caso de la actividad de caza (GA.D), el valor de duración/frecuencia de la relación colaborativa destaca por encima del resto, ya que la

conexión se basa en una coalición permanente para la gestión conjunta de la zona de caza. Desde el inicio del proceso de solución al conflicto, se llevaron a cabo las reuniones periódicas; además, los objetivos de los diversos *stakeholders* fueron similares y la gran cooperación la confianza entre las partes implicadas facilitaron el consenso final.

En los conflictos EMP.H (*kitesurf*) y MO.B (*trailrunning*) la coincidencia de objetivos entre los *stakeholders* involucrados es notable. En el caso EMP.H, la mayoría de los *stakeholders* que conforman la Junta de Protección perseguían la regulación de la actividad, a pesar de las diferencias entre el nivel de restricciones deseado –únicamente el grupo ecologista pedía la prohibición total de la actividad-, se llegó a una solución final consensuada. En el caso MO.B, a pesar de la divergencia inicial de objetivos, los *stakeholders* terminaron coincidiendo en una decisión con la que todos se sintieron parte y resultaron beneficiados beneficiado. En este caso, el valor de la intensidad y la confianza de la relación de colaboración también destaca por encima del resto de valores, dado que los diálogos entre los gestores del parque y los organizadores de la carrera fueron constantes durante más de 10 años.

En el caso de la práctica de ala delta (MO.A), la estrecha relación existente entre los representantes de los principales *stakeholders* participantes en la toma de decisiones –gestores del parque y representantes de la federación de actividades de vuelo- permitió no sólo reducir la tensión entre algunos de los practicantes, sino también para llegar a un acuerdo consensuado que permitiera resolver el conflicto. En el caso GA.C (escalada), a pesar de la tensión inicial, la estructura de las relaciones establecida durante el proceso de solución generó una gran confianza entre los distintos *stakeholders* en el proceso de colaboración llevado a cabo. Se constituyó un comité de representantes formado por miembros del Parque, el Gobierno y la Federación responsable, y culminó con la redacción de un acuerdo consensuado.

El índice de red colaborativa se calcula sobre una base de 10 puntos (Tabla 3) con el fin de permitir la comparación entre casos y, posteriormente, con los valores del índice de sostenibilidad en cada uno de ellos. Por lo tanto, los valores del índice de red colaborativa nos permiten evaluar el grado de relación y colaboración existente en cada caso que nos permite definir el modo de gobernanza que se establece en el proceso de resolución de los conflictos analizados.

4.2. Índice de sostenibilidad: Impacto de las soluciones a los conflictos

En este apartado, la percepción de las personas entrevistadas en relación a las consecuencias de la solución global aplicada en cada caso se muestra mediante la Figura 4, donde los diferentes tonos en cada caso diferencian los efectos sobre las cuatro dimensiones del desarrollo.

La Tabla 5 muestra los valores numéricos de las evaluaciones por parte de las personas entrevistadas sobre los efectos generados en cada una de las dimensiones y el valor del índice de sostenibilidad resultante en cada caso, estandarizado a una base de 10 puntos.

La Figura 2 muestra como las únicas soluciones que han generado efectos positivos sobre las cuatro dimensiones del desarrollo son las llevadas a cabo en la resolución de los conflictos MO.B (*trailrunning*) y GA.D (caza) y, por lo tanto, son los únicos que pueden ser categorizados como sostenibles. En el caso MO.B, la modificación del punto de partida de la carrera, suprimiendo, de este modo, el descenso inicial de la cumbre del Matagalls como parte del recorrido, generó una considerable reducción de la erosión del suelo; mientras que, al mismo tiempo, se produjo una considerable mejora en la circulación del tráfico del área circundante. En el caso GA.D, el establecimiento de una gestión conjunta de la Zona de Caza, permitió la restauración de la población de las especies cinegéticas de la zona, así como la reducción del conflicto generado por la confluencia con los excursionistas.

FIGURA 2
Índice de sostenibilidad, por dimensiones y situaciones de conflicto

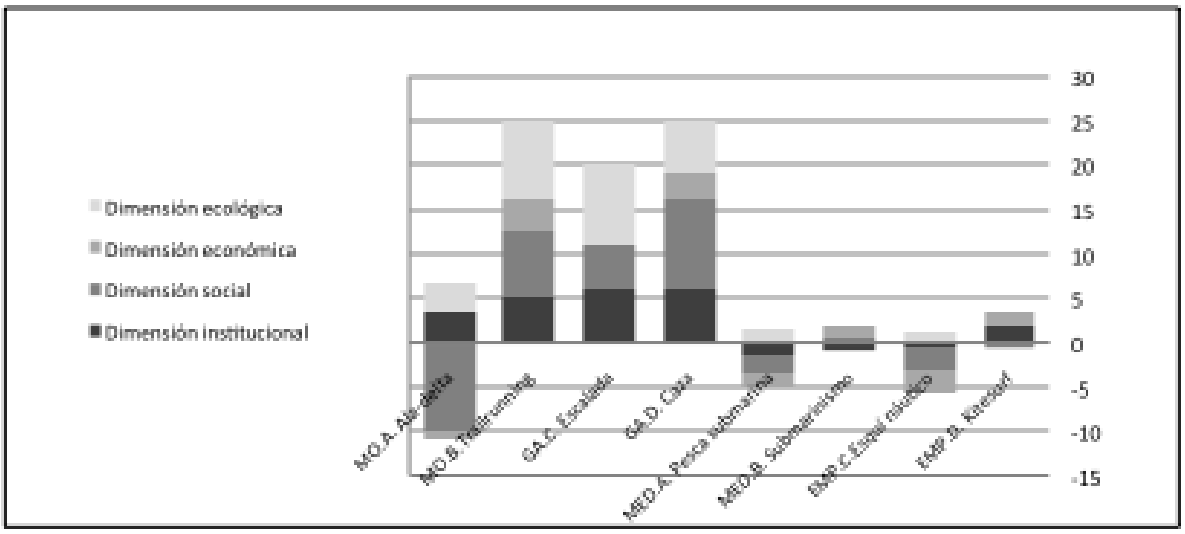


Tabla 5
Índice de sostenibilidad, por dimensiones y situaciones de conflicto: valores numéricos

	MO.A	MO.B	GA.C	GA.D	MED.E	MED.F	EMP.G	EMP.H
Dimensión ecológica *(X1)*	3,33	8,75	9	6	6,00	-1,67	5,00	-1,00
Dimensión económica *(X1)*	-0,83	3,75	0	3	-6,00	5,83	-10,00	7,00
Dimensión social *(X1)*	-10	7,5	5	10	-8,00	1,67	-10,00	-2,00
Dimensión institucional *(X1)*	3,33	5	6	6	-6,00	-3,33	-2,50	7,00
Índice de sostenibilidad / 10	**-1,04**	**6,25**	**5**	**6,25**	**-3,5**	**0,625**	**-4,375**	**2,75**
Entrevistados (n)	10	10	10	10	7	7	9	9

En el caso GA.C (escalada), la solución consistió en la redacción de un acuerdo para regular los períodos del año en los que se permite o se restringe la práctica de la escalada, combinando esta regulación con una zonificación de las áreas específicas permitidas o restringidas. Este acuerdo representó considerables beneficios para todas las dimensiones del desarrollo, excepto en el ámbito económico.

Podemos observar como las soluciones desarrolladas en tres de los conflictos analizados generan efectos positivos en dos de las cuatro dimensiones, pero suponen perjuicios en los dos restantes. En el caso de la solución al conflicto MO.A (ala delta), basado en la regulación del acceso motorizado a la cima del Matagalls, podemos ver cómo los valores de los efectos sobre las dimensiones ecológicas e institucionales son positivos. Por el contrario, la notable disminución en la práctica de ala delta en la zona generó valores negativos en los efectos sobre las dimensiones económica y social.

La solución al conflicto EMP.H (*kitesurf*), consistió en la zonificación costera para regular las áreas en las que se permitía la práctica del *kitesurf*. Esta decisión generó efectos positivos sobre las dimensiones económica e institucional. Sin embargo, sus efectos sobre la dimensión ecológica fueron negativos, ya que la solución final generó una extensión de la presión humana sobre la mayoría de las zonas costeras. En cuanto al caso MED.F (submarinismo), la figura 2 muestra cómo las partes de la columna correspondiente a las dimensiones social y económica tienen valores positivos, mientras que las dimensiones ecológica e institucional

están por debajo de 0. Aunque la actividad produjo un gran desarrollo económico por la proliferación de la actividad y su atracción de turismo, se produjo un gran el desequilibrio de los ecosistemas en la flora y fauna de la zona.

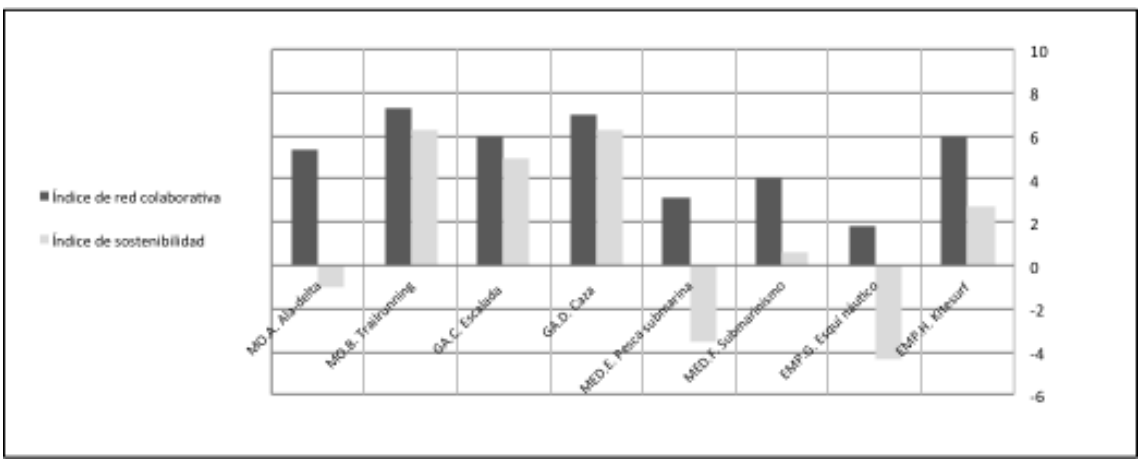
Las soluciones desarrolladas para dar respuesta a los conflictos MED.E (pesca submarina) y EMP.G (esquí náutico) únicamente generaron efectos positivos sobre la dimensión ecológica. En el caso MED.E, la prohibición de la actividad causó un aumento significativo de la biomasa de peces pero, por el contrario, tanto el movimiento social como la actividad económica han desaparecido por completo. Por otra parte, la prohibición del esquí náutico (EMP.G), aunque permitiera la recuperación de los niveles de biomasa de peces en el área fluvial, causó la pérdida completa del desarrollo económico que la actividad había generado durante años.

Como podemos ver a través de estos dos últimos ejemplos, las estrategias de solución que concluyen con la prohibición total de la actividad, son las que han dado lugar a un menor grado de sostenibilidad del desarrollo territorial.

4.3. Correlación entre el grado de red colaborativa y la sostenibilidad del desarrollo

Por último, esta sección pretende mostrar la relación entre el modo de gobernanza en el cual se enmarca la solución global final y sus efectos sobre el grado de sostenibilidad del desarrollo territorial, en cada caso, mediante la correlación entre sus índices resultantes.

FIGURA 3
Índices de red colaborativa y de sostenibilidad, por situaciones de conflicto



Partiendo de los datos mostrados en la figura 3, podemos verificar que existe una estrecha relación entre el índice de red colaborativa y la el índice de sostenibilidad; esto significa que cuanto mayor es el grado de trabajo en red y el desarrollo de procesos de colaboración entre *stakeholders* implicados, mayor es el grado de sostenibilidad del desarrollo generado por la estrategia de la solución final adoptada. Esta afirmación puede ser ilustrada con los siguientes ejemplos: la gran colaboración alcanzado entre los gestores del Parque Natural del Montseny, los organizadores de la carrera y el ayuntamiento en el conflicto MO.B; o la coalición para la gestión conjunta de la zona de caza en el Parque del Garraf (GA.D). En ambas situaciones, los valores del índice de red colaborativa y el de sostenibilidad son elevados. Por otra parte, los casos que han obtenido un menor valor de su índice de red colaborativa, también han generado un valor más reducido en la sostenibilidad final obtenida. Esta correlación se puede ver, por ejemplo, en el caso del esquí náutico en el Parque Natural de los Humedales del Empordà (EMP.G), donde la prohibición de la actividad es determinada unilateralmente por los gestores del Parque; esta estructura jerárquica resultó en un valor negativo de su índice de sostenibilidad.

El coeficiente de correlación de Pearson entre estos dos índices confirma esta afirmación con un valor de 0,932 (P = 0,001).

5. Discusión y conclusiones

Este estudio ha tratado de definir las diferentes formas de gobernanza establecidas en cada uno de los conflictos analizados y determinar los factores que las conformaron en cada caso, así como el efecto que generaron sobre la sostenibilidad del desarrollo territorial.

El análisis de cada uno de los casos seleccionados y la comparación entre ellos ha demostrado que existe una relación entre el índice de red colaborativa y el índice de sostenibilidad; lo que indica que un mayor grado de relación en la red de *stakeholders* que la constituyen y la aplicación de procesos de colaboración entre ellos generan un mayor grado de sostenibilidad en el desarrollo del territorio. En este apartado final, se muestran una serie de reflexiones entorno a este hallazgo y en relación con las conclusiones obtenidas por varios estudios relacionados.

Podemos observar como otros estudios también apuntan esta correlación. Martínez (2004) identificó la gestión de conflictos, el establecimiento de relaciones sociales y la descentralización del poder como los principios para hacer posible una gobernanza más sostenible. Durán (2009) muestra cómo una forma de gobernanza de un área natural basada en una relación horizontal entre las autoridades del parque, los científicos y la comunidad local, genera soluciones más sostenibles. Geneletti & Van Duren (2008) proponen un método de zonificación de un paraje natural, dividiendo la zona por niveles de protección, basado en la participación de todos los actores involucrados en la definición de criterios y en los procesos de toma de decisiones posteriores. Observamos, así, cómo los argumentos expuestos en estos trabajos conectan con nuestros resultados.

Estos resultados parecen indicar que la existencia de una estructura de gobernanza en red colaborativa supone la panacea para la consecución de un desarrollo sostenible. Queremos destacar que, además de esta condición, se requieren una serie de elementos favorables para garantizar la correlación apuntada, tal y como otros estudios previos han afirmado. Estas condiciones, presentadas a continuación, pueden representar un conjunto de recomendaciones para la consecución de una gestión más sostenible de cualquier espacio natural protegido.

La existencia de conocimiento científico (Stensland, 2012), así como su aplicación para la evaluación eficiente de las medidas adoptadas (Heylings & Bravo, 2007), el establecimiento de programas educativos y de sensibilización ambiental con el fin de fomentar el compromiso de todos los *stakeholders* con el desarrollo sostenible del espacio natural (Martínez, 2004; Schusler, Decker & Pfeffer, 2003), así como para establecer una percepción común de las acciones que pueden generar un impacto negativo o positivo sobre el desarrollo sostenible (Rech & Mounet, 2011).

La generalización de los resultados de este estudio está condicionada por una serie de limitaciones. El hecho de que los conflictos tuvieron lugar en el pasado conlleva que los datos están condicionada por la memoria de las personas entrevistadas. Además, la información sobre la estructura de gobernanza existente, así como la relativa al impacto sobre el desarrollo del territorio, se basó en las percepciones y subjetividad de los actores involucrados, hecho que podría haber limitado su fiabilidad.

Estas limitaciones suponen un gran oportunidad para futuros estudios que, basándose en un diseño longitudinal, permitirían una monitorización a tiempo real de los procesos de solución de conflictos existentes y de las consecuencias generadas por las estrategias aplicadas sobre el desarrollo de los territorios analizados.

En conclusión, este artículo señala la importancia de una estructura de gobernanza en red colaborativa para la gestión de la práctica deportiva en espacios naturales protegidos y su efecto sobre la consecución de un desarrollo más sostenible.

Referencias bibliográficas

- Agranoff, R., & McGuire, M. (2003). *Collaborative Public Management: New Strategies for Local Governments*. Washington, D.C.: Georgetown University Press.
- Ansell, C. & Gash, A. (2008). Collaborative Governance in Theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 18, pp. 543-571.
- De Andrés, A., Blanco, R., Pertejo, J., & Prats, M. J. (1995). *Manual para la Mejora de la Calidad Ambiental de las Actividades Recreativas en la Naturaleza*. Madrid.
- Dingle, G. (2009). Sustaining the race: a review of literature pertaining to the environmental sustainability of motorsport. *International Journal of Sports Marketing & Sponsorship*, 11(1), pp. 80-96.
- Durán, C. A. (2009). Gobernanza en los Parques Nacionales Naturales Colombianos. Reflexiones a partir del Caso de la Comunidad Orika y su Participación en la Conservación del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo. *Revista de Estudios Sociales*, 32, pp. 60-73.
- Erol, S. Y., Kuvan, Y., & Yildirim, H. T. (2011). The general characteristics and main problems of national parks in Turkey. *African Journal of Agricultural Research, 6*(23), 5377-5385.
- Fyall, A., & Jago, L. (2009). Sustainability in Sport & Tourism. *Journal of Sport Tourism*, 14(2/3), pp. 77-81.
- Geneletti, D., & van Duren, I. (2008). Protected area zoning for conservation and use: A combination of spatial multicriteria and multiobjective evaluation. *Landscape and Urban Planning*, 85(2), pp. 97-110.
- Gray, B. (1985). Conditions Facilitating Interorganizational Collaboration. *Human Relations*. 38, pp. 911-936.
- Heylings, P., & Bravo, M. (2007). Evaluating governance: A process for understanding how co-management is functioning, and why, in the Galapagos Marine Reserve. *Ocean & Coastal Management*, 50(3–4), pp. 174-208.
- Hovardas, T., & Poirazidis, K. (2007). Environmental policy beliefs of stakeholders in protected area management. *Environmental Management, 39*(4), 515-525.
- Inglés, E. (2013). *Estratègies de Gestió de la Pràctica Esportiva per al Desenvolupament Sostenible. Un Estudi de Casos sobre Governança i Stakeholders.* Doctoral thesis. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- Inglés, E.; Puig, N. (2015). Sports management in coastal protected areas. A case study on collaborative network governance towards sustainable development. *Ocean & Coastal Management. 118*, 178-188.
- Lagardera, F., & Martínez, J. R. (1998). "Deporte y Ecología: la Emergencia de un Conflicto". In M. García Ferrando, N. Puig & F. Lagardera (Eds.), *Sociología del deporte* (pp. 179-204). Madrid: Alianza.
- Lane, M. B. (2003). Decentralization or privatization of environmental governance? Forest conflict and bioregional assessment in Australia. *Journal of Rural Studies, 19*(3), 283-294.
- Mallen, C., Stevens, J., Adams, L., & McRoberts, S. (2010). The Assessment of the Environmental Performance of an International Multi-Sport Event. *European Sport Management Quarterly*, 10(1), pp. 97-122.
- Martínez, Z. (2004). "Cogestión de Recursos Naturales en la Región Atlántica de Colombia". *Innovar*, 14(23), pp. 158-167.
- Mayntz, R. (1998). New challenges to Governance Theory. *Jean Monnet Chair Paper no. 50*. Florence: Robert Schuman Centre of the European University.
- McGuire, M. (2011). Network Management. In M. Bevir (Ed.), *The SAGE Handbook of Governance* (pp. 436-453). London: SAGE Publications.
- Meadowcroft, J., Farrell, N. K., & Spangenberg, J. (2005). Developing a Framework for Sustainability Governance in the European Union. *International Journal for Sustainable Development*, 9, pp. 3-11.
- Powell, W. W. (1990). Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organization. *Research in Organizational Behaviour*, 12, pp. 295-336.
- Rech, Y., & Mounet, J. P. (2011). Les sports de nature en debat: receptions differenciées de la gestion participative dans le Parc naturel regional de Chartreuse. *Developpement Durable et Territoires*, 2(3), pp. 1-18.
- Repetto, R. (1985). *The Global Possible-Resources, Development and the New Century*. New Haven: Yale University Press.
- Rhodes, R.A.W. (1997). *Understanding Governance. Policy Networks, Governance, Reflexivity and Accountability*. Buckingham/Philadelphia: Open University Press.
- Schusler, T. M., Decker, D. J., & Pfeffer, M. J. (2003). Social Learning for Collaborative Natural Resource Management. *Society & Natural Resources*, 16(4), pp. 309-326.
- Sepúlveda, S. (2008). *Gestión del Desarrollo Sostenible en Territorios Rurales: Métodos para la Planificación.* San José, C.R.: IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura).
- Sharma, A., & Kearins, K. (2011). Interorganizational Collaboration for Regional Sustainability: What Happens When Organizational Representatives Come Together? *The Journal of Applied Behavioral Science*, 47(2), pp. 168-203.
- Stensland, S. (2012). Typology of landowners in Norwegian salmon angling: attitudes towards river owner organisations and management actions. *Fisheries Management and Ecology*, 19(4), pp. 273-282.
- WCED (World Commission on Environment and Development) (1987). *Our Common Future*. *Report of the United Nations WCED.* Oxford: Oxford University Press.

LOS PROBLEMAS DE LAS CARRERAS (DE O POR) MONTAÑA O TRAIL RUNNING. UN ANÁLISIS DE REGLAMENTOS OFICIALES

VÍCTOR LABRADOR ROCA[1]; EDUARD INGLÉS YUBA[2]; JOAN BABÍ LLADÓS[3]; MÍRIAM ROCHER DOLZ[4]; IÑIGO GARCIA CHARTERINA[5]
vlabrador@gencat.cat, eduard.ingles@gencat.cat, jbabi@gencat.cat, rochermiriam@gmail.com, igarchar10@gmail.com
Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (Universidad de Barcelona (1, 2, 3 y 4)), Universidad del País Vasco (5)

RESUMEN

Este trabajo pretende conocer las diferencias que existen entre las carreras (de o por) montaña. Para ello, se realiza un análisis de distintos reglamentos de carreras (de o por) montaña, llevando a cabo una comparación a nivel local, autonómico, nacional e internacional. Para ello, se realiza un estudio descriptivo que utiliza el análisis de contenido como técnica central de investigación. La muestra está formada por un total de 8 reglamentos oficiales: internacional (International Trail Running Association – ITRA y la International Skyrunning Federation; ISF), nacional (Real Federación Española de Atletismo; RFEA y la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada; FEDME), autonómico (Aragón – Federación Aragonesa de Montañismo y País Vasco – Federación Vasca de Montaña) y local (TransGrancanaria y Transvulcania). Los resultados obtenidos describen cierta desorientación institucional, al no haber una única organización de referencia que gestione las carreras (de o por) montaña o trail running.

Palabras clave: carreras (de o por) montaña; reglamento, trail running

ABSTRACT

This work pretends to know the differences that exist between the mountain or trail running races. To do this, an analysis of different trail running races regulations is made, carrying out a comparison at local, regional, national and international level. For this, a descriptive study is carried out that uses content analysis as a central research technique. The sample consists of a total of 8 official regulations: International (International Trail Running Association; ITRA and the International Skyrunning Federation; ISF), national (Royal Spanish Athletics Federation; RFEA and the Spanish Federation of Mountain Sports and Climbing; FEDME), autonomic (Aragón; Aragonese Federation of Mountaineering and Basque Country; Basque Mountain Federation) and local (TransGrancanaria and Transvulcania). The results obtained describe some institutional disorientation, as there is not a single reference organization that manages trail running races.

Keywords: *mountain races; regulation; trail running*

1. Introducción

El interés de la realización de este trabajo parte del gran aumento de participantes en esta "nueva modalidad deportiva", ya que según la Roptis Socual Running (2014) las carreras registradas en los últimos años en Cataluña, por ejemplo, han pasado de 38 en el año 2008, a 663 en el 2014. Este aumento exponencial de participantes ha estipulado la media de carreras de o por montaña en 12.7 carreras por semana en dicha comunidad autónoma.

Este aumento de participantes en los últimos años ha provocado la pugna entre las distintas organizaciones de los diferentes tipos de carreras con un objetivo en común, lograr la institucionalización. Este reconocimiento oficial y social de la modalidad deportiva conllevaría a la posesión del monopolio deportivo sobre esta práctica (Seguí, Inglés, Labrador y Faría, 2016).

Estos mismos autores en forma de contextualización, manifiestan que: a nivel nacional, en España, se diferencian tres promotores: a) la Real Federación Española de Atletismo (RFEA),

que organiza las carreras de montaña y está afiliada a la International Association of Athletics Federations (IAAF); b) la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME), que organiza las carreras por montaña y está coordinada con la International Skyrunning Federation (ISF); y c) la Asociación Española de Trail Running (AE Trail), quien organiza el trail running y no está afiliada o coordinada con ninguna entidad internacional.

Por otro lado, a nivel autonómico, encontramos dos modelos: a) aquellas CCAA en que las carreras (de o por) montaña son organizadas por las federaciones autonómicas de atletismo y federaciones de deportes de montaña y escalada, respectivamente; y b) otras CCAA, como Catalunya, en la cual existe una convivencia entre las respectivas federaciones autonómicas de atletismo y las de deportes de montaña y escalada y una tercera, la Federación de Entidades Excursionistas de Cataluña (FEEC), la cual organiza las carreras de velocidad por montaña. En ambos casos puede coexistir la organización del trail running por parte de la AE Trail (Seguí, Inglés, Labrador y Faría, 2016).

A modo de definición, a nivel internacional, en el artículo "¿Qué es el trail running?" (Mayayo, 2013) se opina que “quizá esto debió liderarlo en su momento la International Climbing and Mountaineering Federation (UIAA), pero puesto que no lo hace, surgen varias asociaciones como la World Mountain Running Association (WMRA), la ISF de Mario Giacometti o esta International Trail Running Association (ITRA) de Michel Polletti” (citado por Pita Insúa, 2015, p. 34).

En el mismo sentido, Mayayo (2014), manifiesta que “ITRA es una de las dos principales entidades internacionales que coordinan las carreras por montaña, junto con la ISF que gestiona las pruebas de Skyrunning. Ambas se diferencian en origen, filosofía y campo de actuación” (citado por Pita Insúa, 2015, p. 34).
Así pues, la definición por la ITRA:

El Trail Running es una carrera pedestre abierta a todos, en entorno natural (montañas, desierto, bosque, llanura, etc.) con el mínimo asfalto posible (no debe superar el 20% del recorrido total). El camino puede ser variado (caminos, senderos, pistas, etc.) y la ruta debe de estar debidamente marcada. La carrera será idealmente, pero no necesariamente, en autosuficiencia o en semi autosuficiencia y se llevará a cabo con respeto de la ética deportiva, la lealtad, la solidaridad y el medio ambiente (ITRA, 2015, p. 5).

Como cita Pita Insúa (2015, p. 37), la ISF contempla el concepto de Trail Running, como un concepto más cerrado y con unos criterios más concretos a la hora de que las competiciones puedan entrar en sus circuitos. En palabras de su presidente, Marino Giacometti, “venimos del alpinismo, no del atletismo”. Esta declaración pretende estandarizar las características y las exigencias de sus pruebas (Redacción Outdoor Actual, 2015).

La definición que la ISF hace de la modalidad deportiva, que ellos denominan Skyrunning es:
Carreras por montaña en terrenos que superen los 2000m de altitud, con pendientes superiores a un 30% y con una dificultad técnica que no exceda un grado II. Bastones, crampones e incluso las manos pueden ser utilizadas para facilitar el avance. Guantes técnicos y otro material puede ser obligatorio en algunas carreras (Reglas de la ISF, 2015).

Ambas asociaciones tienen objetivos comunes en búsqueda de la homogeneización del futuro deporte y también la búsqueda de unos parámetros que sirvan para asentar unas acciones futuras que ayuden a la mejora en la calidad de las competiciones, al desarrollo del deporte, cuidado medioambiental y a la protección de los participantes formando grupos de trabajo en asuntos como: seguridad, desarrollo ético, deportivo o lucha contra dopaje. Además de poder formar parte del calendario olímpico (Pita Insúa, 2015).

Las diferencias más plausibles forman parte de la propia filosofía deportiva de cada entidad. La ITRA busca la globalización y la reunión de todas las modalidades de carreras no comprendidas en la IAAF por el terreno en el que se realizan. Y la de SkyRunning que es un poco más

restrictiva, intenta que sus raíces ligadas al alpinismo perduren en los criterios de sus pruebas. Aun así, en la actualidad, ya se está abriendo una puerta en su normativa a aquellas pruebas que por condiciones orográficas no puedan tener un nexo con el alpinismo, pero que sí quieran desarrollar esta modalidad deportiva por sus parajes naturales.

A nivel nacional, son tres las organizaciones que gestionan el Trail Running. Por un lado, la RFEA, define las carreras de montaña a partir del Reglamento de competición 2014-2015 de la IAFF (artículo 250 y 251): «Las Carreras de montaña se llevan a cabo en un terreno que está principalmente fuera de la carretera, a menos que haya un desnivel significativo en la ruta, en cuyo caso una superficie pavimentada es aceptable».

La FEDME incluye a las carreras por montaña dentro del conjunto de actividades que recogen sus propios estatutos (artículo 3), aprobados por el CSD. La definición la encontramos en el Reglamento de Competiciones de Carreras por montaña FEDME, de marzo de 2013: «Las carreras por montaña es una especialidad deportiva que se manifiesta a través de carreras por baja, media y alta montaña, ya sea estival o invernal, realizándose el itinerario a pie, y en el menor tiempo posible y con el máximo de respeto al medio natural».

La AE Trail, define las carreras de trail running en sus estatutos (artículo 2) como: «toda carrera pedestre abierta a todos, en entorno natural (montañas, desierto, bosque, llanura…) con el mínimo asfalto posible (no debe superar el 20 % del recorrido total) donde el terreno puede ser variado (caminos, senderos, pistas…) y la ruta debe estar debidamente marcada. La carrera será idealmente, pero no necesariamente, en autosuficiencia o semi-autosuficiencia y se llevará a cabo con respeto de la ética deportiva, la lealtad, la solidaridad y el medio ambiente.»

Por otro lado, a nivel autonómico (por ejemplo, en Cataluña) la FEEC incluye las carreras de velocidad por montaña dentro del conjunto de actividades que recogen sus propios estatutos (anexo núm. 3. Apartado 1.1.2), aprobados por el Consejo Catalán del Deporte. La definición la encontramos en el Reglamento de las Competiciones de las Carreras por montaña FEEC, de diciembre de 2014: «Las carreras de velocidad por montaña tienen como objetivo efectuar un recorrido señalizado por caminos de montaña en el menor tiempo posible».

De las definiciones previas de los diversos organismos, se desprende y observa la utilización y definición de vocablos diferentes para referirse a la misma actividad deportiva que sin lugar a dudas, suponen el punto de partida de la pugna por el reconocimiento de la modalidad deportiva entre las diferentes organizaciones implicadas (Seguí, Inglés, Labrador y Faría, 2016: 146).

En consecuencia, pues, la convocatoria y organización de campeonatos paralelos genera que sea cada institución la que determine su propio reglamento de competición (categorías, distancia, desnivel, normativa, clasificación, etc.) y nombre, a sus efectos, su campeón internacional, nacional o autonómico (Seguí, Inglés, Labrador y Faría, 2016).

2. Metodología

El siguiente trabajo se considera un estudio descriptivo que utiliza el análisis de contenido como técnica central de investigación. La muestra está formada por los reglamentos oficiales de las entidades organizativas de las carreras (de o por) montaña o trail running a nivel internacional (ITRA y ISF), nacional (RFEA y FEDME), autonómico (Aragón – FAM y País Vasco – FVM) y local (TransGrancanaria y Transvulcania). En total 8 reglamentos han sido analizados y comparados.

Para analizar los reglamentos de las distintas organizaciones, se ha partido de la Ley 10/1990, de 15 de octubre, del Deporte, que en su artículo 8, determina que es competencia del Consejo Superior de Deportes (CSD) “reconocer, a los efectos de esta ley, la existencia de una modalidad deportiva”. Partiendo de esta contextualización, para poder comparar los reglamentos de las distintas organizaciones, se utilizarán las variables que exige el mismo CSD en relación al

reglamento. En su artículo 3) “la competición ha de estar reglada, estando claramente definidos: las reglas de la competición, el número de participantes, el terreno de juego, el equipamiento y la necesidad de un arbitraje cualificado”.

Además, dentro de las variables comparativas, se tendrán en cuenta: el comportamiento deportivo, las inscripciones y el pago, los requisitos de participación, el derecho de imagen y publicidad, las categorías de participación (distribuidas por edades), las distancias estipuladas, el material mínimo exigido, aspectos de seguridad, penalizaciones, reclamaciones y aspectos como el dopaje.

3. Resultados

A nivel internacional, en comparación entre la ITRA y la ISF, aparece una primera disyuntiva en la definición de la propia especialidad (ver definiciones en el apartado de introducción). Además, la ITRA en sus estatutos contempla como objetivos: “desarrollar y promover el Trail Running”. En este sentido la ISF, parece que esta labor de desarrollar y promover ya la tiene superada y no contempla ningún objetivo en esta línea. En cambio, sí los referencia en: “establecer y mantener las normas, promover la buena práctica deportiva, mantener los valores del Skyrunning”, etc.

Otra de las grandes diferencias entre ITRA y ISF son las distancias. Como se puede ver en la tabla 1, la tipología de carrera y correspondientemente las distancias asociadas son completamente distintas.

El desnivel y la altitud en ITRA pueden ser variables y dependen totalmente de la organización de la carrera. En la ISF está totalmente estipulada la altitud máxima, el porcentaje de pendiente, etc.

El entorno es estándar en todas las carreras organizadas por ITRA, en cambio en ISF son mucho más concretos dependiendo de las modalidades ofertadas.

Para finalizar la comparativa internacional, la ITRA no hace referencia al material obligatorio ni al material opcional de cada carrera, prefieren concretarlo en función de cada carrera organizada. La ISF, el material opcional lo tiene estipulado en su reglamento internacional, dando opción a la utilización de bastones y/o crampones, en cambio, al igual que la ITRA, el material obligatorio prefiere confirmarlo dependiendo de cada carrera.

A nivel nacional, se mantiene la comparación entre diferentes organizaciones con base a las mismas categorías, ya que aspectos más minuciosos como el programa de carrera, las inscripciones, el horario, el medio ambiente, formarán parte de la comparación a nivel autonómico y local.

Como en la comparación internacional entre organizaciones, la definición de las carreras (de o por) montaña, ya es un punto de inflexión y de comparación interesante (ver apartado de introducción). Pero de forma más minuciosa, el primer punto a destacar hace referencia a la distancia. La FEDME solamente contempla carreras por montaña a partir de más de 21 km de distancia. En cambio, la RFEA, entre 1 y 15km, contempla la categoría de carreras de montaña cortas. Las distancias entre modalidad de carrera también varían entre FEDME y RFEA (ver tabla 2).

En relación al desnivel, la FEDME concreta mucho más los indicadores de pendiente, altitud y distancia que deben tener sus carreras. En cambio, la RFEA solamente contempla el porcentaje de bajada y el punto máximo de altitud de sus carreras.

Tabla 1.
Comparación reglamentos ITRA y ISF

	ITRA	ISF
Objetivos	• Desarrollar y promover el Trail Running • Promover la ética deportiva • Contribuir a la mejora de la calidad de las organizaciones y la seguridad • Promover las acciones preventivas • Contribuir a una mejor práctica del respeto por el medio ambiente y promover el desarrollo sostenible • Permitir que todos sus miembros expresen sus ideas y que se oigan a nivel internacional	• concepto de Trail Running es más cerrado y con unos criterios más concretos a la hora de que las competiciones puedan entrar en sus circuitos. • En palabras de su presidente, Marino Giacometti, “venimos del alpinismo, no del atletismo” • Establecer y mantener las reglas y normas • Promover y controlar la buena práctica deportiva • Combatir el dopaje • Respetar la Carta Olímpica y desarrollar el deporte hacia el posible reconocimiento del estatus Olímpico • Mantener los valores Skyrunning
Distancias	• Trail (hasta 42km) • Trail Ultra Medio “M” (desde 42km hasta 69km) • Trail Ultra Largo “L” (desde 70km hasta 99km) • Trail Ultra Súper Largo “XL” (Más de 100km)	• Sky (hasta 50 km; <5 horas) Skyraces (>20km; <3h.) SkyMarathon (>30km; <5h.) • Ultra (>50km; entre 5 y 12 h.) SkyMarathon Ultra Ultra XL SkyMarathon (>12 h.) ertical (<5km) kytrail (>15km) kyRaid (largas distancias) kySpeed kyscraper Racing kyBike
Desnivel / Altitud	Depende de la organización (no estandarizado)	>2000 m. altitud >30% pendientes Sky Skyraces (>1.200m) SkyMarathon (>2.000m) Ultra SkyMarathon Ultra (>2.500m) Ultra XL SkyMarathon (>5.000m) Vertical (1.000m; entre 25% y 33%) Skytrail (<2.000m) SkyRaid SkySpeed (<100m y 33%) Skyscraper Racing (>45%) SkyBike
Grado técnico o grado de dificultad	Depende de la organización (no estandarizado)	< grado II
Entorno	Montañas, desierto, bosque, llanura, etc.) con el mínimo asfalto posible (no debe superar el 20% del recorrido total).	• Sky (caminos, senderos, morrena, roca o nieve – asfalto menos del 15%) • Skytrail (<10% asfalto) • SkyRaid (combinación otros deportes: ciclismo, esquí, etc.) • SkySpeed • Skyscraper Racing (escaleras interiores o al aire libre) • SkyBike (combinación: bicicleta o BTT + vertical kilometer o skyrunning)
Material opcional	-	Bastones, crampones
Material obligatorio	-	Depende de la carrera

También FEDME es más exhaustiva en sus criterios técnicos y grados de dificultad. La RFEA lo deja a manos de la organización de cada carrera. Otra de las variables comparativas es el entorno. Aunque coinciden ambas organizaciones en la utilización de pistas y caminos no asfaltados para la consecución de las carreras, existen pequeños detalles que las hacen particulares (ver tabla 2).

La variable categorías, tanto FEDME como la RFEA concretan las distancias y los metros de subida que deberán tener las carreras propuestas en función de la categoría. En cambio, FEDME sí contempla la variable material opcional y obligatorio, cosa que la RFEA no hace referencia a ello.

Desde la perspectiva autonómica, la comparación entre la FVM y la FAM, federaciones ambas dependientes de FEDME, se debe contemplar que prácticamente no existen diferencias entre una y otra. Aunque, pequeños detalles son los que han llamado la atención (ver tabla 3).
En primer lugar, coinciden entre federaciones la clasificación de las carreras propuestas: careras por montaña (en la FAM carreras en línea por montaña), carreras verticales por montaña y carreras ultra. También coincide el tipo de competiciones oficiales: la copa autonómica, el campeonato autonómico y otras competiciones semejantes.

En relación a las categorías, la FAM contempla la categoría de veteranos B (mayores de 51 años), categoría que no contempla la FVM. La puntuación y el jurado de competición está regido por la misma normativa (cada uno autonómica, pero en base a la FEDME).

Respecto al material, la FVM deja la variable menos concisa haciendo referencia al “material obligatorio fijado por la organización”. La FAM lo define de forma más concreta “chaqueta cortavientos con capucha y manga larga de la talla correspondiente, bastones (opcional), etc.”
Otra pequeña diferencia es la puntuación respecto a las penalizaciones y descalificaciones. No todas las penalizaciones mantienen la misma sanción. Por ejemplo, la FAM en el apartado “Rehusar a llevar puesto el dorsal o recortarlo”, lo sanciona con descalificación directa. En cambio, la FVM sobre la misma incidencia, la sanción iría de 3 minutos de penalización a la descalificación.

En el mismo sentido, la FAM en la incidencia “tirar desperdicios durante el recorrido” lo sanciona desde 3 minutos a la descalificación, y la FVM directamente contempla la opción de descalificación directa.

Otro punto sorprendente es que la FAM no sanciona ni contempla la posibilidad de ir acompañado por un animal. La FVM sanciona con descalificación esta posibilidad.

En referencia al dopaje, ambas organizaciones contemplan y sancionan la obtención y consumo de sustancias dopantes. La FVM se acoge a su propio Reglamento Antidopaje. En cambio, la FAM hace mención al Reglamento Antidopaje de la FEDME.

Tabla 2.
Comparación reglamentos FEDME y RFEA

	ITRA	ISF
Distancias	>21 km. arreras en línea (>21 km, hasta 34 km.) arreras Verticales (única subida, <8km) ltra (>80 km.)	ortas (entre 1 km y 15 km) arreras de larga dist o Medias (entre 20 km a 42 km) rail: <42 km. ltra ltra Trail Medio (desde 42 km a 69km) ltra Trail Largo (desde 70km a 99 km.) ltra Trail XL (>100 km.)
Desnivel / Altitud / Pendiente* ***Distancia en vertical x 100 / Distancia en horizontal = % Pendiente**	>1.000m acomulado < 40º de pendiente arreras en línea (>1.000m acumulado hasta 1.500m) arreras Verticales (<5% de bajada; >700m; entre el 20% y el 45%) ltra (4.000m positivo entre salida y meta)	Bajada <20% de la subida <3.000m máximo altitud
Grado técnico o grado de dificultad	<grado II dificultad	
Entorno	Pistas y caminos no asfaltados, senderos, barrancos, etc. (<50% de pista transitable para vehículos)	Fuera de la carretera Sin tramos peligrosos Sin ayudas complementarias Gran número de ascensos <20% tramos asfaltados como máximo
Material opcional	Cuerdas fijas si conviene	
Material obligatorio	Sin material	

La publicación de información de la prueba, las reclamaciones y los aspectos de seguridad y homologación, prácticamente son iguales.

Tabla 3.
Comparación reglamentos FVM y FAM

	Federación Vasca de Montaña (FVM)	**Federación Aragonesa de Montaña (FAM)**
Introducción y objetivos	Las carreras por montaña son una disciplina deportiva recogida en los estatutos de la EMF/FVM Clasificación de las carreras: Carreras por montaña Carreras verticales por montaña Carreras ultra trail por montaña Carreras por montaña por etapas Objetivo: Impulsar y evolucionar esta especialidad deportiva Mejorar la formación deportiva de los corredores y técnicos Reunir a los mejores corredores	Las Carreras por Montaña es una especialidad incluida dentro del conjunto de actividades que recogen los estatutos de la FAM Clasificación de las carreras: Por baja montaña Por media montaña Por alta montaña … ya sea estival o invernal, realizándose el itinerario a pie y en el menor tiempo posible y con el máximo de respeto al medio natural. Objetivos: Reunir a los mejores corredores Mejorar el nivel deportivo y ayudar a la evolución de esta disciplina Servir de referencia para la selección de deportistas que representen a la FAM
Competiciones oficiales	Copa de Euskal Herria: Carreras por montaña Carreras verticales por montaña Campeonato de Euskal Herria: Carreras por montaña Carreras verticales por montaña Carreras ultra trail por montaña Copa de carreras por montaña: +20kms +1000m de desnivel positivo Pruebas puntuables: mínimo 3 – máximo 5 Copa de carreras verticales por montaña: -8 kms + 700m de desnivel positivo Porcentaje de pendiente: entre 20%; 45% Campeonato de carreras verticales por montaña: 1 sola carrera -8kms +700m desnivel positivo Campeonato de carreras por montaña: 1 sola carrera +1000m desnivel +20 kilómetros Campeonato ultra trail: 1 sola carrera Duración máxima: 2 días +80kms +4000mdesnivel	Copa de Aragón Carreras en línea por Montaña Carrera Vertical por Montaña Campeonato de Aragón Carreras en línea por Montaña Carrera Vertical por Montaña Ultra Cualquier otra competición de ámbito regional, reconocida por la FAM Copa de Aragón de Carreras en línea por Montaña 3 – 6 pruebas Individuales Salidas en línea Licencia FEDME
Categorías	Mínimo hay que tener 15 años Cat. Cadete: 15 / 16 /17 años Cat. Junior: 18 /19 /20 años Cat. Senior: +21 años Cat. Promesas: 21 / 22 / 23 años Cat. Veteranos: femeninas +40 años / masculina +45 años	Copa de Aragón Carreras en línea por Montaña Mínimo hay que tener 15 años Cat. Cadete: 15 / 16 /17 años Cat. Junior: 18 /19 /20 años Cat. Senior: +21 años Cat. Promesas: 21 / 22 / 23 años Cat. Veteranos A: femeninas +40 años / masculina +40 años Cat. Veteranos B: femeninas +51 años / masculina + 51 años

Puntuación y clasificación	Clasificación por cada categoría, independientemente de que hayan hecho el mismo recorrido (verticales), de acuerdo con el tiempo necesitado para recorrerlo. Clasificación final de la Copa, se tendrán en cuenta los tres mejores resultados No habrá que disputar un mínimo de pruebas para optar al pódium final Los corredores estarán en posesión de la licencia de la EMF	Clasificación final de la Copa, se tendrán en cuenta los tres mejores resultados 100 para el primer clasificado, 88 para el segundo, 78 para el tercero y así, sucesivamente, hasta llegar al valor de 2 puntos Puntuación Campeonato: 1 única prueba de 1 día cada uno de ellos Clubes: 4-10 componentes masculinos / 2-5 femeninos Los 4 mejores corredores / 2 mejores corredoras
Organización	Comité de carreras por montaña: Responsable de la organización Autoridad técnica Equipo arbitral: Arbitro principal 2 auxiliares Control de la competición Delegado EMF/FVM: Forma parte del Jurado de Competición Jurado de competición: órgano consultivo composición: árbitros, director, delegado EMF y representante de deportistas	Área de Carreras por Montaña: Presidente del Jurado Juez árbitro de itinerario Juez árbitro de inscripciones, salida y llegada. Comité de carrera Presidente del Jurado Juez árbitro itinerario Juez árbitro de inscripciones, salida y llegada Delegado de la FAM Personal de organización Administración Controles Trazado de itinerario Información meteorológica Equipamientos Mapas Difusión de la prueba Registro Tiempos Seguridad Jurado de competición: órgano consultivo composición: árbitros, director, delegado FAM y representante de deportistas
Reglamento de competición para deportistas	Inscripción: requisito obligatorio de acuerdo a la organización necesario presentar: DNI y licencia federativa Material y equipamiento: calzado y ropa adecuados material obligatorio fijado por la organización controlado por la organización Comportamiento:	Inscripción: requisito obligatorio de acuerdo a la organización necesario presentar: DNI y licencia federativa Certificado médico (opcional) Material y equipamiento: Chaqueta cortavientos con capucha y manga larga de la talla correspondiente Bastones (opcional) Raquetas de nieve (prohibidas) Zapatillas de trail running o calzado minimalista bajo su responsabilidad material obligatorio fijado por la organización (frontal, gorra, …) Control de material y avituallamiento control de dorsal y material se prohíbe la ayuda o el avituallamiento durante la prueba (excepto los puntos afines) Comportamiento: prestar socorro llevar sus desperdicios realizar el recorrido marcado control de dopaje si se les pide comportamiento deportivo y respetuoso con el reglamento

	obligatorio llevar el dorsal visible, en la camiseta y en la parte delantera prestar socorro llevar sus desperdicios realizar el recorrido marcado control de dopaje si se les pide comportamiento deportivo y respetuoso con el reglamento Penalización y descalificación: No respetar el itinerario balizado o señalización de recorrido para atajar = 3 minutos a descalificación Recibir ayuda o avituallamiento fuera de las zonas permitidas (excepto auxilio)de cualquier persona sea competidor o no = 3 minutos a descalificación Rehusar a llevar puesto el dorsal o recortarlo = 3 minutos a descalificación Rehusar, quitar o cambiar las marcas del material puestas por la organización = descalificación. Reincidir dos veces el mismo corredor en una salida falsa = descalificación. Tirar desperdicios durante el recorrido = descalificación. Ir acompañado de un animal = descalificación. Sustituir algún material obligado por la organización = descalificación Impedir ser adelantado u obstaculizar voluntariamente a otro corredor = 3 minutos a descalificación No llevar el material requerido por la organización en cada control = 3 minutos a descalificación No hacer caso a las indicaciones de la organización y árbitros = 3 minutos a descalificación	Posibilidad de retirarse Penalización y descalificación: No respetar el itinerario balizado o señalización de recorrido para atajar = 3 minutos a descalificación Recibir ayuda o avituallamiento fuera de las zonas permitidas (excepto auxilio)de cualquier persona sea competidor o no = 3 minutos a descalificación Rehusar a llevar puesto el dorsal o recortarlo= descalificación Rehusar, quitar o cambiar las marcas del material puestas por la organización = descalificación. Reincidir dos veces el mismo corredor en una salida falsa = descalificación. Tirar desperdicios durante el recorrido = 3 minutos a descalificación. Sustituir algún material obligado por la organización = descalificación Impedir ser adelantado u obstaculizar voluntariamente a otro corredor = 3 minutos a descalificación No llevar el material requerido por la organización en cada control = 3 minutos a descalificación No hacer caso a las indicaciones de la organización y árbitros = 3 minutos a descalificación
Dopaje	Todo lo relativo a la lucha contra el dopaje en las competiciones que quedan dentro del ámbito de aplicación de la presente normativa, se regirá por el Reglamento Antidopaje de la EMF y por el resto de disposiciones normativas que resulten de aplicación en cada momento en relación con dicha materia.	Está rigurosamente prohibido el uso de sustancias, grupos farmacológicos y métodos destinados a aumentar artificialmente las capacidades físicas de los deportistas, siendo de aplicación la Ley Orgánica 3/2013, de 20 de junio de protección de la salud del deportista y de lucha contra el dopaje en la actividad deportiva, el Reglamento y demás disposiciones de la FEDME.
Publicación de la información de la prueba	Los programas deben recoger: Datos generales Datos técnicos Inscripciones	Los programas deben recoger: Portada Programa Inscripciones Reglamento
Reclamaciones	Fianza previa de 60€ Formato mínimo: Nombre Licencia Club Dorsal Alegaciones Deportistas afectados Club al que se representa Reclamación posterior: máx. 7 días después de la publicación de las clasificaciones	Fianza previa de 60€ Formato mínimo: Nombre DNI Club Dorsal Alegaciones Deportistas afectados Club al que se representa Reclamación posterior: máx. 7 días después de la publicación de las clasificaciones

Seguridad y homologación	Itinerario: señalización y controles Seguridad Avituallamientos Zonas de salida y llegada Tiempos de paso Dorsal Control de material Mapas Clasificación	Preámbulo El Itinerario Seguridad Zonas de salida y de llegada Los controles. Labores y responsabilidades que se les atribuye. Avituallamiento Tiempo de paso por los controles Mapas El dorsal Supervisión y control de material Itinerarios alternativos Reunión informativa Clasificaciones

Por último, a nivel local, se comparan las carreras TransGranCanaria (carrera oficial), y la carrera Transvulcania (carrera no oficial) con base a las categorías pre-establecidas en la comparativa autonómica.

Las variables comportamiento deportivo, inscripciones y pago … no contemplan diferencias plausibles. En cambio, en la variable requisitos de participación, TransGranCanaria obliga a sus participantes a entregar un certificado médico como máximo de 3 meses de antigüedad a la consecución de la prueba. Este certificado no es contemplado por la organización de Trasvulcania. En este sentido, Transvulcania obliga a presentar un certificado que acredite haber corrido una distancia similar en otras competiciones previamente realizadas para así comprobar la cualificación física de sus participantes.

En cuanto a la variable material, TransGranCanaria cita una amplia lista de material obligatorio, mientras que Transvulcania, solamente se centra en el material básico (ver tabla 4). Una especificidad similar ocurre en la variable seguridad y comportamiento. TransGranCanaria desglosa este apartado de forma mucho más descriptiva que Transvulcania.

Las variables categorías y dopaje también contemplan varias diferencias. TransGranCanaria contempla seis categorías, mientras que Transvulcania solamente dos. En relación al dopaje, TransGranCanaria no menciona en ningún momento aspectos relacionados con el dopaje, mientras que Transvulcania sí lo recoge en su reglamento.

4. Discusión y conclusiones

Existe cierta desorientación institucional, al no haber una única organización de referencia que organice las carreras (de o por) montaña o trail running. De ello concurren incógnitas que sugieren cuestiones como: cuáles son los agentes implicados, qué normativa se debe aplicar en cada caso; quién y cómo se identifican los criterios para el diseño de los recorridos de las carreras, etc.

Como cita Pita Insúa (2015) con base en la Redacción CMD Sport (2014):

Pues que yo sepa soy el único trazador de carreras del mundo. No hay muchas organizaciones que se dediquen de una manera profesional y como única ocupación a organizar carreras de trail o ultrafondo y aunque hay miles de carreras de trail por el mundo, la mayoría no están organizadas por profesionales.

En este mismo sentido, con base en la Redacción CMD Sport (2014) comentan:

Tabla 4.
Comparación reglamentos TrasGranCanaria y Transvulcania

	TRANSGRANCANARIA	TRANSVULCANIA
1.Comportamiento deportivo	Respeto absoluto al medio ambiente La organización no cortara el tráfico. Por lo tanto, los corredores deberán respetar las normas viales, circulación, el ganado y los cultivos. Serán descalificadas las actitudes paramilitares, violentas, xenófobas y aquellas que hagan apología del terrorismo.	Respeto al medio ambiente y mantener limpio el entorno Queda prohibido arrojar los envases fuera de los recipientes habilitados Queda prohibida la ayuda externa y el uso de bastones (en determinados casos) La organización no cortara el tráfico. Por lo tanto, los corredores deberán respetar las normas viales, circulación, el ganado y los cultivos.
2.Inscripciones y pago	Periodos ¿cuáles son? Precio ¿cuánto es? Presenta Web de inscripción Existe la posibilidad de Reintegros y devoluciones	Periodos Precio Web de inscripción Reintegros y devoluciones
3.Requisitos de participación	Normas generales: Ser mayor de edad Aceptar el reglamento Realizar correctamente la inscripción Entregar un certificado médico (3 meses antes de la participación) Asumir responsabilidades de accidentes	Completar la inscripción y el pago Ser mayor de edad Requisitos de cualificación física: Distancia ultra: acreditar haber corrido una carrera de más de 40kms los 18 meses previos Distancia maratón: acreditar haber corrido una carrera de más de 20kms los 18 meses previos
4.Derecho de imagen y publicidad	La organización se reserva en exclusividad el derecho de imagen y la explotación audiovisual de Transgrancanaria Los participantes asumen el consentimiento de la organización para que traten sus datos con fines deportivos y comerciales	La organización se reserva en exclusividad el derecho de imagen Los participantes autorizan que la organización trate sus datos
5. Verificaciones técnicas	Chip y dorsal Material Ayuda externa Controles de paso Avituallamientos Abandonos	Zona de salida y llegada Controles de paso Avituallamientos Entrega de dorsales y su uso

6. Material	Material obligatorio: DNI Vaso Manta térmica Frontal Agua Móvil Dorsal Chaqueta… Uso de bastones	Material obligatorio: Agua Frontal Manta térmica Móvil
7. Seguridad y comportamiento	Los corredores tienen la obligación de: Socorro Hacerse cargo del material propio Realizar el recorrido siguiendo las balizas La comida y los geles deberán ir marcados Abandonos Queda prohibida la ayuda externa	Queda prohibido arrojar los envases fuera de los lugares señalados
8. Penalizaciones y descalificaciones	Causas: No respetar el recorridos Recibir ayuda externa Cambiar las marcas o balizas Tirar desperdicios Obstaculizar a otros corredores No portar el material obligatorio Provocar un accidente o un incidente deportivo	Causas: No pasar por los puntos de control No realizar el recorrido marcado Recibir ayuda externa No prestar auxilio No llevar el dorsal visible No portar el material obligatorio Arrojar los envases fuera de lugar
9. Reclamaciones	Las reclamaciones serán aceptadas Pravia fianza de 50€ La reclamación deberá presentarse por escrito y con un formato mínimo Formato mínimo: nombre + apellidos + DNI + dorsal + hechos o alegaciones	Reclamaciones previas: mediante correo electrónico Reclamaciones durante la carrera: por escrito y previa fianza de 50€ Reclamación posterior: no se aceptaran pasados 7 días después de la publicación de las clasificaciones
10. Categorías	Categorías masculina y femenina: Elite Master 30 Master 40 Master 50 Veteranos Transcapacidad	Categorías masculina y femenina: Absoluta Insular
11. Dopaje		Solo lo recoge el reglamento de Transvulcania: Queda totalmente prohibido el uso de sustancias dopantes

Trazar una carrera puede parecer obvio y sencillo pero no lo es tanto si queremos obtener una prueba equilibrada y segura. Hay que valorar el tipo de carrera que se quiere obtener, su dificultad y el tipo de corredor que queremos atraer y en base a esas premisas realizar el trazado más adecuado. Por otra parte, hay que combinar la parte logística; puntos de control, avituallamientos o evacuaciones en caso de emergencia, con un trazado atractivo.

Capdevila (2015), comenta que existe una dispersión de organizadores, una falta de reglamento unificado para todas las competiciones, la unificación de los criterios básicos para el diseño de los recorridos, etc. Además, afirma que: "actualmente se están diseñado carreras que exigen muchas horas de preparación, tanto técnica como físicamente, para pros, donde el 99% de participantes son aficionados".

Además, debido al auge del número de pruebas, el trail está comenzando a generar problemáticas con su entorno de realización (Capdevila, 2014). Así pues y coincidiendo con Pita Insúa (2015) en términos de organización, seguridad y sostenibilidad ambiental, se requiere poner en común un conjunto de criterios que permitan a las organizaciones a elaborar carreras (de o por) montaña nada problemáticas ni polémicas.

A nivel nacional existe una gran divergencia entre la implicación reglamentaria de las dos organizaciones que gestionan el trail running. En lo que respecta a la RFEA no tiene una normativa específica y detallada sobre cómo deben ser sus pruebas o como deben organizarse sus competiciones. Según su página web la única normativa existente es la que se ha utilizado para su campeonato de España de la modalidad.

Por otro lado, la FEDME sí concisa con más en profundidad la normativa para las Carreras por Montaña. En el Reglamento de FEDME 2015 (FEDME, 2014) se define todo lo relativo a este tipo de pueblas desde las descripción de la modalidad, la tipología de las competiciones, organización, reglamento de los competidores, reclamaciones, dopaje, normativa para la confección de trípticos y el apartado que más relación tiene con el tipo de criterios para el diseño del recorrido que se buscan, Seguridad y homologación de las competiciones (Pita Insúa, 2015).

La reglamentación de la FEDME es la guía más completa para la gestión deportiva del evento, detallando todo lo relativo a la actividad deportiva y a la preparación de la carrera. Controlando detalles muy concretos como las medidas de las zonas de avituallamiento y su colocación, tipo de señalización, zonas de salida con medidas, localización del área de control de material, zonas de control de paso, itinerarios y mismo el tipo forma de los dorsales.
La consecución de discrepancias entre propuestas reglamentarias entre organizaciones hace que sea necesaria la creación de unos criterios comunes de aplicación a todas las modalidades y que se fijen un mínimo desde el cual comenzar a asentar las bases del futuro de esta modalidad deportiva en términos de organización, seguridad, medio ambiente y relación socio económica.

Referencias bibliográficas

- Capdevila, Lluis (2014): "La evolución de las competiciones", en Carreras por Montaña, 21 Octubre (en linea). http://carreraspormontana.com/noticias/la-evolucionde-las-competiciones . Consulta realizada 17/05/2015
- Capdevila, Lluis (2015): "¿Hasta dónde?", en Carreras por Montaña, 16 Abril (en linea). http://carreraspormontana.com/noticias/hasta-donder . Consulta realizada 17/05/2015
- FEDME (2014a): "Reglamento de competiciones de carreras por montaña FEDME 2015", en www.fedme.es, 13 Diciembre (en linea) (Barcelona). http://www.fedme.es/ salaprensa/upfiles/973_F_es.pdf . Consulta realizada 15/02/2015
- IAFF Athletics (2014). Reglas de competición 2014-2015. Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo. Mónaco: Cedex. Recuperado en: http://www.rfea.es/revista/libros/IAAF_manual2014-2015.pdf
- ITRA Press (2015): "Presse Statement 2015", en www.i-tra.org, 27 Febrero (en linea). "171 http://www.i-tra.org/documents/Presse/DP_ITRA_2015-02-27_-_EN.pdf. Consulta realizada 5/05/2015
- Mayayo (2013): "¿Qué es el trail running? Propuesta de la International Trail Running Association", en Carreras de Montaña, 17 Julio (en linea) (Madrid). http://carrerasdemontana.com/2013/07/17/que-es-trail-running-propuesta-de-ainternational-trail-running-association-pdte-michel-poletti/. Consulta realizada 15/011/2014

- Mayayo (2014): “ITRA, camino al deporte olímpico. Prioridades 2015”, en Carreras "172 de Montaña, 21 Noviembre (en linea) (Madrid). http://carrerasdemontana.com/2014/11/21/international-trail-running-association-itra-rioridades-2015-por-supresidente-michel-poletti-entrevista-con-mayayo-en-premios-utwt-paris/ . Consulta realizada 5/01/2015
- Pita Insúa, D. (2015). Carreras por montaña en Galicia: criterios para el diseño de los recorridos. Universidad da Coruña.
- Redacción CMD Sport (2014): “Carlos García Prieto: Que yo sepa soy el único trazador de carreras del mundo”, en CMD Sport, 23 Julio (en linea). http://www.cmdsport.com/montana/carlos-garcia-prieto-que-yo-sepa-soy-el-unico-trazadorde-carreras-del-mundo/ . Consulta realizada 4/03/2015
- Redacción Outdoor Actual (2015a): “Marino Giacometti: venimos del alpinismo, no del atletismo”, en Outdoor Actual, 30 Marzo (en linea). ttp://www.outdooractual.com/trailrunning/20150330/Marino-Gioacometti-“Venimos- alpinismo-no-atletismo”.aspx Consulta realizada 15/05/2015!
- Ropits Social Running S.L. (2014). Runedia. Recuperado en: http://www.runedia.com
- Seguí, J., Inglés, E., Labrador, V., y Farías, E. (2016). Carreras (de o por) montaña o trail running. El reconocimiento de la modalidad deportiva: una visión jurídica. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, (30), 143-148.

ANÁLISIS DEL PERFIL DE LOS USUARIOS-VISITANTES DEL MEDIO NATURAL EN ESPAÑA-PRIMEROS AVANCES

PABLO LUQUE VALLE
pluquevalle@hotmail.com
Consejo Asesor Científico de las Montañas-Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada.

RESUMEN

La FEDME durante el bienio 2017-2018 ha realizado este estudio científico cuyo objetivo general es el de analizar el perfil del usuario-visitante del medio natural en España. Para ello ha contado con un total de 29 puntos de muestreo, distribuidos en 15 regiones y con la colaboración de algo más de 20 encuestadores. Entrevistas que se han repetido en cada una de las cuatro estaciones por punto de muestreo, realizadas en fines de semana en jornada de mañana. Actualmente, se han contabilizado algo más de seiscientos cuestionarios realizados, sumando las estaciones de primavera, verano y otoño en 2017. Aún nos queda por realizar la toma de la estación de invierno que se realizará en 2018.

Los resultados se han obtenido a partir del análisis del perfil sociodemográfico, hábitos deportivos y de seguridad y características de uso-visita al medio natural en España.

Palabras claves: Medio natural, usuario-visitante, deportes de montaña, hábitos deportivos, seguridad en montaña y perfil sociodemográfico.

ABSTRACT

The FEDME during the 2017-2018 biennium has realized this scientific study whose general objective is to analyze the profile of the user-visitor the natural environment in Spain. For this, it has had a total of 29 sampling points, distributed in 15 regions and with the collaboration of more than 20 interviewers. Interviews that have been repeated in each of the four stations per sampling point, carried out on weekends in the morning. Currently, more than six hundred completed questionnaires have been counted, adding the seasons of spring, summer and autumn in 2017. We still have to make the winter season taking in 2018.

The results have been obtained from the analysis of the sociodemographic profile, sports habits and safety and characteristics of use-visit to the natural environment in Spain.

Keywords: *Natural environment, user-visitor, mountain sports, sports habits, mountain safety and sociodemographic profile.*

1. Introducción

La Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME) por medio del Consejo Asesor Científico de las Montañas (CACM) perteneciente al Área de Accesos y Naturaleza se propuso para el bienio 2017-2018 la realización de un estudio nacional que respondiese a la pregunta de ¿quién usa-visita el medio natural en España? El estudio se denominó “Análisis del perfil de los usuarios-visitantes del medio natural en España”.

El CACM se creó en 2003, tras la celebración del Año Internacional de las Montañas en 2002, y está integrado por un equipo de especialistas en diversas materias medioambientales, deportivas y de otras disciplinas relacionadas con el medio rural y las montañas. Sus miembros abarcan toda la geografía española. Este Consejo actúa como órgano consultivo de la FEDME y de las federaciones autonómicas mediante la aportación de criterios técnicos y científicos frente a uno de los retos planteados hoy ante el colectivo montañero: poder seguir accediendo libremente a

las montañas, procurando con las actitudes y valores propios y tradicionales del montañismo la preservación de su terreno de juego y cultura.

El Consejo se reúne periódicamente, organiza jornadas bianuales sobre ciencia y montañismo, da respuesta a los proyectos normativos que se reciben de los ministerios y realiza estudios sobre materias ligadas a la FEDME. Entre sus objetivos están los de:

- Asesorar a los clubes y federaciones en todos aquellos aspectos que vinculen la conservación de las montañas con la práctica de los deportes de montaña.
- Asesorar al comité de accesos y naturaleza siempre que se precise una opinión especializada en relación con normativas, planes y estudios técnicos que afecten a la conservación de las montañas y al desarrollo sostenible de los deportes de montaña.
- Colaborar en la tarea de "observatorio de las montañas" que desarrolla el Comité de Técnico de Accesos y Naturaleza, mediante la detección y análisis de problemas que surjan en las montañas y afecten al montañismo.

Para iniciar el estudio se constituyó un grupo de trabajo de ocho miembros del CACM que en diversas reuniones creó los cimientos de la mencionada investigación. Posteriormente, a todos los miembros del CACM se les citó en Madrid el 28 de enero de 2017 con distintos propósitos: se les mostró los documentos volcados por los miembros del CACM en DropBox; se les explicó todo el proceso metodológico implicado en el estudio en cuestión, el cual se debatió y se consensuaron determinados aspectos (puntos de muestreo, elección de encuestadores,…); se les presentó una propuesta de cuestionario, el cual fue parcialmente modificado a criterios de los expertos; se les asesoró en cómo realizar la aplicación del cuestionario; y se les asignó la tarea de acotar distintos términos deportivos relacionados con la investigación.

2. Objetivos y variables objeto de estudio

El objetivo principal del estudio es el de "Analizar el perfil del usuario-visitante del medio natural en España".

2.1. Objetivos específicos

A raíz del anterior objetivo general se desprenden los siguientes objetivos específicos.

- Conocer el perfil del usuario-visitante del medio natural en España.
- Estudiar el modelo de uso-visita en el medio natural en España.

2.2. Variables a estudiar

Una vez marcados los objetivos de la investigación, nos planteamos las siguientes variables a estudiar.

- Perfil sociodemográfico del usuario-visitante del medio natural en España.
- Hábitos deportivos y de seguridad del usuario-visitante del medio natural en España.
- Características del uso-visita al medio natural en España.

2.3. Relación entre objetivos específicos y variables

La relación entre los objetivos específicos marcados y las variables se puede observar en la presente tabla (Tabla 1).

Tabla 1
Relación entre objetivos específicos y variables

Objetivos Específicos.	Variables.
Conocer el perfil del usuario-visitante del medio natural en España.	Perfil sociodemográfico del usuario-visitante del medio natural en España.
	Hábitos deportivos y de seguridad del usuario-visitante del medio natural en España
Estudiar el modelo de uso-visita en el medio natural en España.	Características del uso-visita al medio natural en España.

Fuente: Elaboración propia.

3. Método de investigación

3.1. Población

Entendemos por población a la totalidad de un grupo de elementos u objetos que se quieren investigar, los cuales tienen alguna característica que les une (Luque-Valle, 2011). Para nuestra investigación, la población la constituyen los usuarios-visitantes nacionales y/o extranjeros de los espacios naturales terrestres y/o acuáticos de interior (ríos, embalses, lagunas, …) en España, excluyendo el litoral de "costa".

Según datos de los ENP el número de visitantes supera los 100.000 sujetos, lo que indica que nos enfrentamos ante una "Población Infinita" (N=∞), según Sierra (2001).

3.2. Muestra

Conocida la población, y al ser imposible abarcar a cada uno de los sujetos que la componen para realizar la investigación, es precisa la selección de individuos de la misma, con el propósito de obtener un grupo más reducido, aunque representativo de ésta, es lo que se conoce como muestreo y al grupo, muestra (Luque-Valle, 2011).

La representatividad es la característica más importante de una muestra para poder generalizar a la población. Así pues, la muestra será una selección de usuarios-visitantes nacionales y/o extranjeros de los espacios naturales en España cuya unidad muestra debe presentar las siguientes características.

- Han de ser sujetos que estén realizando/van a realizar alguna actividad deportiva, turística, educativa, familiar, … Se excluyen a deportistas de esquí alpino, esquí de fondo y snowboard.
- La muestra puede llegar por cualquier medio (andando, bici, coche, bus, …), lo importante es que pase por el punto de muestreo.
- No trabajadores (agentes de medio ambiente, guardas de coto, investigadores, ganaderos, agricultores, guías de montaña, técnicos de turismo activo, etc.). Es decir, no se muestreará a sujetos que estén en el medio natural por motivos laborales.
- Tener igual o más de 16 años.
- En el momento de realizar el cuestionario han de estar en el medio natural.

Una vez decidida la población objetivo y la unidad muestral, la siguiente etapa fue la de concretar la fórmula de extracción de la muestra; es decir, lo que se conoce como muestreo.

- Elección de la muestra será de tipo Aleatorio-Probabilístico, lo que busca la aleatoriedad de la muestra.

- El muestreo será Estratificado Desproporcional, dando a cada estrato/segmento un número de cuestionarios a realizar, en base al peso de importancia que tenga en el total de la población.
- Se define el Estrato en función de la región (Comunidad Autónoma y Ciudad Autónoma); quedaron excluidas Galicia, Islas Baleares y La Rioja por falta de encuestadores.

Al definir los Estratos, asignamos a cada lugar un número de cuestionarios a realizar, es lo que se conoce como afijación. Se propone el tipo de "Afijación entre uniforme y proporcional". Donde a todos los Estratos (Espacios) por igual se le asignan X Cuestionarios. Primero con una "Afijación Uniforme", para garantizar unos mínimos; y, después se le asigna por "Afijación Proporcional" un número X de cuestionarios, en base al criterio de % de población de esa Comunidad Autónoma/Ciudad Autónoma representa en el total de España (tabla 2). Con esto nos aseguramos un mínimo de cuestionarios por cada punto de muestreo, lo que no significa que el encuestador no pueda realizar más cuestionarios.

Tabla 2
Reparto de cuestionarios por afijación uniforme y desproporcional

REGIÓN	POBLACIÓN (*)	AFIJACIÓN UNIFORME	(% POBLACIÓN) AFIJACIÓN PROPORCIONAL	TOTAL DE CUESTIONARIOS
ANDALUCÍA	8.401.760	12	(19,876%) 43,73 = 44	56
ARAGÓN	1.317.921	12	(3,118%) 6,86 = 7	19
ASTURIAS	1.040.681	12	(2,461%) 5,41 = 5	17
CANARIAS	2.133.667	12	(5,047%) 11,10 = 11	23
CANTABRIA	582.571	12	(1,378%) 3,03 = 3	15
CASTILLA Y LEÓN	2.454.870	12	(5,807%) 12,78 = 13	25
CASTILLA LA MANCHA	2.049.829	12	(4,849%) 10,67 = 11	23
CATALUÑA	7.403.879	12	(17,515%) 38,53 = 39	51
VALENCIA	4.932.906	12	(11,669%) 25,67 = 26	38
EXTREMADURA	1.085.189	12	(2,567%) 5,65 = 6	18
MADRID	6.433.221	12	(15,219%) 33,48 = 33	45
MURCIA	1.465.258	12	(3,466%) 7,63 = 8	20
NAVARRA	637.002	12	(1,507%) 3,32 = 3	15
PAÍS VASCO	2.162.626	12	(5,116%) 11,26 = 11	23
CIUDADES AUTÓNOMAS: CEUTA Y MELILLA	84.632+84.464= 169.096	12	(0,20%+0,20%=0,40%) 0,88 = 1	13
ESPAÑA	42.270.475			
	TOTALES	**180**	**220**	**401**

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Error muestral

Al ser una Población Infinita, nos valdría solo con obtener 400 cuestionarios (n=400). Con este número conseguimos que el estudio sea fiable, al obtener un error de la muestra de ±5% y un nivel de confianza del 95,5% (2σ). No obstante, con el avance del estudio hemos observado que estamos superando la barrera de n=400; lo que indica que el error muestral se reducirá.

4. Técnica de obtención de datos

Nuestra obtención de datos la segmentamos en observación documental y observación mediante encuesta.

4.1. Observación documental

El trabajo de revisión de archivos documentales y estadísticos (Cea, 2001) es el punto de partida de cualquier investigación. La cuál ha de profundizar sobre la temática y contenidos más relevantes en torno al objeto de estudio. Las fuentes de información pueden ser amplias; sin embargo, este trabajo, por su carácter científico, se basa en aquellos documentos que aportan ideas y datos contrastados y basados en estudios serios que nos valgan para esclarecer la realidad de lo que pretendemos analizar.

4.2. Observación mediante encuesta

La encuesta es una técnica de obtención de datos definida por García Ferrando (2000: 167) como *"una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio utilizando procedimientos estandarizados de interrogación con el fin de obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas de la población".* En definitiva, está basada en las declaraciones verbales de los sujetos a estudiar (Cea, 2001).

Ruiz (2000: 164) apunta que la principal ventaja de la encuesta es *"la posibilidad de diseñar la investigación de la forma en que mejor se adapte a los objetivos y la de obtener mediciones cuantitativas de variables subjetivas de un amplio número de individuos".*

5. Cuestionario

El cuestionario es el instrumento elemental de observación mediante encuesta, y por lo tanto lo utilizaremos como herramienta básica de esta investigación, siendo un conjunto de preguntas sobre temáticas, hechos, aptitudes, opiniones de gran interés en nuestra investigación.

Padilla, González y Pérez (1998: 116), definen el cuestionario como *"el documento que recoge de forma organizada los indicadores de las variables implicadas en el objetivo de la encuesta".*

5.1. Clase de cuestionario

El modo de presentar el cuestionario al encuestado en nuestra investigación es, como expresa Rebollo (2007), de forma directa y aplicación por medio de entrevista personal dado que existe un encuestador que realiza a los sujetos las preguntas del cuestionario y anotan en él sus respuestas.

5.2. Elaboración del cuestionario

El diseño de un cuestionario deber ser inteligible y sin ambigüedad, con preguntas estructuradas en torno a núcleos temáticos, permitiendo conseguir que sea valioso y motivador para conseguir la cooperación, contribución y franqueza del encuestado (Ruiz, García y Casado, 2002: 114).

Un cuestionario consta no solo de preguntas (en este cuestionario se han redactado un total de veintidos) sino que también son muy importantes las instrucciones y las tarjetas; las primeras, para el encuestador y/o encuestado, según el caso, podemos encontrarlas al inicio del cuestionario o incluidas en las preguntas, y las segundas, están fuera del cuestionario y nos sirvieron para proporcionar información sobre las posibles respuestas y mejor comprensión de la pregunta. De igual modo, al margen del cuestionario, pero necesario para el análisis, se cuenta con unas preguntas de control a rellenar por el encuestador (Díaz, 2005; González y Padilla, 1998), también presentes en el mismo cuestionario.

El procedimiento de confección del cuestionario ha seguido las siguientes fases:

- Uso de fuentes documentales y expertos.
- Confeccionar la propuesta del cuestionario.
- Consulta de panel de expertos: miembros del Consejo Asesor Científico de las Montañas (Reunión en Madrid el 28 de enero de 2017).
- Confección definitiva del cuestionario.

5.3. Procedimiento de aplicación del cuestionario

Con el objeto de que los encuestadores tuvieran conocimiento de la metodología, cuestionario y aplicación del mismo, se citó a los mismos en reunión conjunta. Asimismo, se elaboró un Manual de Metodología y la Guía de la Entrevista para asesorarlos.

La aplicación del cuestionario se hizo a través de entrevista personal, con un cuestionario cerrado. La investigación sociológica de una población humana (en nuestro caso, deportistas y/o turistas) en destino, viene caracterizada por la movilidad e inestabilidad de este grupo; que con frecuencia pasa poco tiempo en el entorno de destino; lo cual le confiere unas peculiaridades metodológicas y determinadas estrategias (García, 2000). El abordaje de los sujetos a estudiar hay que hacerlo "*en la calle"* (García, 2000: 15), en nuestro caso en los Espacios Naturales. Es necesario saber los días y horas a las que hay que realizar las entrevistas, conocer perfectamente las áreas concretas de "la calle", y la selección final de los encuestados. Es lo que nombra Sierra (2001: 138) como las *"tres coordenadas: el espacio en que se producen, el tiempo en que tienen lugar y el conjunto de unidades de observación"* del desarrollo de una prueba científica de carácter social. Siguiendo a García (2000), los dos primeros elementos han de decidirse en base a un análisis previo del destino; es decir, un pormenorizado estudio de la *ecología de la calle.* Nuestros expertos conocen bien esos espacios, por ello se eligieron. Para el tercer aspecto, los criterios seleccionados han de respetar las reglas del azar.

Se consideró operativo que, tras finalizar el trabajo de campo, cada encuestador subiera cada uno de los cuestionarios realizados al cuestionario on line volcado en la herramienta de Google Drive. De manera que fuera más fácil y rápido el vaciado y tratamiento de los datos que posteriormente realizará una empresa de tratamiento estadístico.

En posteriores encuentros los encuestadores nos entregaron los cuestionarios originales obtenidos en el trabajo de campo para realizar las oportunas revisiones con la información subida al Google Drive. Asimismo, el coordinador del aspecto metodológico del Estudio atendió aquellas dudas o aclaraciones que necesitaron los encuestadores vía email, por teléfono, e incluso, en el encuentro que tuvimos en septiembre de 2017.

Finalmente, los encuestadores seleccionados fueron un total de 25, siempre personal próximo y conocedor del punto de muestreo y del espacio natural a muestrear. Los voluntarios han sido escogidos entre los siguientes:

- Miembros del CACM.
- Miembros de algunas de las Federaciones Regionales, solicitados desde la FEDME.
- Miembros voluntarios de Clubes y/o Personal de confianza del CACM.

5.3.1. Elección de estación, días y horario

Como advierte García (2000: 15), es preciso matizar los horarios, dado que los visitantes son diferentes a primera hora que a última hora del día. *"El requisito de masiva afluencia y el de heterogeneidad social en los puntos de muestreo deberá matizarse y concretarse en unas determinadas horas a las que es posible llevar a cabo la recogida de datos para la investigación".*

El mismo autor considera que, en el estudio del uso de una infraestructura turística, lo ideal es que la investigación se reparta homogéneamente entre diversos instantes del año y en diferentes días de la semana, pero como no siempre esto es viable, hay que escoger los días en los que se va a realizar la entrevista para que no tenga ningún sesgo estacional inhabitual en el atractivo turístico del destino. Así pues, para aseguramos variedad en la tipología del visitante, temporadas bajas y altas, meteorología benévola y adversa, actividades de verano y actividades de invierno, etc. se decidió lo siguiente:

- Elección de estación y día: Dada la disponibilidad de los encuestadores se vio prudente poner el domingo como día de referencia, aunque cabía la opción de realizarlo en sábado (en casos excepcionales). Para la elección de los días se consideró que no coincidiera con ningún festivo nacional ni regional (o que pueda constituir el domingo parte de un puente festivo) según calendario de festivos publicados en el BOE nº 244 de 8 de octubre de 2016. La propuesta de días de referencia fueron los siguientes:

  - Año 2017:
    Primavera (21 de marzo hasta 20 de junio): 2 de abril de 2017.
    Verano (21 de junio hasta 20 de septiembre): 2 de julio de 2017.
    Otoño (21 de septiembre hasta 20 de diciembre): 15 de octubre de 2017.
  - Año 2018:
    Invierno (21 de diciembre hasta 20 de marzo): 14 de enero de 2018.

  Por circunstancias especiales de enfermedad del encuestador, temporal (muy mala climatología), vacaciones, … y/o no se consiguiera hacer el número de cuestionarios para ese día se dio la opción de adelantar o posponer la toma de datos para otro domingo (y/o sábado en caso excepcional).

- Elección del horario de la jornada: Dada la disponibilidad de los encuestadores se enmarcó en media jornada cuyo horario fue de 8,00h-14,00h.

5.3.2. Número de cuestionarios

De la totalidad de los cuestionarios asignados a cada región, se realizó un reparto equitativo entre el/los punto/s de muestreo. En alguna ocasión para evitar decimales se asignó a un punto de muestreo más peso específico (algún cuestionario más) en base a la importancia del espacio natural en cuanto al número de visitantes, según los datos de visitantes de EUROPARC que manejamos.

A su vez el número de cuestionarios asignados a cada punto de muestreo se repartió de manera homogénea entre los cuatro días de muestreo. Nuevamente para evitar los decimales se optó por los siguientes criterios:

- Reparto equitativo dónde fue posible (Primavera: 25% de cuestionarios, Verano: 25% de cuestionarios, Otoño: 25% de cuestionarios e Invierno: 25% de cuestionarios).
- Más peso en el 2º (inicio de verano) y 4º (inicio de invierno) día de muestreo.
- Más peso en el 2º (inicio de verano), 3º (inicio de otoño) y 4º (inicio de invierno) día de muestreo.
- Más peso en el 3º (inicio de otoño) día de muestreo.

Consúltese la tabla 3 para conocer la distribución de número de cuestionarios que corresponde a cada punto y día de muestreo.

Tabla A 3
Distribución de número de cuestionarios entre puntos y días de muestreo

REGIÓN (*)	Nº DE CUESTIONARIOS	DISTRIBUCIÓN PM Y Nº CUESTIONARIOS	1º DÍA (25%) (**)	2º DÍA (25%) (**)	3º DÍA (25%) (**)	4º DÍA (25%) (**)
ANDALUCÍA	56	Granada: PM 1º (HOYA DE LA MORA): 18,6 (20)	5	5	5	5
		Málaga: PM 2º (CHORRO): 18,6 (18)	4,5 (4)	4,5 (5)	4,5 (4)	4,5 (5)
		Córdoba: PM 3º (ZUHEROS): 18,6 (18)	4,5 (4)	4,5 (5)	4,5 (4)	4,5 (5)
ARAGÓN	19	Zaragoza: PM 1º (MONCAYO): 6,3 (6)	1,5 (1)	1,5 (2)	1,5 (1)	1,5 (2)
		Huesca: PM 2º (VALLE BUJARUELO): 6,3 (7)	1,75 (1)	1,75 (2)	1,75 (2)	1,75 (2)
		Huesca: PM 3º (ALQUEZAR): 6,3 (6)	1,5 (1)	1,5 (2)	1,5 (1)	1,5 (2)
ASTURIAS	17	Asturias: PM 1º (LAGOS DE COVADONGA): 8,5 (9)	2,25 (2)	2,25 (2)	2,25 (3)	2,25 (2)
		Asturias: PM 2º (LAS UBIÑAS): 8,5 (8)	2	2	2	2
CANARIAS	23	Tenerife: PM 1º (ANAGA): 23	5,75 (5)	5,75 (6)	5,75 (6)	5,75 (6)
CANTABRIA	15	Cantabria: PM 1º (FUENTE DE): 15	3,75 (3)	3,75 (4)	3,75 (4)	3,75 (4)
CASTILLA Y LEÓN	25	Zamora: PM 1º (LAGO DE SANABRIA): 8,3 (8)	2	2	2	2
		Burgos: PM 2º (LAGUNAS DE NEILA): 8,3 (8)	2	2	2	2
		Ávila: PM 3º (PLATAFORMA DE GREDOS): 8,3 (9)	2,25 (2)	2,25 (2)	2,25 (3)	2,25 (2)
CASTILLA LA MANCHA	23	Albacete: PM 1º (RÍO MUNDO): 11,5 (12)	3	3	3	3
		Cuenca : PM 2º (LAS CHORRERAS):11,5 (11)	2,75 (2)	2,75 (3)	2,75 (3)	2,75 (3)
CATALUÑA	51	Girona: PM 1º (LA GARROTXA): 25,5 (26)	6,5 (6)	6,5 (7)	6,5 (6)	6,5 (7)
		Lleida: PM 2º (MONT-REBEI): 25,5 (25)	6,25 (6)	6,25 (6)	6,25 (7)	6,25 (6)
COMUNIDAD VALENCIANA	38	Valencia: PM 1º (PORTACOELI): 19	4,75 (4)	4,75 (5)	4,75 (5)	4,75 (5)
		Alicante: PM 2º (SIERRA MARIOLA): 19	4,75 (4)	4,75 (5)	4,75 (5)	4,75 (5)
EXTREMADURA	18	Cáceres: PM 1º (LOS PILONES): 9	2,25 (2)	2,25 (2)	2,25 (3)	2,25 (2)
		Badajoz: PM 2º (EMBALSE DE ALANGE): 9	2,25 (2)	2,25 (2)	2,25 (3)	2,25 (2)
MADRID	45	Madrid: PM 1º (PUERTO DE LOS COTOS): 45	11,25 (11)	11,25 (11)	11,25 (12)	11,25 (11)
MURCIA	20	Murcia: PM 1º (FUENTE DEL HILO): 10	2,5 (2)	2,5 (3)	2,5 (2)	2,5 (3)
		Murcia: PM 2º (EL VALLE): 10	2,5 (2)	2,5 (3)	2,5 (2)	2,5 (3)
NAVARRA	15	Navarra: PM 1º (S. IRATI): 7,5 (8)	2	2	2	2
		Navarra: PM 2º (BELAGUA): 7,5 (7)	1,75 (1)	1,75 (2)	1,75 (2)	1,75 (2)
PAÍS VASCO	23	Guipúzcoa: PM 1º (PEÑAS AIA): 11,5 (11)	2,75 (2)	2,75 (3)	2,75 (3)	2,75 (3)
		Álava: PM 2º (VALDEREJO): 11.5 (12)	3	3	3	3
CIUDADES AUTÓNOMAS: CEUTA Y MELILLA	13	Ceuta: PM 1º (MONTE GARÍCA ALDAVE): 13	3,25 (3)	3,25 (3)	3,25 (4)	3,25 (3)
TOTALES:	**401**	**401**	**401**			

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3. Criterios de selección de la muestra

Los sujetos se seleccionaron de manera aleatoria para reflejar la variabilidad real de la población objeto de estudio, ya que no se establecieron cuotas de segmentos de población. Para respetar esta aleatoriedad se consideraron unos Condicionantes Numéricos como criterio homogéneo para seleccionar la muestra.

- Para evitar una repetición en los cuestionarios de los miembros de grupos, se encuestó no a todo el grupo sino a un representante, según el caso (Águila et al., 2008; Farias, 2000 y 2011; Gómez-Limón et al., 2003; Luque-Valle, 2011; MITC, 2008; Múgica, 1994). La opción decidida fue la de:

  a. Elegir a 1 sujeto, tanto si iba sólo, en pareja o en grupo.

- Para la selección de la muestra que pasa por delante del entrevistador, se introdujo un valor de "X" que actúo como una constante (Farias, 2000; Luque-Valle, 2011).

  b. Dado que se estimó los Aparcamientos (como punto de muestreo) donde según nuestra experiencia tienen gran acogida, diversidad de usuarios-visitantes y espacios que funcionan durante todo el año, elegimos como constante X=4 (Gómez-Limón et al., 2003); es decir, entrevistar a uno sujeto de cada cuatro que pasan por delante nuestra.

6. Puntos de muestreo

6.1. Elección de los puntos de muestreo

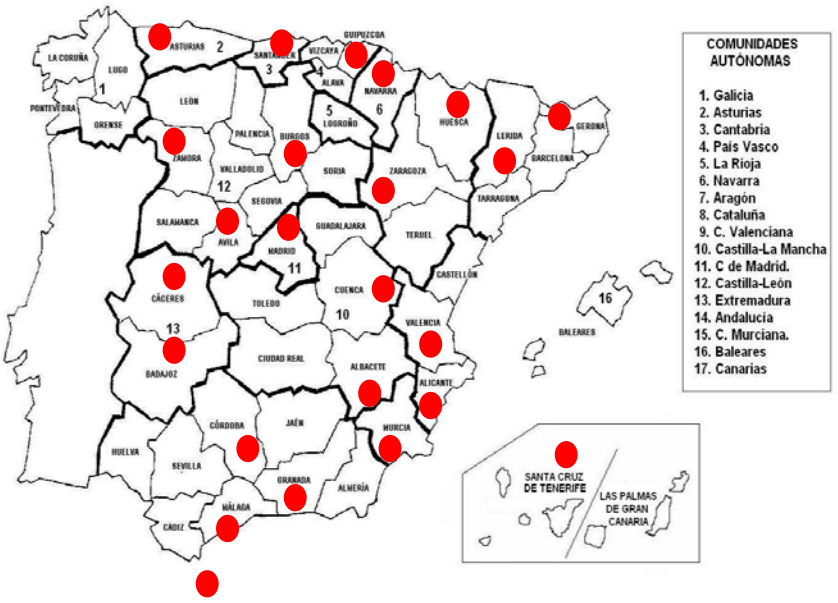
En la ejecución de la entrevista, uno de los aspectos vitales para el buen desarrollo de la misma es el ambiente de la entrevista. Nuestro trabajo buscó estudiar al usuario-visitante en su "*ambiente natural"* (De Lucas, 2003: 194). García (2000: 15) considera que en el análisis previo de la "*ecología de la calle"* se debe hacer una selección de puntos de interés y un directorio de esas localizaciones antes de decidir finalmente los puntos de muestreo. En los estudios relacionados con espacios naturales es preciso *"conseguir un alto grado de conocimiento de los espacios"* (Faleroni, 2001: 113) para ubicar los puntos de muestreo, para conocer el entorno, para saber la realidad de uso, etc. (Farias, 2000). Todo esto lo conseguimos gracias a las aportaciones de los expertos consultados miembros al CACM y Federaciones Regionales.

Se determinó que los Puntos de Muestreo fueran Aparcamientos. El listado de Puntos de Muestreo se puede ver en la tabla 3. Las características que debían reunir a la vez el Punto de Muestreo serán:

- El aparcamiento podía ser formal (parking reglamentado) o informal (un espacio natural donde los visitantes dejan el vehículo).
- El aparcamiento debía funcionar durante todo el año (en las cuatro estaciones). No podía tener restricciones temporales (por ejemplo, por incendios forestales).
- El aparcamiento debía dar cobertura a visitantes-multiactividad; es decir, válido para los senderistas, montañeros, escaladores, ciclistas, recolectores, pic-nic familiar, etc.

Se concretó elegir un punto de muestreo por Espacio Natural y un punto de muestreo por Provincia en las regiones pluri-provinciales, con la excepción de Aragón donde se ubicó dos puntos de muestreo en Huesca y uno en Zaragoza (figura 1).

FIGURA 1
Puntos de muestreo en España



Fuente: Elaboración propia.

6.2. Número de puntos de muestreo por región

El número de puntos de muestreo ha sido de 29, los cuáles se obtuvieron de la aplicación de los siguientes criterios (tabla 4)

- Criterio de Extensión del Territorio: Según el % de territorio que representa la Comunidad Autónoma/Ciudad Autónoma respecto al total del territorio Español.

  - 0-7,5% de territorio nacional: 0 Punto de Muestreo.
  - Más de 7,51% del territorio nacional: 1 Punto de Muestreo.

- Criterio de Práctica de Senderismo/Montañismo en España: Según el % de práctica deportiva de Senderismo/Montañismo por Comunidad Autónoma/Ciudad Autónoma respecto a los Hábitos Deportivos de los Españoles (2015).

  - 0-15%: 1 Punto de Muestreo.
  - Más de 15,1%: 2 Puntos de Muestreo.

7. Resultados y Discusión

- Variable 1: Perfil sociodemográfico del usuario-visitante del medio natural en España.
  En cuanto al perfil sociodemográfico, podemos indicar que los usuarios-visitantes de los espacios naturales en España son mayoritariamente “hombres españoles”, de una “edad media” (36-50 años), con estudios “universitarios”, en situación de “activo ocupado” y que “no presentan discapacidad” alguna.

  Estos datos son similares a los obtenidos por Luque-Valle (2011) para el análisis de usuarios-visitantes de las vías verdes andaluzas. La única divergencia se en cuanto a los estudios, dado que en el nuestro predominan los “estudios universitarios”; en cambio, en el de Luque-Valle (2011) predominan los “estudios de educación primaria” (30,20%). También se asemejan a los encontrados en FEDME (2017).

Tabla 4
Distribución del número de puntos de muestro

COMUNIDAD (*)	% TERRITORIO	Nº DE PUNTOS DE MUESTREO	% PRACTICA DE SENDERISMO/ MONTAÑISMO EN ESPAÑA (2015)	Nº DE PUNTOS DE MUESTREO	Nº DE PM TOTAL
ANDALUCÍA	17,3%	1	16,8%	2	3
ARAGÓN	9,4%	1	17,2%	2	3
ASTURIAS	2,1%	0	18,0%	2	2
CANARIAS	1,4%	0	11,7%	1	1
CANTABRIA	1%	0	11,3%	1	1
CASTILLA Y LEÓN	18,6%	1	16,2%	2	3
CASTILLA LA MANCHA	15,7%	1	7,7%	1	2
CATALUÑA	6,3%	0	21,8%	2	2
VALENCIA	4,6%	0	17,8%	2	2
EXTREMADURA	8,2%	1	13,8%	1	2
MADRID	1,5%	0	13,8%	1	1
MURCIA	2,2%	0	18,5%	2	2
NAVARRA	2%	0	30,1%	2	2
PAÍS VASCO	1,4%	0	28,8%	2	2
CIUDADES AUTÓNOMAS: CEUTA Y MELILLA	0%	0	8,6%	1	1
				TOTAL:	**29**

Fuente: Elaboración propia.

- Variable 2: Hábitos deportivos y de seguridad del usuario-visitante del medio natural en España.

  Las respuestas acerca de los hábitos deportivos y seguridad de los usuarios-visitantes del espacio natural en España nos revelan que cerca de tres cuartas partes “no están federados” en alguna federación deportiva. Y algo más del 60% no es miembro de alguna “asociación, club o colectivo”. Estos datos contrastan con los hallados en FEDME (2017), que asegura que el 84,8% de los encuestados están asociados a algún club o asociación de montañismo y de ellos el 78,9% están federados (autonómica o FEDME).

  Las actividades a realizar mayoritariamente son las practicadas a pie: “senderismo, caminar, pasear”, “montañismo”, “observación y/o fotografía de naturaleza” y “picnic y/o comida en el campo”. Los deportes de “senderismo” y “montañismo” (en resumen, actividades de caminar) son también las prácticas mayoritarias encontradas por los estudios FEDME (2017), Luque-Valle (2011) y MECD (2015).

  Referente a la preparación de la actividad 8 de cada 10 consideran que “creen llevar el material y equipamiento apropiado” para la tarea objeto de su uso-visita del espacio natural. Y, más del 60% no disponen de “seguro” que cubra la actividad a realizar; y quién lo tiene, principalmente es a través de una “licencia deportiva” otorgada por la federación deportiva correspondiente. Prácticamente el 100% reconocen el número 112 como el “número de emergencias”. Quizás estos datos podamos contrastarlos que en materia de formación destaca el interés por los conocimientos relacionados con la seguridad y que el principal motivo parar obtener la tarjeta federativa es la disponibilidad de un seguro adaptado a las características de estos deportes, tal y como destaca en el análisis de FEDME (2017).

- Variable 3: Características del uso-visita al medio natural en España.

  En el asunto de las características del uso-visita al medio natural se han obtenido los siguientes resultados. La frecuencia con la que se usa-visita el medio natural está muy repartido, estando algo más destacado los de "semanalmente (1 vez por semana)" y "varias veces al mes". En los viaverdistas andaluces la frecuencia de uso-visita de esta infraestructura no motorizada es primordialmente la de "varias veces en semana" con un 53% (Luque-Valle, 2011). Teniendo una presencia mayoritaria en el medio natural de "medio día", siendo mayoritariamente el horario de visita la franja de "10-12h"; en esta ocasión, existe coincidencia entre la muestra de espacios naturales y vías verdes andaluzas, dado que en éstas últimas el mayor porcentaje lo tiene "por la mañana" con un 44,10% (Luque-Valle, 2011).

  La motivación principal para acudir al medio natural es la de "por diversión-pasar el tiempo, escapar de lo habitual y/o esparcimiento". Parecida opción ("diversión o entretenimiento";23%-) ostenta la segunda razón por la que los españoles hacen deporte (MECD, 2015); sin embargo, en el trabajo de Luque-Valle (2011) el principal motivo de uso de las vías verdes es por "deporte" (50,5%). Ocho de cada diez consideran que el "paisaje" es la característica principal para elegir su estancia en el medio natural; en Luque-Valle (2011) el ítem "naturaleza" (16,20%) es la segunda característica principal para elegir una vía verde. En este trabajo, también cerca de 80%, organizan el uso-visita del medio natural "por cuenta propia"; exactamente igual ocurre en el análisis de Luque-Valle (2011) con un 86%. Prácticamente el 50% de la muestra están en el medio natural en "grupo" siendo acompañados "con sus amigos/as-compañeros/as"; nuevamente coincide estos datos con los obtenidos por Luque-Valle (2011) en las vías verdes, aquí eligen "con sus amistades" un 62,40%.

  Al preguntarle por dónde dormirán o dónde han dormido, casi tres cuartas partes eligen "su domicilio" como primera opción; lo que indican que hay cierta querencia a ser excursionistas, es decir, no pernoctan en alojamientos turísticos en la zona de visita. Esto mismo se detecta entre los viaverdistas andaluces (40,90%) según Luque-Valle (2011). Respecto al asunto económico, los sujetos hablan de gastar principalmente entre "1-50€"; lo que significa que su visita provoca algún tipo de impacto económico en las zonas rurales. Estos valores de "1-50€" solo fueron señalados por 37,40% de la muestra de Luque-Valle (2011), siendo el principal valor el no realizar ningún gasto.
  En el asunto del impacto ambiental, más del 60% consideran que "sí" existe tal impacto. De éstos, casi la totalidad afirman que existe "impacto ambiental negativo", pero de graduación "baja" dicen. Hallazgo que tiene sintonía con lo encontrado por Luque-Valle (2011) donde los deportistas y turistas son respetuosos, y, FEDME (2017) que asegura que la mayoría de su muestra confía en que la conciencia medioambiental tenderá a crecer entre los montañeros. De igual modo, más del 80% contestan que también existe "impacto ambiental socioeconómico", con una graduación de "alto" piensan mayoritariamente los encuestados. En la investigación de Luque-Valle (2011), se destaca con un 52,30% que existe "solo impacto ambiental positivo".

8. Conclusiones

Considerando lo descrito en los anteriores epígrafes podemos apuntar distintas conclusiones que debieran ser muy consideradas por la propia FEDME, pero también por los propios gestores de los Espacios Naturales.

Nos encontramos con un trabajo pionero en cuanto al número de punto de muestreos, su extensa distribución geográfica y tratarse de un estudio longitudinal en el tiempo de un año. Importantes aspectos a considerar. Asimismo, la metodología empleada consideramos que es óptima.

Por otro lado, los hallazgos aquí presentados aún son preliminares puesto que el trabajo de campo no se ha concluido.

El perfil sociodemográfico hasta el momento encontrado es similar a otros estudios de parecidas pretensiones. Se observa una hegemonía del hombre, de edad media, con estudios superiores, con trabajo y no discapacitado.

Se observa que el medio natural es usado-visitado principalmente por sujetos no vinculados a ninguna organización deportiva (federación y/o club). Datos estos que han de ser muy considerados por los gestores de los espacios naturales, que en demasiadas ocasiones tiene en su "punto de mira" a los deportistas federados o asociados a clubes, cuando la realidad es bien distinta. Y, las actividades a realizar mayoritariamente son las practicadas a pie: "senderismo, caminar, pasear", "montañismo", "observación y/o fotografía de naturaleza" y "picnic y/o comida en el campo".

En el aspecto de seguridad, nos encontramos con demasiados usuarios-visitantes que realizan sus prácticas en un ambiente tan cambiante como es el espacio natural, sin ninguna cobertura de seguro. Sin embargo, creen llevar el material y equipamiento adecuado y reconocen cuál es el número de emergencias.

Se observa como el medio natural es muy frecuentado por los españoles, con una incidencia mayor en unas pocas horas de la mañana. Concibiendo este entorno como un lugar de "esparcimiento" y no tanto de entrenamiento o competición, dónde el principal valor para su acercamiento es el propio paisaje. Sin ningún tipo de organización responsable del uso-visita, pero siendo la asistencia en grupo.

Parece cierta querencia a que la presencia humana en el entorno natural no produce impacto ambiental negativo; en cambio, si produce cierto empuje económico en los entornos rurales que acogen los espacios naturales usados-visitados. Y que éstos, apuntan a ser más del modelo visitantes del tipo excursionista (y no turista), y menos del modelo usuarios (deportistas).

Agradecimientos

Desde la FEDME queremos agradecer a todos aquellos voluntarios del CACM, clubes y/o federaciones regionales que desinteresadamente están participando en el trabajo de campo en los diversos puntos de muestreo. Asimismo, a todos los gestores de los Espacios Naturales que nos han permitido ubicar los distintos puntos de muestreo para realizar el presente análisis.

Referencias bibliográficas

- Águila, C., Sicilia, A., Martínez, L.F. y Santos, Mª L. (2008). El turismo en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería): una aproximación a las prácticas. En V. Gambau, A. Vilanova, O. Camerino, y D. Moscoso (compiladores), *IX Congreso AEISAD 2006: Comunicación y Deporte,* noviembre 16-18, 345-353. Madrid: Librerías Deportivas Esteban Sanz.
- Cea, Mª A. (2001). *Metodología cuantitativa: estrategias y técnicas de investigación social.* Madrid: Síntesis.
- De Lucas, F. (2003). Psicología social del turismo. En Mª A. Rubio (coordinadora), *Sociología del turismo* (pp.191-212). Barcelona: Editorial Ariel.
- Díaz, V. (2005). *Manual de trabajo de campo en la encuesta*. Cuadernos metodológicos nº 36. Madrid. Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Faleroni, C. (2001). *Análisis de la gestión deportiva de los espacios naturales del Pallars Sobirá.* Tesis doctoral inédita. Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña, Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Farias, E. I. (2000). *El aprovechamiento recreativo, deportivo y turístico de los espacios naturales protegidos: modelos de frecuentación. El caso del Parc Nacional D'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici-España.* Tesis doctoral inédita. Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña, Universidad de Lleida, Lleida.
- Farias, E. I. (2011). Managing for recreational experience opportunities: The case of hikers in protected areas in Catalonia, Spain. *Environmental Management,* 47, 482–496.
- FEDME (2017). *Estudio del perfil de los deportistas y los clubes de montaña españoles.* Barcelona: FEDME.
- García, M. (2000). El empleo de encuestas en la investigación sociológica del turismo en los lugares de destino. En M. Latiesa y A. Álvarez (compiladores-editores), *El turismo en la sociedad contemporánea: diversificación, competitividad y desarrollo* (pp. 9-28). Granada: Proyecto Sur de Ediciones.

- García Ferrando, M (2000). La encuesta. En M. García Ferrando, J. Ibáñez y F. Alvira (editores), *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación* (pp. 167-201). Madrid: Alianza.
- González, A. y Padilla, J. L. (1998). La entrevista. En A. J. Rojas, J. S. Fernández y C. Pérez (editores), *Investigar mediante encuestas. Fundamentos teóricos y aspectos prácticos* (pp. 141-153). Madrid: Alianza.
- Gómez-Limón, J., Medina, L., Atance, I. y Garrido, A. (2003). *Los visitantes de la comarca de Doñana.* Sostenible Monográfico, 4. Madrid: Fundación Fernando González Bernáldez / EUROPARC-España.
- Padilla, J. L., González, A. y Pérez, C. (1998). Elaboración del cuestionario. En A. J. Rojas, J. S. Fernández y C. Pérez (editores), *Investigar mediante encuestas. Fundamentos Teóricos y Aspectos Prácticos* (pp. 115-140). Madrid: Síntesis.
- Luque-Valle, P. (2011). *Análisis del modelo de uso-visita de los deportistas-turistas de las vías verdes andaluzas.* Tesis Doctoral. Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de Granada, Granada.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2008). *Consultoría y asistencia para la creación del producto cicloturismo en vías verdes.* Recuperado de: http://www.viasverdes.com/pdf/docinteres/estudio_productociclotur_vv08.pdf
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). *Encuesta de hábitos deportivos 2015*. Madrid: Secretaría General Técnica. Subdirección General de Documentación y Publicaciones.
- Ministerio de Empleo y Seguridad Social (2016). Resolución de 4 de octubre de 2016, de la Dirección General de Empleo, por la que se publica la relación de fiestas laborales para el año 2017. *Boletín Oficial del Estado*, nº 244, de 8 de octubre de 2016, 71097-71910.
- Múgica, M. (1994). *Modelos de demanda paisajística y uso recreativo de los espacios naturales.* Serie Documentos nº 16. Soto del Real (Madrid): Centro de Investigación Fernando González Bernáldez.
- Rebollo, S. (2007). Técnicas de observación sistemática y encuesta. En M. Gutiérrez-Dávila y A. Oña (compiladores), *Metodología en las ciencias del deporte* (pp. 155-200). Madrid: Síntesis.
- Ruiz, F., García, Mª E. y Casado, C. (2002). *Investigación en actividad físico-deportiva. Métodos, técnicas e instrumentos de recogida de datos.* Granada: Ananda Publishers.
- Ruiz, F. (2000). *Análisis diferencial de los comportamientos, motivaciones y demanda de actividades físico-deportivas del alumnado almeriense de enseñanza secundaria post obligatoria y de la universidad de Almería.* Tesis doctoral inédita. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de Granada, Granada.
- Sierra, R. (2001). *Técnicas de investigación social. Teoría y ejercicios.* Madrid: Paraninfo Thomson Learning.

EL PAPEL DE LA FEDME EN LA DEFENSA DEL MEDIO NATURAL, LAS CARRERAS POR MONTAÑA

PAU PÉREZ DE PEDRO
Vocal del Consejo Asesor Científico en la junta directiva de la FEDME

RESUMEN

El aumento de la práctica deportiva en el medio natural ha crecido exponencialmente año tras año en nuestro país. Esto, al igual que cualquier actividad humana, puede llevar consigo un desencadenamiento de conflictos, sobre todo al desarrollarse en un medio frágil pudiendo tener un grado de impacto y afección que a si mismo depende de diversos y variados factores.
Las carreras por montaña no están exentas de estos impactos. La FEDME desde sus orígenes, se ha cuidado siempre de la protección del medio natural, e incluso ha sido una organización que ha impulsado el reconocimiento de espacios naturales protegidos.

La elaboración de la guía de buenas prácticas ambientales en carreras por montaña, conjuntamente con las administraciones ambientales ha propiciado que los reglamentos de carreras contemplen las diversas recomendaciones de la mencionada guía, A si mismo, adaptándolas las citadas recomendaciones se han trasladado a las otras actividades competitivas que recogen los estatutos federativos.

Palabras claves carreras por montaña; FEDME; impacto ambiental; reglamentos; guía.

ABSTRACT

The increase of sports practice in the natural environment has exponentially grown year after year in our country. Like any human activity, it can lead to an unleashing of conflicts, especially when it developes in a fragile environment that can have a degree of impact and affection that depends on several and varied factors.

Mountain races are not exempt from these impacts. From the beginning the FEDME has always been careful of the natural environment protection, and has been an organization that has promoted the recognition of protected natural spaces.

The preparation of a guide for good environmental practices in mountain races, created in cooperation with the environmental administrations, has allowed that the racing regulations contemplate the diverse guide recommendations. These recommendations have been adapted and transferred to other competitive activities that reflect the federative statutes.

Keywords *Races by mountain; FEDME; environmental impact; regulations; guide.*

1. Introducción

Algunos nos preguntamos cómo ha podido crecer el mundo de las carreras por montaña y como continua creciendo de manera exponencial. Sin intentar crear cátedra, efectuare una reflexión que en ocasiones la hemos compartido la gente del deporte en diversos fórums.
En 1982 se jugó en España el campeonato del mundo de futbol, España fue eliminada en cuartos, esto significo una cierta desilusión, que comporta que casi nadie se acuerde si estuvo bien organizado o no y por lo que sabemos estuvo bien.

Diez años después, los juegos olímpicos de Barcelona cambiaron la forma de ver el mundo del deporte. Las 22 medallas conseguidas por los olímpicos españoles consiguieron que muchos

descubrieran y se lanzaran a hacer deporte. Primero en el asfalto y en los pabellones deportivos, y también, cómo no, con la aparición masiva de los gimnasios.

Otro factor de la época, y gracias a cierto bienestar económico de la sociedad, fue el descubrimiento del medio natural que en muchos casos comporta, por parte de las administraciones, la creación de los Parques Naturales.

Con estos ingredientes aparecen las carreras por montaña, no es que antes no hubiera, las primeras de las que tengo constancia son las de la Sierra de Guadarrama y en Sant Llorenç del Munt, en la primera década del siglo XX, pero como en todo deporte que se precie se necesitaba alguien que destacara y ganara, alguien a quien emular, y la aparición de Kilian Jornet hizo el resto.

Es verdad que el correr por montaña era parte del entrenamiento que algunos alpinistas desarrollaban como preparación para sus expediciones con el fin de mejorar su rendimiento físico.

Pero poco a poco se empezaron a consolidar como un elemento de entidad propia y se convirtió en un fenómeno social de primer orden. Sin poderlo afirmar categóricamente, una parte importante de los corredores (nos faltaría realmente un estudio sociológico) provienen de una cierta población que ronda los 40 años y que trata de recuperar el tiempo pasado, lanzándose a intentar emular a sus ídolos, y a sí mismo en la lucha contra el crono.

Como hemos afirmado en diversas ocasiones, la FEDME no es nueva en estos temas de defensa del medio natural el nacimiento de los movimientos excursionistas están ligados a la defensa y protección de territorios y zonas que después y gracias a la sensibilidad de los montañeros se ha conseguido la creación de parques naturales por todo el territorio del estado.

Más recientemente en 1999 se crea la vocalía de accesos y naturaleza.

La organización del encuentro de canarias fue fundamental para abrir las vías de dialogo con las administraciones medio ambientales.

Esto da pie a que desde entonces se celebren bianualmente una serie de seminarios sombre temas medioambientales y que conjuntamente con gestores de espacios naturales protegidos se traten diversas temáticas, llegando después de largas discusiones a acuerdos que posteriormente son puestos en práctica por las diversas organizaciones.

En mayo del 2003 se crea el Comité científico de las montañas que actualmente, agrupa a 40 personas, son profesionales de los diversos ámbitos, de las ciencias naturales, que actúan como grupo asesor de la FEDME elaboran informes diversos relacionados con el medio natural y en montañismo, organizan jornadas bianuales sobre ciencia y montañismo.

Los mismo son recogidos en las memorias anuales de la federación, solo por destacar alguna mencionaremos la que se efectuó en Benasque en 2008 sobre “los glaciares como indicadores del calentamiento global”- “el montañismo ante el cambio climático”

Otra de las facetas que desarrollamos dentro de este capítulo, son las reuniones anuales que efectuamos con los representantes de las federaciones territoriales en los consejos consultivos de los órganos rectores en los espacios naturales protegidos, analizando la diversas problemática que existente en los mismos y como es evidente las carreras por montaña han sido y son una de las temáticas que más preocupan a los gestores de espacios naturales protegidos.

Desde el ámbito federativo las carreras por montaña, se iniciaron a organizar en el año 2001 y ya en el reglamento de las mismas, hay un extenso articulado referente a la protección medio ambiental

Creándose la figura del árbitro medio ambiental dentro de los mismos árbitros técnicos, que es la persona que después de cada carrera analiza e informa como ha afectado la misma al medio natural. Efectuando un informe totalmente documentado, con las correspondiente recomendaciones para las próximas ediciones

A si resaltaríamos que nuestra preocupación por el respeto al medio ambiente ha sido desde el inicio de la propia actividad.

El IV seminario que trato sobre las carreras, que se celebro en Guipúzcoa en el 2011 con el título "Desarrollo Rural y deportes de Montaña" con un apartado en concreto de carreras por montaña en espacios naturales protegidos. Al repasar las conclusiones del citado seminario observas que la gran mayoría de las mismas son similares a las que nos encontramos años después en la guía de buenas prácticas ambientales.

Posiblemente el documento mas trabajado sobre esta materia sea el que lleva por título "incidencia socioeconómica y ambiental de las carreras por montaña en el medio rural y natural de España".

En las conclusiones se hace destacar entre otros aspectos sumamente positivos la incidencia social y económica que tienen las carreras.

A si mismo pone en valor el territorio y se hace énfasis en la adecuada y correcta elección del trazado de la carrera y siempre en colaboración con la administración ambiental.
Ya en este documento se menciona como un problema, geomorfológico, la erosión y compactación del suelo y el tema siempre discutido hasta la saciedad, de la recogida de residuos.

Estas dos problemáticas con el tiempo han mejorado, sobre todo el tema de los residuos, los organizadores han logrado sensibilizar a todos los implicados.

Destacaríamos también la importancia he implicación federativa por estos temas, los reglamentos de las carreras por montaña no solo sancionan una mala práctica, si no que pueden llegar a la eliminación del corredor.

2. Discusión

2.1 Los efectos socio económicos de las carreras por montaña

Es evidente que la actividad al aire libre o lo que conocemos como medio natural, tiene hoy un componente muy importante para la sociedad.

La facilidad de los desplazamientos, la creación de espacios naturales protegidos las promociones turísticas y de los llamados deportes de aventura, comportan un consumo del medio natural en general muy importante.

Es cada vez más difícil localizar espacios silenciosos, hoy podemos encontrarnos auténticas muchedumbres siguiendo un camino que va hacia una cumbre y en ocasiones despreciando el peligro, y también, cómo no, con material no demasiado adecuado al medio en el que se está desarrollando la actividad.

Esta afluencia de personas también comporta un aspecto positivo en el medio rural, el económico, la revalorización del territorio rural para consumo de los habitantes de las zonas urbanas, está comportando una consolidación del medio rural-natural. A sí la creación de hoteles, albergues, bares y comercios en general conlleva un soporte económico muy importante.

Pero también un fuerte impacto medio ambiental que podría suponer a no largo plazo que matáramos el factor que nos lleva a disfrutar del valor que el medio natural no depara. De nuevo volvemos a revivir la dicotomía entre la sostenibilidad económica y el medio ambiente, tema espinoso donde lo hay y difícil de resolver con posturas fuertemente enfrontadas.

En este apartado quisiéramos resaltar también que la FEDME a través del Comité asesor científico de las montañas, ha elaborado dos importantes e interesantes trabajos que analizan en profundidad estos aspectos el medio ambiental y la importancia repercusión socio económica.

“Senderos señalizados y desarrollo rural sostenible” y “incidendecía socioeconómica y ambiental de las carreras por montaña en el medio rural y natural”.

2.2 Las carreras por montaña

Durante las dos últimas décadas ha crecido la participación de deportes en el medio natural, entre otros el senderismo, las carreras, el ciclismo y un largo etc. En ocasiones con el propósito de mejorar la salud de los ciudadanos, ahorrando costes al sistema sanitario. En la misma línea, se ha incrementado el interés por las competiciones realizadas al aire libre y, más concretamente. Desde el año 2000 no ha dejado de crecer el número de carreras por montaña celebradas en España. Este fenómeno es bien visto por la administración turística y de desarrollo rural y por los municipios y comarcas, ya que estas carreras han servido para poner en valor territorios antes olvidados. Es indudable que las carreras por montaña dinamizan el turismo rural, ya que además de movilizar a los organizadores y corredores, también atraen a un volumen significativo de espectadores (muchos son familiares), que se desplazan para seguir el desarrollo de la prueba.

Según los datos disponibles, en la actualidad, se celebrarían en España más de 1.200 carreras por montaña, en sus múltiples variedades (carreras lineales, Trail, Ultra trail, Km vertical, etcétera). Una parte muy importante de éstas, discurren por espacios protegidos. Se calcula que cerca de 800.000 personas corren anualmente por espacios naturales singulares. Esto da idea de la importancia del fenómeno. La Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME), por sí o a través de las federaciones autonómicas que pertenecen a ella, controla el 20% de estas pruebas. Esto significa que el 80% son organizadas por ayuntamientos, asociaciones, empresas, etcétera, que no están dentro de las estructuras deportivas pero tienen un interés en la celebración de estas pruebas

Sin embargo, también hay que tomar en consideración que la popularización de estas carreras ha crecido tanto que puede poner en peligro la conservación de algunos espacios naturales por los que transcurren, ya que la tendencia a realizar las pruebas en paisajes atractivos ha conducido, en muchas ocasiones, a utilizar como escenario espacios naturales protegidos. Las autorizaciones otorgadas por las administraciones ambientales se ajustaban a planteamientos diversos al no haberse producido una tarea de reflexión en común.
Por todo ello, existe en la actualidad una amplia coincidencia entre las administraciones que gestionan los espacios naturales y las entidades federativas, en la necesidad de su regulación con el fin de mantener tanto los beneficios que produce esta actividad deportiva como la conservación del medio en el que tienen lugar estas pruebas, y que constituye el objetivo fundamental de su existencia como espacios protegidos. En este sentido, EUROPARC-España, constato la preocupación que este fenómeno está generando entre sus socios, responsables de la gestión de estos espacios protegidos. La FEDME, también manifiesta su inquietud por las repercusiones negativas que estos eventos podrían estar provocando en las montañas españolas.

Así, en el Congreso Internacional de Montañismo CIMA-2015, organizado por la FEDME, surge la idea de crear un grupo de trabajo sobre carreras por montañas en espacios protegidos, y dar respuesta a los *“Retos del montañismo en el siglo XXI”*, plasmados en las

conclusiones de dicho congreso.

Finalmente, la Asamblea de EUROPARC-España, propuso, en su reunión de junio de 2015, crear un grupo de trabajo para abordar esta problemática. Este grupo conto con el apoyo económico de la Diputació de Barcelona y el Gobierno Vasco, y la colaboración de la FEDME.

La FEDME participo con un grupo de trabajo de siete personas que conjuntamente con representantes de diversas administraciones medio ambientales, elaboraron durante unos ocho meses la denominada “guía de buenas prácticas medioambientales en carreras por montaña”.

Podemos afirmar que seguramente esta guía no satisface en su totalidad a todas las partes, pero sí que es un documento de consenso valorado muy positivamente por todos los intervinientes. Se ha presentando en diversos puntos del territorio del Estado, recogiendo en los mismos una grata satisfacción y la felicitación como documento de trabajo muy necesario en la actualidad.

La guía no se debe tomarse como una norma, si no como su nombre indica como guía, ha de servir y este sería el objetivo de las entidades promotoras (FEDME, EUROPAR) como un documento cuyo objetivo es proporcionar, a las entidades organizadoras, administraciones ambientales y a los participantes en estas pruebas, un conjunto de criterios orientadores que guíen el desarrollo de este tipo de eventos, que establezcan las bases para la adecuada regulación de estas pruebas deportivas mediante recomendaciones, aplicación de rigurosos criterios u oportunas limitación y que, en definitiva, permita:

- Hacer compatible el desarrollo de carreras por montaña, y otras actividades deportivas, con la conservación de los valores patrimoniales de los espacios protegidos y contribuir a la conservación y difusión de los objetivos y valores de los espacios protegidos.
- Sensibilizar a los organizadores, participantes, acompañantes, población local, y a la sociedad, en general, sobre la trascendencia de las áreas protegidas como lugares esenciales para nuestra salud y calidad de vida, al proporcionarnos toda una batería de servicios ambientales (agua potable, aire limpio, regulación del cambio climático, control de inundaciones y erosión, etcétera), culturales y espirituales.
- Servir de base justificativa para la aprobación de normativa sobre regulación de estas pruebas deportivas en espacios naturales protegidos (PORN, PRUG, planes de uso público y otros).
- Minimizar los posibles impactos sobre los recursos naturales y culturales de los espacios protegidos donde se desarrollen este tipo de eventos. Incluso contemplando la posibilidad de no autorizar una prueba, cuando se verifique que los impactos sean incompatibles con la conservación de los recursos (alternativa cero).
- Contribuir a que la experiencia de los practicantes y organizadores de estas pruebas en espacios protegidos resulte satisfactoria.
- Contribuir a que el hecho de que la práctica deportiva se realice en un escenario natural protegido aporte un valor añadido a su desarrollo, en términos de implicación en las políticas de economía rural, de conservación y de asociación a la imagen de un parque natural o nacional.
- Compatibilizar la celebración de estos eventos con el ejercicio legítimo de la propiedad, las actividades económicas y el disfrute de otros usuarios.
- Aprovechar este movimiento de personas y recursos para que repercuta positivamente en la socio economía de las poblaciones locales vinculadas a estos territorios. Esto permitirá una mayor complicidad entre los practicantes de estos deportes y la población local.

3. Conclusión

Con esta herramienta de trabajo, la guía, consideramos que estamos aportando nuestro esfuerzo y contribuyendo a intentar paliar los posibles impactos negativos que pudieran darse durante el

desarrollo de las carreras. Dejamos constancia que no es una labor exclusiva nuestra y que por esta razón estamos intentarla darla a conocer y concienciar a todos los actores que intervienen en el desarrollo de las mismas.

Dentro de esta línea de trabajo y como complemento a los aspectos medio ambientales, la FEDME a través de su consejo asesor científico de las montañas, organizo recientemente en la ciudad de Valladolid un simposium sobre seguridad en carreras por montaña, ya que los participantes en estos eventos son también preocupación federativa. El simposium tubo un notable éxito de participación.

Quisiéramos resaltar de nuevo los aspectos socio económicos de estos eventos y su repercusión sobre el territorio y hemos pensado en transcribir lo que la revista Trail en su número 70, pg. 20, comenta dos claros ejemplos “En el caso de la transvulcania (La Palma, Canarias) en el 2015 el impacto económico para la isla directamente se sitúa alrededor de los tres millones de euros.

Otro ejemplo es Penyagolosa que recorre las comarcas de Castellón. La Diputación de Castellón calcula que el evento en su última edición había dejado en sus pueblos un millón de euros que se concreta entre otros aspectos en 4000 pernoctaciones.

Personalmente tuve la ocasión de vivir de forma directa, en una reunión con los responsables del Parque Nacional de Picos de Europa, de la Federación Asturiana de Montaña, los organizadores de la carrera de la Travesera y los alcaldes de la zona, la repercusión económica que significaba para la comarca. Podría significar poca cantidad pecuniaria, pero es necesario ponerlo en el contexto del lugar.

Delante de la negativa de los gestores del P.N. a realizar la carrera, un alcalde les contestó que él no haría la prueba si le daban los 150 mil euros que repercutían anualmente sobre el municipio, lógicamente la carrera se efectuó, y sabemos que este ejemplo es general en todo el estado.

Dentro de los compromisos que la FEDME se propuso al finalizar “La guía de buenas prácticas ambientales” fue consolidar la figura del árbitro medio ambiental y darle una función de acorde con los objetivos de la federación y poner en valor su responsabilidad.

Como hemos comentado, en su día (2001) se puso en el reglamento de carreras la figura del árbitro medio ambiental, éste tenía unas funciones ciertamente limitadas.

Durante el año 2017 se ha abierto una convocatoria a los árbitros “técnicos” para la realización de un curso de 30 horas de carácter medio ambiental que tienen que completar con un trabajo final sobre su futura labor en las carreras.

Se han inscrito 42, finalizado el curso y aprobando (a 31 de diciembre 2017) un total de 16.
Así mismo se ha elaborado un “Manual del árbitro medio ambiental” como instrumento de trabajo para los mismos, y facilitarles sus funciones antes, durante y después de las competiciones.

Y con el fin de dar un valor añadido a las carreras que la FEDME organiza o homologa (58) se ha confeccionado un documento que quiere resaltar el cumplimiento de los parámetros medio ambientales “Evaluación de la calidad para la certificación ambiental de una carrera por montaña”

Este documento consta de 37 items que han de ser analizadas una a una por los árbitros medio ambientales, que han superado el curso, el cumplimiento de las mismas debería dar paso a la Certificación Ambiental de la carrera por parte de la FEDME[114].

[114] De los mismo solo presentamos la primera hoja

Creemos que estamos en la línea de poder compatibilizar la actividad deportiva con el respeto al medio natural, que es en definitiva nuestra campo de actividad o como algunos le llama nuestro “campo de juego” (J.M.Nasarre, 1999).

Referencias bibliográficas

- 2008 “Senderos señalizados y desarrollo rural sostenible” Área de Accesos y Naturaleza- Comité Asesor Científico de las Montañas de la FEDME. Barcelona.
- 2009 “10 años de seminarios de Espacios Naturales Protegidos y Deportes de Montaña”. Área de Accesos y Naturaleza de la FEDME. Barcelona
- 2010 “Incidencia socioeconómica y ambiental de las carreras por montaña en el medio rural y natural de España” Área de Accesos y Naturaleza- Comité Asesor Científico de las montañas de la FEDME. Barcelona.
- 2015 “Conclusiones del congresos CIMA 2015” FEDME-FAM. Zaragoza.
- 2015 “Memorias anuales del Área de Accesos y Naturaleza 2004-2015”,de la FEDME. Barcelona.
- 2016 “Guía de buenas prácticas ambientales en carreras por montaña” EUROPAR-FEDME. Madrid.
- 2017 “Actas del Simposium de seguridad en carreras por montaña” (en prensa), Comité Asesor Científico de las Montañas de la FEDME. Valladolid

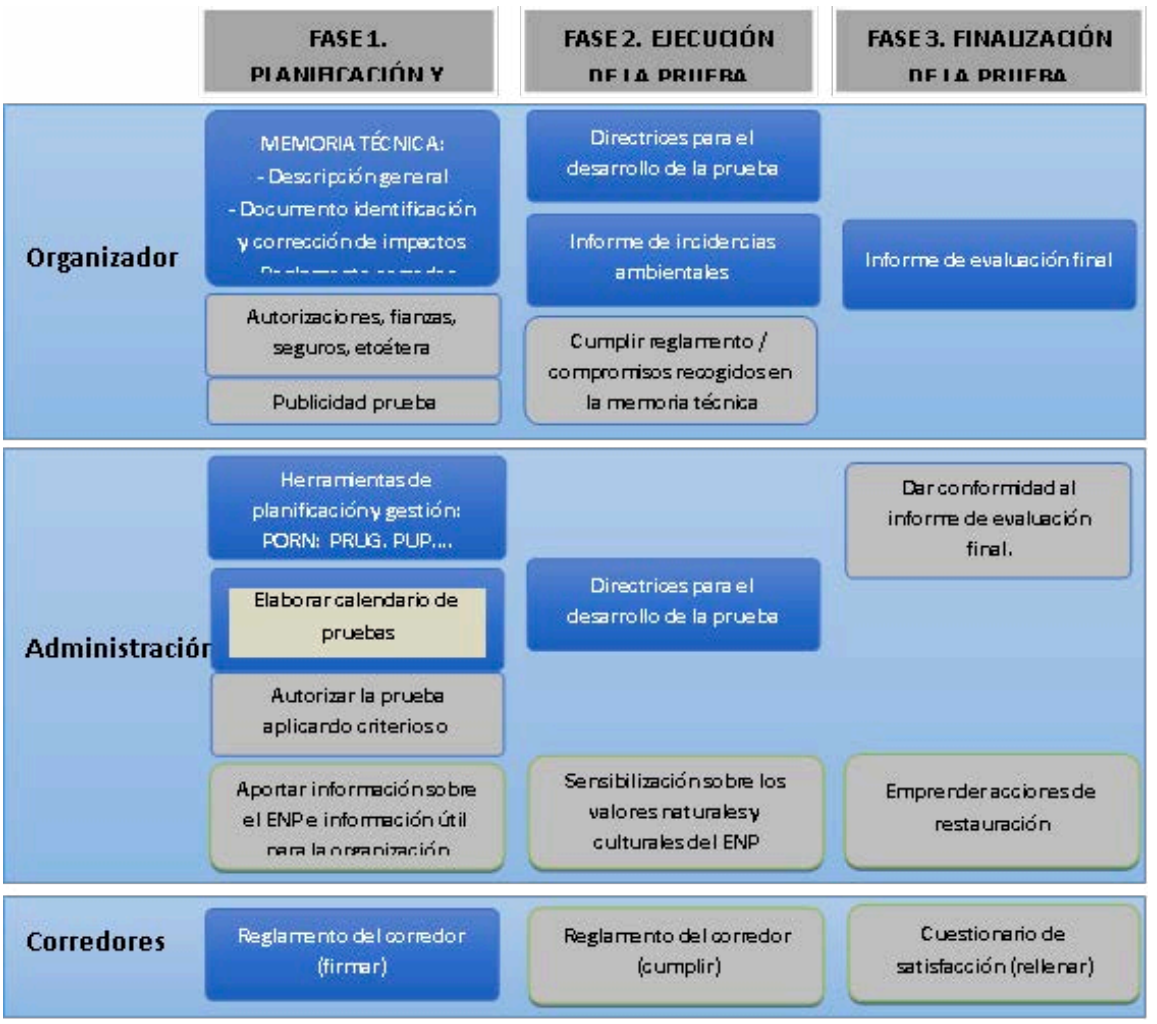
APENDICE
Manual del árbitro medioambiental13/01/18

Este manual está organizada en **tres apartados**, que comprenden los hitos fundamentales de una carrera por montaña: la planificación y diseño, la ejecución y la finalización de la prueba. Para cada una de estas fases se han definiendo las actuaciones que deben abordar tanto la entidad organizadora de la prueba como la administración competente en la gestión del espacio protegido, así como la implicación y el compromiso de los corredores, desde el punto de un arbitro medioambiental.

I. ***FASE 1. Planificación y diseño de la prueba.***Es el periodo de tiempo que transcurre desde que el organizador tiene la primera idea sobre el evento hasta el día de la celebración. Los documentos y tareas más relevantes serían la descripción de la prueba, a través de la Memoria técnica

II. ***FASE 2. Ejecución de la prueba.***Esta fase comienza con la instalación de todos los elementos necesarios para el desarrollo de la prueba, la sesión informativa(briefing) de la carrera, el propio desarrollo del eventoy termina con la entrega de premios. Seguimiento de los aspectos planteados en el informe ambiental, detección de impactos, tipos de controles por parte de los árbitros ambientales, etcétera

III. ***FASE 3. Finalización de la prueba y evaluación.***Fase que comienza con el desmontaje y limpieza, evaluación de los impactos ocasionados, puesta en marcha de las medidas planificadas, evaluación de la satisfacción, reunión técnica de clausura (debriefing) etcétera. Concluye con el visto bueno definitivo, por parte de la administración del espacio protegido, al informe de evaluación ambiental presentado por la organización.



En cada una de estas fases, se incluye y se especifica, el tipo de tarea o actuación que debe asumir cada uno de los actores implicados en el desarrollo de una carrera por montaña: entidad organizadora, administración ambiental u otras implicadas, y los corredores. También se incluye la tipología de informes, reglamentos, directrices, u orientaciones a tener en consideración por el organizador de la prueba, por la administración del espacio protegido y por los corredores

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PARA LA CERTIFICACIÓN AMBIENTAL DE UNA CARRERA POR MONTAÑA

Fase previa: diseño, autorización y difusión de la prueba			
		SI	NO
1.1	La organización cuenta con una memoria técnica y ambiental, informada favorablemente por la administración del espacio protegido.		
1.2	La organización ha fijado un número máximo de participantes igual o inferior a 500. En caso de ser carreras con múltiples itinerarios el número se limitará a 300.		
1.3	El punto de salida está situado en un casco urbano, en una zona con adecuada capacidad de acogida o en un lugar con aparcamiento suficiente		
1.4	La organización fomenta el uso de transporte público o colectivo: transporte público, autocares, vehículos de alta ocupación (p.e. reserva de plazas)		
1.5	En su totalidad la prueba discurre por senderos o caminos existentes		
1.6	En su totalidad la prueba discurre por sustratos bien consolidados, sin problemas de erosión y acondicionados periódicamente		
1.7	El horario de la prueba es exclusivamente diurno		
1.8	Los puntos de avituallamiento se sitúan en lugares accesibles		
1.9	La bebida y la comida proporcionadas a los participantes no generan residuos		
1.10	Se ha tramitado la autorización del órgano gestor del ENP en base a un calendario previo y/o con antelación		
1.11	La organización acredita la autorización de todas las administraciones implicadas y, en caso de utilizar caminos privados, de los propietarios de las fincas		
1.12	La organización cuenta con un plan de seguridad o emergencia para atender esta eventualidades, identificando las alternativas y los responsables		
1.13	La organización cuenta con una póliza de seguros que cubre la responsabilidad ambiental		
1.14	La organización difunde entre todos los participantes, a través de sus medios de difusión, la información ambiental más relevante		
1.15	La información difundida por la organización incorpora recomendaciones ambientales, también, referidas a los entrenamientos		
1.16	La información difundida por la organización incorpora recomendaciones ambientales, también, para los acompañantes, seguidores y espectadores, indicando los lugares más adecuados para situarse		
1.17	La organización y los participantes han suscrito un formulario de adhesión al documento de buenas prácticas ambientales		
1.18	La organización ha previsto la recogida selectiva de residuos		

PRÁCTICA DE ACTIVIDADES DEPORTIVAS EN ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y USO DE DRONES CON OCASIÓN DE LAS MISMAS: EL CASO DEL PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA

FRANCISCO MIGUEL BOMBILLAR SÁENZ
Profesor Contratado Doctor de Derecho Administrativo
Acreditado como Profesor Titular de Universidad
Coordinador de la Cátedra de Estudios e Investigación en Derecho del Deporte Universidad de Granada

RESUMEN

Nuestras sierras y montañas se han erigido en auténticas instalaciones deportivas. Esta contribución aborda el régimen jurídico que disciplina el uso de drones en espacios naturales protegidos con ocasión de la práctica de actividades deportivas en la naturaleza, tomando como ejemplo el marco regulador que afecta al Parque Nacional de Sierra Nevada. Previamente, se expone la relación secular entre deporte y naturaleza, haciendo referencia a algunas prácticas deportivas tradicionales. Obviamente, estas prácticas deportivas han de ser sostenibles y compatibles con el medio ambiente, reduciendo al máximo su posible impacto negativo sobre el medio.

Palabras clave: Actividad deportiva en el medio natural. Turismo activo. Prácticas deportivas tradicionales. Intervención administrativa. Administración ambiental. Protección del medio ambiente. Drones. Parque Nacional de Sierra Nevada.

ABSTRACT

Our hills and mountains are authentic sports facilities. This paper analyzes the legal framework for the use of drones in protected natural spaces on the occasion of the practice of sports activities in nature, taking as an example the legal framework that affects the Sierra Nevada National Park. Previously, I expose the secular relationship between sport and nature referring to some traditional sports practices. Obviously, these sport practices must be sustainable and compatible with the environment, reducing to the maximum its possible negative impact on the nature.

Key words: *Sports activity in the natural environment. Active turism. Traditional sports practices Administrative intervention Environmental administration. Environmental Protection. Drones. National Park of Sierra Nevada.*

1. Antecedentes históricos de la actividad deportiva en el medio natural: vinculación al medio rural de las prácticas deportivas tradicionales.

Nuestras sierras y montañas, nuestros ríos y costas, nuestros bellos parajes naturales, se erigen en auténticas instalaciones deportivas para múltiples modalidades deportivas. Por todos es conocida la infinidad de prácticas deportivas que se desarrollan en la actualidad en espacios naturales: bicicleta de montaña, buceo y actividades subacuáticas, descenso de barrancos, escalada, esquí acuático, esquí alpino, espeleología, montañismo, piragüismo, senderismo, surf, windsurf…

Año tras año, son cada vez más las personas que en el ámbito competitivo oficial eligen practicar deporte en el medio natural. Las cifras hablan por si solas. En 2016, la Federación Española de Montaña y Escalada (FEDME) contaba ya con 222.556 licencias y 2631 clubes, la quinta de España entre las Federaciones deportivas españolas con mayor número de deportistas; mientras que 32.321 licencias y 295 clubes formaban parte de la Federación Andaluza de Montaña y Deportes de Escalada (FADME). Esta dinámica se ha extendido también al ámbito competitivo no

oficial y recreativo o de ocio. Basta recordar los 7.500 participantes que en 2017 concurrieron a la prueba de los 101 km organizada por la Legión de Ronda.

Obviamente, este no es un fenómeno reciente. Desde tiempo inmemorial, la práctica deportiva ha estado asociada a la naturaleza. En Andalucía, podemos destacar el caso de los *bolos serranos*, en la Serranía de Segura, Cazorla y Las Villas, en el ámbito rural, en la provincia de Jaén, o las carreras de caballos de Sanlúcar de Barrameda, por lo que al litoral se refiere, en la provincia de Cádiz. Aun incluso constituyendo una manifestación concreta de deportes hoy en día consolidados (como ocurre en los dos casos apuntados), estas prácticas deportivas tradicionales ven definida su especificidad principalmente en función de factores sociales, históricos o culturales que trascienden a los meramente deportivos o competitivos.

El valor socio-cultural presente en las *prácticas deportivas tradicionales* (Sánchez-Mesa Martínez, L.J. & Bombillar Sáenz, F.M., 2007 y 2017) adquiere una centralidad indiscutible. Dichas prácticas constituyen un testimonio de nuestro pasado, de nuestra historia, de nuestra forma de vivir en sociedad, de nuestra forma de ver el mundo. Así, el origen de muchas de ellas se encuentra vinculado a la vida rural, a los oficios y labores de sus practicantes, ya sean estos pastores (el *salto del pastor* canario), leñadores (los *aizkolaris* del País Vasco y Navarra) o pescadores (las famosas competiciones de traineras del Mar Cantábrico).

En consecuencia, estas prácticas forman parte del patrimonio cultural inmaterial, del que se ocupa la Ley 10/2015, de 26 de mayo. Este Patrimonio especial engloba en su seno a «los bienes muebles e inmuebles y los conocimientos y actividades que son o han sido expresión relevante de la cultura tradicional del pueblo español en sus aspectos materiales, sociales o espirituales», en la definición otorgada por el artículo 46 de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.

El legislador estatal español –sin quedar ajeno a la aludida dimensión cultural presente en el deporte en general–, no optó, sin embargo, por descender a contemplar concretamente una regulación básica para las peculiares manifestaciones de este «deporte tradicional» entre los contenidos de la Ley 10/1990, de 15 de octubre, del Deporte. La situación en el ámbito autonómico es bien distinta, pues buena parte de las Leyes autonómicas sobre el deporte han establecido, con mayor o menor intensidad, alguna regulación al respecto (Sánchez-Mesa Martínez, L.J. & Bombillar Sáenz, F.M., 2007 y 2017).

De este modo, junto a Comunidades que abrazan el mutismo de la Ley estatal, hallaremos otras que hacen mención expresa a estos deportes y juegos tradicionales, incluyendo su fomento y promoción entre los principios rectores de su política deportiva y reconociendo una competencia autonómica específica al respecto. Entre estas últimas destaca la Ley Canaria del Deporte (Ley 8/1997, de 9 de julio), cuyo modelo de fomento de los deportes autóctonos (que va desde la constitución de federaciones deportivas específicas al establecimiento de líneas de financiación preferente o de programas dirigidos a la iniciación deportiva de los jóvenes en edad escolar) ha resultado influyente en algunas de las recientes reformas operadas en la legislación de otras Comunidades (como la balear o la castellano-leonesa).

También merecerán ser destacadas las particularidades que presenta la regulación desarrollada en el País Vasco (Ley 14/1998, de 11 de junio), contemplando expresamente la aprobación de planes estratégicos para promocionar e impulsar el desarrollo de los *herri-kirolak* (*deportes de la tierra*), la pelota vasca y el remo en banco fijo (en las modalidades de trainera, trainerilla y batel). Sirva como muestra el *Plan Estratégico de Herri Kirolak 2006-2010*, desde el que se articula todo un conjunto de medidas encaminado a fomentar los vistosos y conocidos *herri-kirolak* (donde se aglutinan los *aizkolaris* o el arrastre de piedra por bueyes, burros, caballos o personas), con medidas que van desde la configuración de un calendario anual planificado, el impulsar programas de tecnificación deportiva o el diseño de una identidad corporativa que deje patente cuáles son las 18 disciplinas que aquí se congregan.

Estas prácticas deportivas tradicionales están ligadas indisolublemente a los bellos parajes naturales del ámbito rural vasco. Las competiciones de cortadores de troncos (*aizkolaris*) son probablemente el deporte autóctono rural-rey del País Vasco. El origen de estas pruebas de *aizkolaris* está en el trabajo cotidiano de carboneros y leñadores en el bosque, en una época en la que el carbón vegetal obtenido de la madera constituía el motor económico del País Vasco al ser utilizado como combustible en las ferrerías para convertir el mineral en hierro. Estos carboneros y leñadores cruzaban pequeñas apuestas para ver quién derribaría primero un árbol determinado. Parecido origen tienen las pruebas de siega (*sega-jokoa*), donde la rapidez y destreza de los segadores cortando la hierba con guadaña manual para la alimentación del ganado propició la temprana aparición de apuestas; o las pruebas de arrastre de piedras con bueyes, que nacieron al socaire de los trabajos realizados en las canteras, donde las piedras desprendidas por la explosión de los barrenos era pulimentadas y luego arrastradas por los bueyes.

Por último, en otro orden de cosas, interesa destacar también la experiencia legislativa desarrollada en la Comunidad Valenciana. La especial sensibilidad manifestada en esta Comunidad hacia este tipo de prácticas deportivas no solo se proyecta, por cuanto se refiere a la labor legislativa, en los contenidos dispuestos por la Ley del Deporte: el fuerte arraigo de las prácticas tradicionales de cría, adiestramiento, suelta, entrenamiento y competición de palomos deportivos, llevaría al legislador a aprobar, en 2002, una Ley específica, la Ley de Protección de la Columbicultura y del Palomo Deportivo. La Región de Murcia ha seguido su estela en una norma de tenor prácticamente idéntico dictada en 2011.

Resulta muy meritorio, en consecuencia, que la Ley del Deporte de Andalucía (Ley 5/2016, de 19 de julio, LDA) haga, por fin, por primera vez en la normativa deportiva andaluza, un expreso reconocimiento en su articulado al deporte autóctono, definido, en el artículo 34, apartado primero, como «aquella actividad deportiva que tradicionalmente se desarrolla en Andalucía como elemento de identidad cultural propio de la Comunidad Autónoma de Andalucía». La Consejería competente, de acuerdo con el apartado segundo del artículo 34, «promocionará los deportes autóctonos andaluces como elementos integrantes y diferenciadores de nuestra cultura, apoyando su conocimiento y práctica mediante su difusión dentro y fuera de la Comunidad Autónoma» (Sánchez-Mesa Martínez, L.J. & Bombillar Sáenz, F.M., 2017).

Las prácticas deportivas tradicionales se caracterizan (en su origen, cuando menos) por una serie de rasgos comunes, entre los que destacamos los que siguen: 1) una estrecha ligazón al ámbito local o regional; 2) su habitual configuración como práctica tradicional o ancestral, arraigada en un determinado ámbito territorial desde un origen (más o menos) remoto en el tiempo; 3) la presencia en su puesta en práctica (frecuentemente asociada a fiestas, conmemoraciones, etc.) de un intenso valor socio-cultural (que a menudo se sobrepone o trasciende al meramente deportivo o competitivo), aspecto que las configura en esencia (al menos en sus orígenes) como «actividades populares»; 4) reglas configuradas a través de la tradición y la costumbre (codificadas en la mayor parte de los casos tan sólo con carácter reciente en el tiempo); o 5) allí donde las mismas existan, simplicidad y espontaneidad de las estructuras organizativas (este último constituye un rasgo que se ha ido matizando con el tiempo, fruto también de la regulación y el fomento de que han sido objeto estas prácticas).

De los rasgos identificadores aquí apuntados, queremos subrayar en esta sede la habitual integración de su práctica en el medio natural, ya se trate de zonas rurales como del litoral. El referido salto del pastor es un buen ejemplo a este respecto Debido a la difícil orografía de las Islas Canarias, con grandes pendientes y profundos barrancos, los pastores y cabreros canarios perfeccionaron un tipo de salto, ejecutado con una gran técnica, que les ayudara en sus desplazamientos con sus ovejas y cabras, valiéndose para ejecutarlo del instrumento de madera propio de su profesión (con denominaciones distintas según las zonas o islas tales como Garrote, Lata, Asta, Astía o Lanza), al que remataron con una punta metálica, de hierro y acero, (denominada regatón, rejucho...), y cuya medida oscilaba dependiendo del terreno donde se moviesen y del saltador (pudiendo llegar hasta los cuatro metros).

Dentro de estas prácticas deportivas tradicionales, junto a las modalidades completamente originales (como el salto del pastor), se concitan otras que representan variantes específicas de deportes ampliamente reconocidos y organizados (como la lucha), también bañadas por valores sociales, históricos o culturales. Es el caso de las diversas variantes del juego de bolos que se ofrecen en diferentes zonas rurales de España (como los bolos *huertanos* y *cartageneros* murcianos) y que en Andalucía se conocen con el nombre de los *bolos serranos* (Bombillar Sáenz, F.M., 2007).

Este juego ha sido practicado de forma más o menos continua hasta el día de hoy (durante casi seis siglos) en los cortijos de la Serranía de Cazorla, Segura y Las Villas, donde la gente cuenta con sus propias boleras, y en otras situadas en las ventas y puestos de vino, llevando aparejada su práctica todo un ritual que se integra como parte de la rica cultura autóctona de estos municipios serranos. Se conocen, en concreto, dos modalidades: la modalidad *valle* (la más extendida) y la modalidad *alta montaña*, cada una con sus específicos elementos (bola de bolear, mingos...) y reglas de juego.

En Andalucía hasta el momento no se ha previsto la posibilidad de crear una Federación Andaluza de Deportes Tradicionales y, menos aún, una Federación Andaluza de Bolos Serranos; por lo que los clubes de bolos serranos (como el C.D. Bolos Serranos Los Reales, Jaén; o el C.D. Bolos Serranos San Francisco de Arroyo del Ojanco, Jaén) se inscriben en el Registro Andaluz de Entidades Deportivas integrándose en la Federación Andaluza de Bolos.

Estos clubes participan en los Campeonatos provinciales de bolos Serranos (patrocinados por la Federación Andaluza de Bolos), la Copa Federación de Bolos Serranos, Copa Presidente de Bolos Serranos (patrocinada por la Federación Andaluza de Bolos), Campeonatos comarcales (promovidos por Clubes y Ayuntamientos de la Comarca) o los Campeonatos provinciales (organizados por la Diputación Provincial de Jaén). En definitiva, son los Ayuntamientos de la Comarca (Beas de Segura o Cazorla), la Diputación Provincial de Jaén y la Federación Andaluza de Bolos los principales mecenas de esta manifestación deportivo-cultural, profundamente arraigada en la zona.

Los *herri-kirolak*, el *salto del pastor* canario, los bolos serranos y otras tantas prácticas deportivas tradicionales son tan solo una muestra de los frutos que el matrimonio deporte-naturaleza ha engendrado a lo largo de los siglos.

2. Actiovidad deportiva en el medio natural y protección del medio ambiente: la apuesta por prácticas deportivas sostenibles con el entorno:

El deporte constituye en nuestros días un fenómeno poliédrico, punto de encuentro de múltiples valores, así como de toda una serie de intereses y fuerzas a ellos asociados. La trascendencia que han ido alcanzando dichos valores en el marco económico-social del Estado del Bienestar (Jiménez Soto, I., 2002), así como la necesidad de articular cauces que dirijan y orienten eficientemente los intereses de muy diversa índole –tanto públicos como privados, ya coincidentes ya enfrentados– que confluyen en la actividad deportiva, han venido a determinar una progresiva intervención del Derecho en el sector, intervención que, paralelamente al carácter abierto que presenta el propio concepto de deporte y a la diversidad de bienes jurídicamente tutelables en él presentes, ofrece una insoslayable riqueza y amplitud, por cuanto a técnicas e instrumentos de actuación y organización se refiere.

Aunque buena parte de la actividad deportiva se practica en la naturaleza (De la Plata Caballero, N., 2006), como hemos acreditado con las oportunas referencias históricas que llegan hasta nuestros días, han sido las normas turísticas y ambientales (no las deportivas) las que históricamente han disciplinado este sector. Valgan dos ejemplos como muestra: el Decreto 20/2002, de 29 de enero, de turismo en el medio rural y turismo activo; y la Orden conjunta de la

Consejería de Turismo y Deporte y de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, de 20 de marzo de 2003, por la que se establecen las obligaciones y condiciones medioambientales para la práctica de turismo activo. Es más, la propia Ley de Turismo de Andalucía (Ley 13/2011, de 23 de diciembre) ha establecido que las actividades deportivas englobadas bajo los conceptos "turismo activo" o "turismo de aventura" sean consideradas como servicios turísticos.

Es innegable la enorme interrelación existente hoy en día entre «ocio» (Barranco Vela, R., 2011), «deporte» y «turismo»; un turismo para «ver» deporte (pensemos, por ejemplo, en los espectadores de un Mundial de Fútbol o de un Gran Premio de Formula 1) y un turismo para «practicar» deporte en el medio natural, donde el motivo principal del desplazamiento turístico es la práctica de una determinada actividad deportiva. Esta última opción –ampliamente estudiada dentro de la doctrina administrativista por I. Jiménez Soto (2015)– es la que se ha dado en llamar «turismo activo».

En concreto, el Decreto andaluz 20/2002, de 29 de enero, de Turismo en el Medio Rural y Turismo activo considera como «actividades propias del turismo activo las relacionadas con actividades deportivas que se practiquen sirviéndose básicamente de los recursos que ofrece la naturaleza en el medio en el que se desarrollen, a las cuales le es inherente el factor riesgo o cierto grado de esfuerzo físico o destreza» (art. 4); entre ellas, el Anexo V de este Decreto recoge las siguientes: bicicleta de montaña, buceo, descenso de barrancos (barranquismo), descenso en bote (*rafting*), esquí acuático, esquí alpino, montañismo, motos acuáticas, paracaidismo, piragüismo, salto desde el puente (*puenting*), *surf* y *windsurf* o vuelo sin motor.

Dentro de las actividades de turismo activo podemos destacar las que se encuentran ligadas al mundo de la nieve. Sobre este campo, y bajo la dirección de I. Jiménez Soto, F. Porras Lima defendió en marzo de 2007 en la Universidad de Bolonia una interesante tesis doctoral: *L'intervento pubblico sul turismo attivo. Il caso concreto delle stazioni sciistiche*; donde se afronta, desde la perspectiva del Derecho público, la problemática actual –en torno, sobre todo, a la protección de la salud y la integridad física de los practicantes de los deportes invernales de descenso– que suscitan las estaciones de esquí y montaña en España e Italia principalmente, en cuanto pertenecientes a un sector turístico en continuo crecimiento.

La práctica deportiva se ha erigido en un aliciente turístico de primer orden. Una encuesta del Instituto de Estudios Turísticos arroja un dato muy significativo: un 63% de los turistas que nos visitaron en 2003 realizó alguna actividad deportiva en nuestro territorio. De ahí que, sin salirnos del marco geográfico de las estaciones de esquí y montaña, se comprenda fácilmente que desde instituciones como la propia empresa pública Cetursa-Sierra Nevada, por ejemplo, se haya apostado por potenciar en los últimos años el turismo-deportivo también durante la época estival, habilitando en el macizo montañoso pistas, rutas y senderos para recorrer en contacto con la naturaleza (en bicicleta, a pie o a caballo).

Esta apuesta a favor de potenciar y consolidar, aún más, la presencia del deporte en la naturaleza no puede lógicamente emprenderse de una manera irracional o acrítica: el concepto de «desarrollo sostenible» también ha de estar aquí presente, manteniendo en equilibrio los intereses sociales, económicos y ecológicos en juego. Se han de adoptar, así, todas las medidas que se estimen necesarias para limitar o minimizar los posibles impactos ambientales que las actividades deportivas –en especial los deportes de motor– puedan provocar en el medio ambiente natural (López Bustos, F.L., Mayorga, J.I. & De la Plata, N., 2006).

Bajo este punto de partida, uno de los intereses públicos a los que se supedita la regulación de la práctica deportiva en la naturaleza es, en consecuencia, la protección del medio ambiente. La actividad deportiva que se desarrolle en la naturaleza ha de respetar el medio ambiente, las características del espacio natural, lo que incluye la salvaguarda de la fauna y flora silvestre y del paisaje. Esto es, la práctica deportiva ha de ser *sostenible* y *compatible* con el medio ambiente (Jiménez Soto, I., 2015), reduciendo al máximo su posible impacto negativo sobre el medio.

Por desarrollo sostenible podemos entender, tal y como lo define el *Informe Brundtlant* de 1987, junto con otros instrumentos (Carta Europea del Deporte, Libro Blanco sobre el Deporte de la Comisión Europea, Código de Buen Gobierno de la FEDME…), como «aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer las capacidades de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades». En suma, hay que alcanzar un necesario equilibrio entre el disfrute de los recursos naturales con ocasión de la práctica deportiva y la conservación y mejora del medio ambiente para que lo puedan seguir disfrutando las generaciones futuras.

En esta línea se pronuncia el artículo 10.1 de la LDA: «Los poderes públicos fomentarán la práctica del deporte en el medio natural, garantizando en todo caso que dicha práctica se realice de una manera sostenible y compatible con el medio ambiente, mediante una utilización racional de los recursos naturales», facilitando esta actividad mediante programas específicos en la planificación tanto de actividades como de eventos (art.10.2 LDA). No en vano, y este es un hecho a destacar, «el medio natural tendrá la consideración de instalación deportiva no convencional cuando se utilice como medio para la práctica deportiva» (art. 10.3 LDA), de modo que el legislador ambiental tendrá en cuenta el uso de ese espacio para la práctica deportiva (art. 10.4 LDA).

En definitiva, la LDA contempla la consideración del medio natural como espacio deportivo, si bien exige que la práctica deportiva a desarrollar allí sea compatible con la preservación del medio ambiente. Algo que considero no sucederá si la práctica deportiva en cuestión altera el equilibrio de ese ecosistema, modificando, por ejemplo, los ciclos reproductivos de la fauna que allí se congrega.

Y esto no solo vale en relación con el medio ambiente rural o el litoral, también por lo que al medio ambiente urbano se refiere. Aunque no es el marco geográfico objeto de esta contribución, resulta especialmente interesante el estudio abordado por R. Barranco Vela y L.J. Sánchez-mesa Martínez (2004) en relación a la protección ambiental de los conjuntos históricos o entornos monumentales urbanos ante el impacto que puede generar en ellos la práctica deportiva (una carrera ciclista, por ejemplo). El valor histórico-artístico de estos entornos monumentales justifica que se adopten también aquí una serie de medidas adicionales de protección por parte de los Poderes públicos (como sucede con el *Palio* de Siena), que hagan frente a los posibles efectos dañinos que la práctica deportiva puede acarrear en los mismos (contaminación acústica y atmosférica, residuos o alteración del pavimento).

3. Régimen jurídico del uso de drones en espacios naturales protegidos con ocasión de la práctica de actividades deportivas en la naturaleza: el caso del Parque Nacional de Sierra Nevada.

Una vez expuesta la relación secular entre deporte y naturaleza, caracterizadas nuestras sierras y montañas como auténticas instalaciones deportivas y subrayado que esta práctica deportiva ha de ser sostenible y compatible con el medio ambiente, reduciendo al máximo su posible impacto negativo, es hora de abordar el régimen jurídico que afecta al uso de drones en espacios naturales protegidos con ocasión de la práctica de actividades deportivas en la naturaleza, prestando una especial atención al marco regulador que afecta al Parque Nacional de Sierra Nevada.

Los drones son uno de los aparatos tecnológicos con mayores perspectivas de aplicación con fines civiles (y militares) en la actualidad (SARRIÓN ESTEVE, J., 2017).

En este sentido, a modo de muestra, son conocidas las aplicaciones de las aeronaves civiles pilotadas por control remoto en el campo de la documentación científica [fotografías y grabaciones aéreas, así como fotogrametría aérea (mapas 3D, nubes de puntos en 3D, modelos digitales de terreno y superficie, ortomosaicos rectificados, calculo de volúmenes, líneas de

contorno, modelos 3D con texturas…)], en particular, en trabajos de Geología, Arquitectura, Arqueología o Ingeniería. De hecho, la Universidad de Granada cuenta desde hace unos meses con una unidad de drones dentro del Servicio de Tratamiento de la Imagen del Centro de Instrumentación Científica (CIC), diseñada para realizar todos los trabajos que requieran el vuelo de vehículos no tripulados y autorizada como operador oficial registrado en la Agencia Española de Seguridad Aérea.

Estas aeronaves pilotadas de forma remota de gran utilidad en la captación de imágenes aéreas, también están llamadas a ocupar un importante rol en el campo de la fotografía y el periodismo (lo que se ha denominado *dronalism*). Razón por la que estos dispositivos requieren de una adecuada regulación que garantice la protección de los derechos fundamentales que pueden aquí entrar en conflicto (entre ellos, claro, la protección de datos), pues a nadie se le escapa que su actividad puede implicar en muchas ocasiones una intromisión *virtual* que vulnere el tenor del artículo 18.2 de la Constitución [como ya ha podido apreciar la Sentencia del Tribunal Supremo (Sala de lo Penal, Sección1ª), núm. 329/2016 de 20 abril].

Por no hablar del rol de estas aeronaves en la gestión de emergencias, como recientemente ha puesto en valor el Decreto 70/2017, de 2 de junio, del Consell, por el cual se modifica el Plan territorial de emergencia de la Comunitat Valenciana, por la aprobación del procedimiento de actuación de operación de aeronaves pilotadas por control remoto en situaciones de emergencia bajo la dirección de la Generalitat.

Pero estos dispositivos también tienen que respetar una serie de prohibiciones que en relación con su uso civil se recogen diseminadas a lo largo y ancho de nuestro Ordenamiento jurídico. Incluso en ordenanzas municipales, como la del Ayuntamiento de Pamplona en relación con el Encierro de los San Fermines, en cuyo artículo 11 se establece que «Queda taxativamente prohibido y será objeto de denuncia por parte de las fuerzas y cuerpos de seguridad: o) Sobrevolar sin autorización, con cualquier tipo de aparato, el espacio del Encierro». Las sanciones por manejar un dron en este entorno se cuantifican en 1.500 euros de multa.

Por lo que al ámbito de la caza se refiere, por su vinculación con la sierra y la montaña, podemos sacar aquí a colación la Resolución de 22 de febrero de 2017, de la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos naturales, por la que se aprueba la Disposición General de Vedas para la temporada 2017-2018 en el territorio del Principado de Asturias. Allí se dispone, en su artículo 4.1.8, que «Con objeto de proteger la especies cinegéticas, queda prohibido el empleo de medios de caza con dispositivos eléctricos o electrónicos que faciliten la caza mediante la utilización de cámaras térmicas, drones u otros dispositivos similares, con excepción de los medios convencionales (localizadores, “beeper” para los perros y emisoras)». Con un tenor parecido se expresa la Orden MED/7/2017, de 10 de marzo, por la que se regula la práctica de la caza durante la temporada cinegética 2017-2018 en el territorio de la Comunidad Autónoma de Cantabria, exceptuando el incluido en la Reserva Regional de Caza Saja, en su artículo 12.17.

Más allá del uso de estos dispositivos por los profesionales de la información o la documentación o en el campo de la gestión de emergencias, así como, claro, por la propia Administración pública en el ejercicio de sus potestades (como la sancionadora, si por ejemplo detecta una construcción ilegal en un terreno no urbanizable gracias a estas tomas aéreas), en la actualidad es frecuente que las personas que practican deporte en la naturaleza quieran ser inmortalizadas en esos bellos parajes con las oportunas imágenes aéreas tomadas por un dron, que sirvan de testimonio gráfico de sus rutas de senderismo, de sus travesías en bicicleta de montaña o de sus escaladas.

Estos deseos suelen toparse con la respuesta negativa, o sometida a un elenco de serias condiciones, de la Administración ambiental, en aplicación de las diversas normas dictadas para velar por estos parajes naturales especialmente protegidos en razón a la flora y fauna que albergan. Valga como ejemplo la Resolución PRE/70/2016, de 15 de enero, por la que se hace público un Acuerdo de la Comisión Ejecutiva del Patronato del Parque de Montserrat sobre la

práctica de actividades deportivas, actividades colectivas y Normas de comportamiento y usos dentro del Espacio Natural Protegido de Montserrat. Esta norma recoge entre las actividades sometidas a autorización previa en todo el Parque Natural el aeromodelismo (incluidos los drones); junto con cualquier actividad deportiva organizada (caminatas, carreras, competiciones, raids...) o la práctica del parapente, la tirolina o el ala delta.

En la actualidad, la normativa que disciplina estos aparatos se encuentra en el Reglamento (CE) núm. 216/2008, sobre normas comunes para la seguridad de la aviación civil y por el que se crea una Agencia Europea de Seguridad Aérea; en los artículos 50 y siguientes de la Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia; y, en especial, en el Real Decreto 1036/2017, de 15 de diciembre, por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto, y se modifican el Real Decreto 552/2014, de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea y el Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea. Pero más allá de estas normas de carácter general, para el supuesto que nos ocupa hemos de acudir a la específica legislación ambiental.

En consecuencia, esta contribución va a pivotar sobre dos de los principales instrumentos que desde la legislación ambiental disciplinan en Andalucía el Espacio Natural Protegido (ENP, suma del Parque Nacional más el Parque Natural) de Sierra Nevada: el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) y el Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG), recogidos en el Decreto 238/2011, de 12 de julio, por el que se establece la ordenación y gestión de Sierra Nevada.

El PORN y el PRUG recogen los instrumentos de ordenación o regulación (delimitaciones, autorizaciones, prohibiciones, sanciones, etc.) que prescriben (limitan, modulan o prohíben) aquellas actividades que pueden o no desarrollarse en estos espacios protegidos. Estos instrumentos planificadores constituyen una técnica muy eficaz al concretar y especificar las medidas de prevención o restauración previstas con carácter general en la legislación (Conde Antequera, J., 2015). Por una parte, el PORN establece y define objetivos, acciones y criterios que promuevan la conservación, el uso sostenible y, en su caso, la restauración de los recursos naturales; mientras que el PRUG fija las normas generales de uso y gestión del Parque, recogiendo el régimen al que quedan sometidos los usos y actividades que allí se desarrollen (Jiménez Soto, I., 2014, 2015 y 2017).

Todo ello, como es lógico, en conexión con lo dispuesto, en el resto de normas que afectan al funcionamiento de este Parque Nacional, tal y como la Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales, la Ley 3/1999, de 11 de enero, por la que se crea el Parque Nacional de Sierra Nevada, la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, el Real Decreto 389/2016, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Plan Director de la Red de Parques Nacionales, el Real Decreto 712/2006, de 9 de junio, por el que se amplían las funciones y servicios de la Administración del Estado a la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de conservación de la naturaleza, o el Decreto 24/2007, de 30 de enero, por el que se declara el Espacio Natural de Sierra Nevada y se regulan los órganos de gestión y participación de los Espacios Naturales de Doñana y Sierra Nevada

Todas estas normas, de ámbito estatal y autonómico, interactúan a la hora de disciplinar el uso de drones en un entorno como el del Parque Nacional de Sierra Nevada, con el fin de asegurar la conservación del Parque, preservando su flora y fauna, que puede verse en peligro por la actividad de estas aeronaves a motor. Este entramado normativo es una muestra más de lo que conocemos, valga la redundancia, como *motorización* del Derecho Administrativo, esto es, de la permanente adaptación del Derecho a la realidad que ordena. Las innovaciones tecnológicas han dado lugar a unos aparatos, los drones, que pueden ser muy útiles en la montaña en situaciones de emergencia (por ejemplo, para localizar una persona perdida en un alud) pero que pueden también alterar el equilibrio de este particular ecosistema. El Derecho no puede desconocer su existencia, marcando los oportunos límites a su utilización.

Así las cosas, ¿es posible sobrevolar con un dron una ruta senderista que discurra por el Parque Nacional de Sierra Nevada? Lo primero que tenemos que tener presente a este respecto es que por mor de la Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes de 18 de enero de 1993 sobre zonas prohibidas y restringidas al vuelo (Modificada por Orden PRE/184/2005), punto B.36 Parque Nacional de Sierra Nevada (Almería, Granada), queda terminantemente prohibido, pues es una zona restringida al vuelo, el sobrevuelo de cualquier tipo de aeronave, excepto Aeronaves de Estado y vuelos para la conservación del Parque autorizados por el Organismo Autónomo Parques Nacionales, en el Parque Nacional de Sierra Nevada.

Más aún, la Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales, en su artículo 7.3.e), dispone que las «Las actividades presentes y consolidadas en el territorio de los parques nacionales en el momento de su declaración serán objeto de estudio a fin de determinar las que resulten incompatibles con la gestión y conservación del espacio [⋯]», considerándose, en todo caso, incompatibles las siguientes: «[⋯] El sobrevuelo a menos de 3.000 metros de altura sobre la vertical del terreno, salvo autorización expresa o por causa de fuerza mayor».

En concreto, por lo que a Sierra Nevada se refiere, la Ley 3/1999, de 11 de enero, por la que se crea el Parque Nacional de Sierra Nevada, prohíbe taxativamente, en su artículo 4.2.e): «Cualquier otra actividad considerada incompatible con las finalidades del Parque en el Plan de Ordenación de Recursos Naturales o en el Plan Rector de Uso y Gestión del mismo». Ya hemos apuntado líneas atrás la importancia del PORN y del PRUG a estos efectos.

El Decreto 238/2011, de 12 de julio, por el que se establece la ordenación y gestión de Sierra Nevada, contiene en su Anexo I el PORN de Sierra Nevada. Allí se indica, en su artículo 5.4.5.1.a) 2ª), que «Quedan sujetas a la obtención de autorización conforme al procedimiento regulado en este Plan, las siguientes actividades de uso público, turismo activo y ecoturismo: [⋯] Las actividades de filmación, grabación sonora y fotografía», donde se englobaría, lógicamente, la captación de imágenes aéreas con un dron. Pero más aún, el artículo 5.4.5.9.i), sobre actividades de uso público, turismo activo y ecoturismo, prohíbe expresamente en el Parque Nacional «El uso de cometas, liberación de globos y la práctica del aeromodelismo», concepto este último en el que se encuadran los drones.

Por lo que al PRUG del Parque Nacional atañe, en el Anexo II del Decreto 238/2011, de 12 de julio, el artículo 4.2.5.6.e), al mencionar otras actividades y actuaciones incompatibles de uso público y turismo rural en el medio natural, contempla expresamente: «Las actividades aeronáuticas con motor por debajo de los 1.000 metros de altura sobre la vertical del terreno, así como en las zonas de restricción aérea establecidas en la Orden PRE/1841/2005, de 10 de junio, por la que se modifica parcialmente la Orden de 18 de enero de 1993, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, sobre zonas prohibidas y restringidas al vuelo».

Por si todo esto no fuese suficiente, el Real Decreto 389/2016, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Plan Director de la Red de Parques Nacionales, establece, en su artículo 3.2.5.n), que «no se podrá autorizar ninguna actividad extraordinaria si contradice las normas del parque, va en detrimento de sus valores o de sus objetivos, tiene un riesgo elevado de generar daños a las personas o a la propiedad o si incide de forma significativamente negativa en el funcionamiento normal del parque, en la protección de los recursos o en el uso por parte de los visitantes». Como ya hiciera, anteriormente, el derogado artículo 3.3.k) del Real Decreto 1803/1999, de 26 de noviembre, por el que se aprueba el plan director de la red de parques nacionales.

En consecuencia, ante una solicitud de autorización para el sobrevuelo del Parque Nacional de Sierra Nevada por un dron (con el fin de filmar, por ejemplo, una actividad de senderismo para su posterior difusión en Internet), procederá (y así nos consta que sucede), en aplicación de este entramado normativo, que el Organismo Autónomo Parques Nacionales (adscrito al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) deniegue la autorización al considerar que esta

actuación no coincide con los objetivos y criterios de gestión del Parque (lo que tendrá que avalar el pertinente informe emitido por los servicios técnicos del Parque, dependientes de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía). Más aún cuando existen otras alternativas viables distintas de la filmación con drones. Sólo cabría proceder a la autorización por la Autoridad Ambiental, en su caso, por razones de investigación, (teniendo en cuenta que hay periodos desde final de diciembre hasta junio con peligro de molestias a las rapaces) o por razones de seguridad (ligadas, por ejemplo, a riesgo de avalanchas en la estación de esquí).

La normativa expuesta supone una excepción a la regla general que tradicionalmente ha imperado en relación con el uso civil de drones: solo se pueden volar estos aparatos en zonas despobladas. Recordemos que hasta la entrada en vigor del Real Decreto 1036/2017, estaba completamente prohibido el vuelo de drones para vuelos recreativos o por hobby en zonas urbanas o sobre aglomeraciones de personas como parques, jardines públicos o privados, calles, playas, conciertos, bodas o manifestaciones, al entender que esto podría poner en peligro la integridad de las personas allí congregadas. Aunque un Parque Nacional, por definición, es una zona despoblada, esto es, no será una zona urbana ni albergará aglomeraciones de personas, está expresamente vedada la posibilidad de que operen drones en sus inmediaciones por las razones expuestas en las normas precedentes.

Obviamente, de desarrollarse esta actividad sin contar con autorización, lo que en su caso podrían detectar los agentes de medio ambiente a través de un acta de denuncia, la Administración ambiental debería iniciar el pertinente procedimiento sancionador con el fin de depurar responsabilidades entre los responsables de esta conducta infractora contraria a nuestro Ordenamiento jurídico.

No es esta una cuestión baladí. Estos hechos podrían ser constitutivos de una infracción tipificada en el artículo 26.1.j) de la Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de los Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección, si se demuestra que se han incumplido las condiciones impuestas en la autorización administrativa que permitió la celebración de la referida ruta senderista (pues, lógicamente, la autorización de esta ruta senderista no lleva aparejada automáticamente la autorización del sobrevuelo del Parque con un dron). Y ello aunque con esta conducta no se haya causado daño alguno al espacio natural protegido. En concreto, esta infracción es calificada como leve según el artículo 26.1 de la Ley 2/1989, sancionándose con una multa económica cuyo rango de aplicación va de 60,10€ a 601,01€.

Más grave es la aplicación de la infracción tipificada en el artículo 10.3.c) de la Ley 3/1999, de 11 de enero, por la que se crea el Parque nacional de Sierra Nevada, relativa al incumplimiento de las prohibiciones establecidas en el PORN y en el PRUG y a las que ya hemos hecho mención en líneas anteriores. Esta posible infracción es calificada como grave y es sancionable, de acuerdo con el artículo 10.1 de esta norma y el artículo 81.1.s) de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, con multas de 3.001€ a 200.000€.

En particular, dentro de la estructura administrativa de la Administración autonómica andaluza, será la Dirección General de Gestión del Medio Natural y Espacios Protegidos de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía la competente para iniciar el procedimiento sancionador que depure las responsabilidades a las que estos hechos puedan dar lugar, mientras que corresponderá resolver este procedimiento a la persona titular de la Delegación Territorial en Granada de la referida Consejería. La decisión que se adopte podrá, en su caso, ser recurrida en alzada ante el Secretario General de Medio Ambiente y Cambio Climático de esta Consejería.

En otro orden de cosas, si lo que queremos es filmar el área esquiable de la estación de esquí de Sierra Nevada mientras llevamos a cabo la práctica de deportes de invierno como el *freestyleski* o el *snowboard*, será Cetursa-Sierra Nevada, la empresa pública explotadora de la estación, quien

tendrá que autorizar el uso de drones. Desde Cetursa se nos informa de que el uso de drones queda prohibido dentro de las zonas utilizadas por el público y solo es posible fuera de las pistas y remontes abiertos. Fuera de esas zonas abiertas al público, como no podía ser de otro modo, los pilotos de drones aceptan la completa responsabilidad sobre la seguridad de las personas que puedan transitar. La falta de respeto a estas condiciones o a las instrucciones de los miembros del Servicio de Pistas, implicará la revocación de la autorización y puede dar lugar a las responsabilidades oportunas.

Cetursa, como propietaria y gestora de la estación de esquí, puede o no autorizar en su propiedad el uso de cualquier actividad, lo que incluye el uso de drones. Ahora bien, como se trata de una propiedad integrada dentro del área natural protegida (Parque Natural de Sierra Nevada) y de la zona de restricción al vuelo de aeronaves del Parque Nacional de Sierra Nevada, corresponde al Organismo Autónomo Parques Naturales la autorización del vuelo de drones, previo informe técnico del Espacio Natural Sierra Nevada. Esto es, los drones no podrán sobrevolar la estación aunque estén autorizados por Cetursa si no cuentan con el visto bueno de la autoridad ambiental.

4. **Corolario**

Expuesto el régimen jurídico que afecta al uso de drones en espacios naturales protegidos con ocasión de la práctica de actividades deportivas en la naturaleza, prestando una especial atención al marco regulador que afecta al Parque Nacional de Sierra Nevada, comprobamos que, con carácter general, procederá denegar aquellas solicitudes de autorización para el sobrevuelo del Parque por un dron (con el fin de filmar, por ejemplo, una actividad de senderismo para su posterior difusión en Internet), en aplicación de un amplio y detallado entramado normativo que busca preservar los objetivos y criterios de gestión del Parque como Espacio Natural Protegido.

Referencias Bibliográficas

- BARRANCO VELA, R.: «Las actividades de ocio y la intervención administrativa», en *Espectáculos públicos, actividades recreativas y establecimientos públicos: régimen jurídico de la intervención administrativa tras la Directiva 2006/123/CE, de servicios en el mercado interior* (Dir. BARRANCO VELA, R.; Coords. BULLEJOS CALVO, C. & CAMPOS SÁNCHEZ, M.Á.), El Consultor de los Ayuntamientos, Madrid, 2011, pp. 1-42.
- BARRANCO VELA, R. & SÁNCHEZ-MESA MARTÍNEZ, L.J.: «La repercusión de los grandes eventos deportivos en los entornos monumentales urbanos», *Derecho Deportivo*, núm. 6 (2004), pp. 67-78.
- BOMBILLAR SÁENZ, F.M.: «El fomento del deporte autóctono en Andalucía: el caso de los bolos serranos», en *Anuario Andaluz de Derecho Deportivo*, núm. 7 (2007), pp. 113-126.
- CONDE ANTEQUERA, J.: «Instrumentos públicos de protección ambiental (II): El control administrativo de la implantación y puesta en funcionamiento de las actividades con incidencia ambiental», en *Derecho Ambiental Adaptado al EEES* (Dirs. TORRES LÓPEZ, M.A. & ARANA GARCÍA, E.), Tecnos, Madrid, pp. 92-103.
- DE LA PLATA CABALLERO, N. (Dir.): *El entorno jurídico de las nuevas tendencias deportivas: deporte de aventura, animación deportiva y ocio activo*, Colección Derecho Deportivo, núm. 7, Dykinson, Madrid, 2006.
- IDÁÑEZ DE AGUILAR, A.F.: «Juegos y deportes tradicionales serranos: los bolos y la bolea», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, núm. 147 (1993), pp. 201-233.
- JIMÉNEZ SOTO, I.: «El derecho al deporte y al ocio», en *Comentarios a la Constitución socio-económica de España* (Dir. MONEREO PÉREZ, J.L.), Comares, Granada, 2002, pp. 1567-1606.
- «El difícil anclaje jurídico de las actividades deportivas en los espacios naturales protegidos, a través de los instrumentos de ordenación», en *Libro homenaje al profesor Rafael Barranco Vela* (Coords. BALAGUER CALLEJÓN, F. & ARANA GARCÍA, E), vol. II, Civitas-Thomson Reuters, Madrid, 2014, pp. 1990-2012.
- *La configuración jurídica del deporte en el medio natural. Relaciones con el turismo, el desarrollo sostenible y la ordenación del territorio*, Reus, Madrid, 2015.
- «Actividad deportiva en el medio natural», en *Comentarios a la nueva Ley del Deporte de Andalucía* (Dir. MILLÁN GARRIDO, A.), Reus, Madrid, 2017, pp.156-168.
- MAYORGA GARCÍA, J.I., DE LA PLATA CABALLERO, N. & LÓPEZ BUSTOS, F.L.: «Regulación de las nuevas tendencias: deporte de aventura, animación deportiva y ocio activo», en *El entorno jurídico de las nuevas tendencias deportivas: deporte de aventura, animación deportiva y ocio activo* (Dir. DE LA PLATA CABALLERO, N.), Colección Derecho Deportivo, núm. 7, Dykinson, Madrid, 2006, pp. 189-222.
- PORRAS LIMA, F.: *L'intervento pubblico sul turismo attivo. Il caso concreto delle stazioni sciistiche*, Università di Bologna-Alma Mater Studiorum, Bolonia, 2007.

- «Derecho Deportivo y Derecho turístico: surgimiento, desarrollo y consolidación del turismo activo en España», en *El Derecho Deportivo en España 1975-2005* (Dir. JIMÉNEZ SOTO I. & ARANA GARCÍA, E.), Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía, Sevilla, 2005, pp. 317-348.
- SÁNCHEZ-MESA MARTÍNEZ, L.J. & BOMBILLAR SÁENZ, F.M.: «El valor cultural y turístico de las "prácticas deportivas tradicionales" y su fomento desde el derecho deportivo», en *Revista Andaluza de Derecho del Deporte*, núm. 3 (2007), pp. 227-244.
- SARRIÓN ESTEVE, J.: «El régimen jurídico de la utilización de los drones. Una aproximación multinivel a la legislación europea y española», *Revista de la Escuela Jacobea de Posgrado*, núm. 12 (junio 2017), pp. 103-122.

ANÁLISIS JURÍDICO-PENAL DEL DEPORTE DE RIESGO EN LA MONTAÑA

JOSÉ MANUEL RÍOS CORBACHO; MANUEL RODRÍGUEZ MONSERRAT
Jose.rios@uca.es, manuel.rodriguezmonserrat@uca.es
Profesor Titular de Derecho Penal de la Universidad de Cádiz, Profesor Sustituto Interino de Derecho Penal de la Universidad de Cádiz

RESUMEN

La práctica de deportes de riesgos y los frecuentes problemas que se producen hacen necesario un análisis jurídico-penal de las situaciones típicas que se pueden producir. Después de la muerte de dos espeleólogos en Marruecos es menester revisar las condiciones legales bajo las que se pueden desarrollar los deportes de riesgo. Así como el impacto en materia de responsabilidad penal dado el grado de garantías que cada participante en concreto pueda aportar a una situación específica. En este sentido se hace necesario el análisis y la relación entre la imprudencia y la omisión.

Palabras clave: Riesgo, imprudencia, omisión, deporte.

ABSTRACT:

The practice of risk sports and the frequent problems that occur require a legal-criminal analysis of the typical situations that may occur. After the death of two speleologists in Morocco it is necessary to review the legal conditions under which risk sports can be developed. As well as the impact in terms of criminal responsibility given the degree of guarantees that each participant in particular can contribute to a specific situation. In this sense, the analysis and the relationship between imprudence and omission are necessary.

Keywords: *Risk, recklessness, omission, sport.*

1. Introducción.

El riesgo es un elemento inherente a todas las sociedades pese al enorme esfuerzo del ser humano por eliminar el ratio de incertidumbre y proyectar el control en todas las parcelas de la vida (resumibles en la esfera económica o corporal, incluyendo las partes físicas y psíquicas). Por riesgo se entiende la contingencia o la proximidad de un daño o de una situación complicada y de difícil superación. Éste ha ido incrementándose y aceptándose desde sus inicios con la industrialización y el progreso económico, hasta una sociedad postindustrial con la práctica de actividades con un elevado peligro para la estabilidad e integridad de las personas. Si bien, debemos partir de la premisa de que todo riesgo que se asume se realiza por la obtención de un beneficio de cualquier índole. Desde el uso de las energías fósiles o de la energía nuclear, incluso la práctica de las relaciones sexuales sin medidas preventivas que impidan un embarazo no deseado, pasando por la práctica de determinadas actividades deportivas, el ser humano asume unos determinados riesgos por obtener esa energía que mantienen nuestras sociedades tecnológicas, el placer de una relación sexual o la sensación de sentirse vivo que produce la práctica de determinadas actividades como las que pueden ser el puenting, el rafting, el ala delta, el parapente, o en general, los deportes de montaña y que pueden desencadenar unos procesos químicos en los que la adrenalina juega un papel adictivo y fundamental.

Los deportes de montaña conllevan un riesgo inherente que merece y debe ser analizado desde un punto de vista preventivo y jurídico-penal. Por un lado, se debe tener en cuenta la libertad natural que la Constitución Española consagra a todos los españoles y que les permite a éstos en cierta medida poder disfrutar y experimentar su tiempo libre de vida. Si bien, la carta magna también consagra determinados derechos inherentes a las personas, como la vida y la integridad

física, que se protegen por la "vertiente" constitucional negativa del ordenamiento jurídico, el Código Penal. El conflicto entre libertad y protección de derechos puede dar lugar a deportes en los que se permite asumir los riesgos y a otros en los que se pueden prohibir determinadas actuaciones. En el ámbito de la montaña se genera una situación peculiar entre los amantes del riesgo, del peligro, de la aventura y de la adrenalina que aceptan dichas prácticas deportivas y el coste económico desencadenante de cualquier infracción o contingencia en su ejecución.

La casuística de riesgos o peligros que han derivado en lesiones o en muerte de deportistas son innumerables. En septiembre de 2013 un espeleólogo fue rescatado de la cueva del Jaspe (Pádrena, Segovia) después de que una roca le cayese en la pierna. En Octubre de 2014 Cecilio López fue rescatado por 50 espeleólogos españoles que viajaron a Perú por cuenta propia ante la pasividad de las autoridades españolas después de que éste sufriera un accidente a 400 metros de profundidad en la caverna Intimacha y, a más de mil kilómetros de Lima (Perú)[115]. En Septiembre de 2016 tres personas fallecieron (entre ellos un español) y diez personas resultaron heridas después de que se desencadenara una avalancha de piedras en el Himalaya mientras practicaban "trecking" en Nepal[116], etc.

El caso que ha causado mayor interés por parte de la opinión pública fue el relato de los espeleólogos españoles atrapados en el alto atlas de Marruecos y que concluyó con la muerte de dos de los tres deportistas (el abogado Gustavo Virués y el policía José Antonio Martínez). Esta tragedia fue narrada por el grupo de compañeros que intentaron rescatar a los accidentados y por el único superviviente, el policía Juan Bolívar, quien relató momentos de "*sufrimiento, angustia, impotencia e incompetencia vivida*"[117]. El domingo 29 de Marzo de 2015 Gustavo Virués se despeñó contra las rocas, provocándole la muerte instantánea según Bolívar. José Antonio Martínez también se cayó y aunque sufrió los golpes de la caída pudo sobrevivir, durante un tiempo. El 1 de abril, el grupo de compañeros al saber que los accidentados no se encontraban en el refugio de Tarkedit dieron la voz de alarma a las autoridades españolas así como a la gendarmería marroquí. No sería hasta el 4 de abril cuando la gendarmería marroquí llegaría hasta los accidentados con la polémica incluida: el deslizamiento de la cuerda que transportaba Martínez y la introducción de su cuerpo en el río (pasó la noche mojado bajo temperaturas que rondaban los 5º); la tardanza en autorizar al grupo de rescate de la Guardia Civil (4 de abril) y el choque entre los compañeros que intentaban socorrer y la gendarmería marroquí[118].

2. Regulación jurídica.

El análisis jurídico que debe realizarse sobre esta cuestión debe obedecer a los principios penales de ultima ratio y fragmentariedad, que requieren el estudio en último lugar del Código Penal, como elemento coercitivo que se aplica ante las conductas más gravosas.

Si bien, independientemente del orden que debe de establecerse, es cierto que el Código Penal en esta cuestión tiene que complementarse con normas extrapenales ya que es el Derecho administrativo el encargado de establecer requisitos y obligaciones que en caso de incumplimiento pueden dar lugar a lesiones de bienes jurídicos protegidos y a reconducir involuntariamente la cuestión a sede penal por la vía de la imprudencia.

En España, destaca DE LA PLATA que la legislación en este sentido se estructura sin una norma estatal que regule en condiciones de plena igualdad el sector que las Comunidades Autónomas vienen regulando, lo que hace menester impulsar la armonización autonómica del turismo activo en materia de deportes de aventuras o riesgos en entornos ambientales, las empresas que

[115] López Enano, V. "Recates con desenlace diverso". Periódico El País, *7 de abril de 2015*: https://politica.elpais.com/politica/2015/04/06/actualidad/1428326391_193267.html

[116] Agencias. "Un español muere en una avalancha de piedras el Himalaya". Periódico El País, *22 de Septiembre de 2016:* https://politica.elpais.com/politica/2016/09/22/actualidad/1474550768_602925.html

[117] Peregil, F. "Relato cronológico de impotencia y angustia en la montaña marriquí". Periódico El País, *11 de abril de 2015*: https://politica.elpais.com/politica/2015/04/08/actualidad/1428501531_086987.html

[118] Peregil, F. "Relato cronológico de impotencia y angustia en la montaña marriquí". Periódico El País, *11 de abril de 2015*: https://politica.elpais.com/politica/2015/04/08/actualidad/1428501531_086987.html

intervienen en dichas actividades así como en el marco de garantías que deben observarse en dichos deportes. A nivel autonómico el turismo activo viene regulado en las siguientes normas: Andalucía (Decreto 20/2002, desarrollado por Orden de 20 de marzo de 2003); Aragón (Decreto 55/2008); Asturias (Decreto 111/2014); Baleares (Decreto 20/2015, general sobre turismo); Cantabria (Decreto 31/1997); Castilla-La Mancha (Decreto 77/2005); Castilla-León (Decreto 96/2007; Orden CYT 1865/2007); Cataluña (Decreto 81/1991 y Orden 10 de abril de 1991 y Decreto 56/2003); Comunidad Valenciana (Decreto 22/2012); Extremadura (Decreto 120/1998); Galicia (Decreto 42/2001 y Decreto 191/2004 de turismo rural); Murcia (Decreto 320/2007); Navarra (Decreto 288/2004 y en la Ley Foral 2/1993 Fauna Silvestre); y Rioja (Decreto 14/2011).

Concretamente en Andalucía, el artículo 13.17 del Estatuto de Autonomía para Andalucía atribuye a la Comunidad Autónoma competencia exclusiva en materia de promoción y ordenación del turismo y el 12.3.3.º, al determinar los objetivos básicos de los poderes de la Comunidad Autónoma, incluye el aprovechamiento y la potenciación del turismo, considerándolo un recurso económico y un objetivo institucional, siendo la Ley 12/1999, del Turismo, la que establece el marco jurídico general en el que se desenvuelve la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Al hilo de la casuística planteada, es en el anexo V del Decreto 20/2002, de 29 de enero dónde se recogen los deportes que se consideran "turismo activo": actividades subacuáticas, descenso de barrancos, escalada, esquí, el montañismo, el senderismo, el paracaidismo o la espeleología entra otras actividades.

Es importante exponer que el artículo 23 del Decreto 20/2002, de 29 de enero, de Turismo en el Medio Rural y Turismo Activo establece como requisito para las empresas turísticas "*d) suscribir un seguro de responsabilidad civil que cubra, de forma suficiente, los posibles riesgos imputables a la empresa por la organización y prestación de la actividad de turismo activo, con la cuantía mínima que determine mediante Orden de la Consejería de Turismo y deporte*", además de requerir la disposición de directores técnicos y monitores con conocimiento específicos (letras b y c del artículo 23) a los que la normativa les atribuye competencias en materia de seguridad. Concretamente el artículo 26 le encomienda a la dirección técnica "*a) velar por* (…) *la normativa de seguridad de cada actividad*"; *"b) preparar y activar los planes de emergencia y de evaluación que sean necesarios en caso de un accidente (…).* La normativa incluso llega a ser garantista al atribuirle al director la capacidad de poder impedir a una persona la práctica de una actividad si advierte que le puede ser "*peligrosa o lesiva"* (artículo 26, apartado d).

El artículo 27 establece que los monitores "*son los responsables de informar, asesorar y acompañar a las personas usuarias que practiquen las actividades a las que se refieren los artículos 4 y 22 del presente Decreto. Asimismo, son responsables de mantener en condiciones de uso adecuado los equipos y el material empleados para el desarrollo de las actividades*". En el segundo apartado se establece una cuestión penalmente relevante, y es que en todo caso los monitores deberán estar en posesión del título de socorrista o de primeros auxilios, lo que los coloca en una posición de garante que más adelante se analizará en relación a la comisión por omisión.

Como es lógico, la empresa organizadora es la responsable de "*adoptar las medidas de seguridad precisas para garantizar la integridad física de las personas usuarias"* (artículo 28). En este sentido, el apartado 2 destaca en relación al equipo y al material que se vaya a utilizar, que "*tienen que estar homologados, en su caso, por los organismos competentes según la actividad y reunir las condiciones de seguridad y garantías necesarias para el uso a que estén destinados*".

La Orden de 20 de marzo de 2003 conjunta de las Consejer.as de Turismo y Deporte y de Medio Ambiente, es la que regula las obligaciones y condiciones medioambientales para la práctica de las actividades integrantes del turismo activo en relación con las actividades establecidas en el Anexo V del Real Decreto 20/2002, de 29 de enero, de Turismo en el Medio Rural y Turismo Activo y es aplicable a las empresas de turismo activo.

Entre las finalidades de esta norma recogidas en el artículo 3º destaca su apartado d) "*la seguridad de los usuarios de las actividades de turismo activo*" y que se manifiesta en una obligación general de las empresas que organicen actividades de turismo activo en poner los medios necesarios y tomar medidas adecuadas para (…)*"d) responsabilizarse* no solo de que los usuarios mantengan una conducta favorable a la conservación de los recursos naturales y culturales del medio natural, sino también de "*su seguridad personal y a la del resto de usuarios de los servicios ofrecidos"* (art. 7). En esta línea continua el artículo 8 al establecer que el titular de la empresa organizadora deberá adoptar "*las medidas necesarias para garantizar que todos los usuarios estén informados inequívocamente de las instalaciones o servicios que supongan algún riesgo, de las medidas de seguridad adoptadas, así como de las que deban ser adoptadas durante la práctica de la actividad, dejando constancia por escrito de que antes del inicio de la práctica, los usuarios han sido informados sobre los aspectos previstos en el artículo 29 del Decreto 20/2002, de 29 de enero".* Este apartado reitera lo establecido en el artículo 29 del Decreto 20/2002, de 29 de enero en el que únicamente destaca el hecho de que la constancia por escrito se dejará "*en todo caso"*. La seguridad no sólo se limita al mero control, sino también a la difusión entre los deportistas de los riesgos que deben aceptar dejando constancia por escrito.

En sede penal esta cuestión se estudia en los dos primeros elementos de la teoría jurídica del delito: La Acción y la Tipicidad, destacándose en éste último la imprudencia, ya que es el riesgo en los deportes lo que es aceptado por los deportistas, no así las consecuencias que puedan derivar de dicha práctica.

La responsabilidad penal en la que se pueda incurrir dependerá de los actores que intervengan en ella, o en otras palabras, si la participación se desarrolla a través de: 1) un deporte en el que el deportista se encuentra federado; 2) un deporte organizado pero que no requiere autorización por una autoridad deportiva o turística (ej. Senderismo); 3) un deporte que se práctica de manera espontánea y que se rige bajo el principio de confianza entre las partes. Como poníamos de relieve en el análisis normativo de carácter administrativo, las empresas, los directores técnicos y monitores de actividades pueden incurrir en ilícitos penales por su posición de responsabilidad y garantía.

Los resultados de muerte y lesiones en la práctica de deportes de riesgos suele reconducirse al ámbito de los delitos imprudentes debido a que normalmente no observan ni el elemento cognitivo (conocimiento) ni el elemento volitivo (voluntad) sobre los hechos. Por lo que normalmente podrán ser partícipes en aquellos delitos en los que se reconozca la vertiente imprudente, ya que el artículo 12 del Código Penal establece que sólo se podrán castigar los delitos en su modalidad imprudente cuando "*expresamente lo disponga la ley"*, consagrándose así una regulación al estilo de *numerus clausus*, delimitándose la acción punitiva en cumplimiento del principio penal de intervención mínima. Por lo que en el ámbito deportivo, se puede ser partícipe en delitos de homicidio (142.3) o lesiones (152.3).

Los problemas suelen producirse por el descuido indebido en el desarrollo de la actividad deportiva. Ni se busca, ni se pretende lesionar un bien jurídico. Se produce una infracción de un deber objetivo de cuidado, lo que viene a entenderse no como un desvalor de resultado, sino como un desvalor de acción, ante la falta de la diligencia debida ante unas normas de cuidado, coherentes o que nacen de una ley o relación contractual. En el ámbito de estudio, el deber objetivo de cuidado se traduce en la observancia de las normas de seguridad y prevención encomendadas a la dirección técnica, el establecimiento de planes de emergencia, la obligación de impedir la práctica si se observa una probable lesión, el mantenimiento de los equipos y materiales incluyéndose la homologación (artículo 26-28 Decreto 20/2002, de 29 de enero), y la información sobre las medidas de seguridad. Cuestión interesante es delimitar la frontera entre la libertad del deportista con probabilidades de sufrir una lesión y el derecho y obligación legal de la empresa organizadora para impedir que el deportista pueda practicar la actividad sin incurrir en causas de discriminación ante un paternalismo estatal, lo que viene a resolverse en algunos casos con la solicitud de informes médicos que vengan a acreditar las capacidades del deportista y a disminuir los riesgos de agravar cualquier problema corporal.

La imprudencia requiere de dos elementos.

La vulneración del deber objetivo de cuidado y un resultado, elementos que deben de estar en conexión, cumpliendo con los parámetros de la teoría imputación objetiva, tal y como se ha venido reconociendo por el Tribunal Supremo, S, nº 88, de 19 de enero de 2010. En otras palabras, que haya una relación causa-efecto entre la acción y el resultado. En éste sentido, debe traerse a colación el caso de los espeleólogos en Marruecos, pues es jurídicamente relevante saber si uno de ellos falleció a causa de las heridas provocadas por la caída y el golpe con las rocas (no habría responsabilidad penal) o si bien se produjo por su inmersión en el río y la agónica espera hasta que fuese trasladado al día siguiente, en el que podría analizarse si la gendarmería actuó correctamente a la hora de trasladar al herido, o si las condiciones del terreno hacían probable o imposible su correcto traslado, lo que podría dar lugar a responsabilidad penal. En éste caso, debe analizarse si se produce la ruptura del nexo causal, atendiendo a la gravedad de las lesiones y a si la hipotermia sufrida fue la verdadera causa de la muerte. También merece protagonismo el tiempo requerido para autorizar la intervención del grupo de rescate de la Guardia Civil.

El deber objetivo de cuidado requiere de la «evitabilidad», la capacidad que tiene el sujeto de prever el posible resultado de una actividad y que suele manifestarse en la falta de un deber interno (la inconsciencia) o en un deber externo (consciencia pero sin aplicar las medidas adecuadas). Éste último deber se relaciona con aquellos guías que conociendo las lamentables condiciones meteorológicas deciden emprender una marcha a través de la montaña. La capacidad del sujeto se analiza desde la posición del hombre medio, los conocimientos al alcance y la situación del autor. Un guía experimentado en el terreno ante unas predicciones meteorológicas desfavorables debe mantener un cuidado debido si pretende iniciar a inexpertos senderistas por complicados senderos.

La tipificación obedece a acciones que pueden manifestarse en su vertiente activa así como la omisiva. Es en la omisión dónde aparece otra figura desde dónde se puede analizar la casuística del deporte de riesgo: la comisión por omisión. Ésta es una modalidad de omisión que se diferencia de la omisión pura o propia por la existencia de un sujeto que se coloca en la posición de garante y que vendría a concurrir con el resto de elementos: una situación que es típica, una ausencia de acción, un resultado, y la capacidad de acción del sujeto. Siendo el caso de los directores técnicos y de los monitores que estarían obligados por una relación contractual En este sentido, el artículo 11 del Código Penal regula los dos tipos de omisiones y establece que "*los delitos que consistan en la producción de un resultado sólo se entenderán cometidos por omisión cuando la no evitación del mismo, al infringir un especial deber jurídico del autor, equivalga, según el sentido del texto de la ley, a su causación. A tal efecto se equiparará la omisión a la acción: a) Cuando exista una específica obligación legal o contractual de actuar. b) Cuando el omitente haya creado una ocasión de riesgo para el bien jurídicamente protegido mediante una acción u omisión precedente*". En este sentido no solo incurrirán en una omisión los guías, sino que también podría incurrir un sujeto que sin ninguna relación contractual abandonase injustificadamente a un compañero o la falta de socorro debido al que cualquier persona de un grupo de excursionistas se encontraría vinculada en virtud del principio de confianza. En este sentido DEMETRIO (2011) destaca que "*la participación voluntaria en actividades de riesgos en las que intervienen varias personas tácitamente obligadas a socorrerse entre sí en caso necesario –como por ejemplo, en la práctica del alpinismo-, puede conllevar una posición de garante en virtud de las relaciones recíprocas de dependencia y confianza que se generan*" (pág. 174).

Por otro lado, también deben tenerse en cuenta otras circunstancias que se encuentran en el ámbito de la ausencia de acción, como son la fuerza mayor y el caso fortuito, que impedirían ante un caso de muerte o lesión que se emprendiesen acciones penales contra los sujetos participantes en la práctica deportiva. Podría ser el caso que un grupo bajo la tutela de una empresa se encontrase de senderismo y que paralelamente, debido a circunstancias naturales, se produjese un incendio que impidiese a los mismos salvar sus vidas. Caso que sería diferente a

si fuesen varios pirómanos los que incendiasen el monte de manera coordinada de tal manera que los excursionistas falleciesen en el acto, incluso a si el incendio se produjese por motivaciones terroristas, supuesto al que se aplicaría el artículo 573 del Código Penal.

3. Conclusiones

Los problemas que la práctica del deporte de montaña pueda generar tendrán repercusión en sede penal en el ámbito de la imprudencia y la omisión, siendo necesario un análisis no sólo de la normativa administrativa que a nivel autonómico desarrolla esta cuestión, sino también de las circunstancias concretas de cada caso, la experiencia, así como la concurrencia de factores externos que puedan condicionar la apreciación de los elementos que permiten el castigo de determinadas conductas en sus modalidades omisivas e imprudentes.

Referencias bibliográficas

- VVAA (2011). *Lecciones y materiales para el estudio del Derecho Penal*. Iustel: Madrid.
- VVAA (1994). *La comisión por omisión.* Cuadernos del Consejo General del Poder Judicial.
- De la Plata Caballero, N. Materiales del Máster Universitario en Derecho Deportivo. La regulación jurídica del turismo activo. Escuela Universitaria Real Madrid. Universidad Europea.
- Agenicas. “Un español muere en una avalancha de piedras el Himalaya”. Periódico El País, *22 de Septiembre de 2016:* https://politica.elpais.com/politica/2016/09/22/actualidad/1474550768_602925.html
- López Enano, V. “Recates con desenlace diverso”. Periódico El País, *7 de abril de 2015*: https://politica.elpais.com/politica/2015/04/06/actualidad/1428326391_193267.html
- Peregil, F. “Relato cronológico de impotencia y angustia en la montaña marriquí”. Periódico El País, *11 de abril de 2015*: https://politica.elpais.com/politica/2015/04/08/actualidad/1428501531_086987.html

EL CONTROL ADMINISTRATIVO DE LAS ACTIVIDADES DEPORTIVAS EN LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS. A PROPÓSITO DE LA VIABILIDAD DE LA COLABORACIÓN DE LAS FEDERACIONES DEPORTIVAS

IGNACIO JIMÉNEZ SOTO
Profesor de Derecho Administrativo Acreditado Catedrático de Universidad. Director de la Cátedra de Estudios e Investigación en Derecho del Deporte de la Universidad de Granada.

RESUMEN

El incremento de personas que deciden utilizar los Espacios Naturales Protegidos (ENP) en sus ratos de ocio, es cada día mayor, destacando entre éstas quienes eligen la práctica deportiva con fines no competitivos, sino de placer y recreación, convirtiéndose en un usuario cualificado, al que la nueva legislación deportiva, como es el caso de la Ley 5/2016, de 19 de julio, del Deporte de Andalucía, le permite pertenecer a una federación deportiva no solamente con la tradicional licencia federativa, dedicada al deporte de competición oficial, sino también con un título habilitante para los deportistas de ocio. Con esta nueva inclusión de los deportistas en las estructuras federativas, se fortalece el asociacionismo deportivo, por lo que las federaciones deportivas relacionadas con el deporte en el medio natural pueden colaborar en la protección y conservación del medio ambiente, al incorporar estas actividades en el ámbito de las funciones públicas delegadas, asistiendo a una nueva técnica de control administrativo distinta a la de policía, y sí a través de la autorregulación regulada para determinadas actividades y en determinados lugares de los ENP.

Palabras clave: Actividad deportiva en el medio natural; ámbito competitivo no oficial y recreativo y de ocio; Administración deportiva y Administración ambiental; turismo activo; intervención administrativa: ordenación, planificación y autorregulación regulada en los ENP; Planes Rectores de Uso y Gestión y actividades deportivas de ocio; uso público de los recursos naturales; participación de los ciudadanos; colaboración interadministrativa; licencias deportivas y títulos habilitantes; interacción usuarios-medio natural-Administración.

ABSTRACT

The increase of people who decide to use the Protected Natural Spaces (PNE) in their leisure time, is increasing every day, highlighting among those who choose the sport for non-competitive purposes, but for pleasure and recreation, becoming a qualified user, to which the new sports legislation, as in the case of the Law 5/2016, of July 19, of the Sport of Andalusia, allows it to belong to a sports federation, not only with the traditional federative license, dedicated to official competitive sport, but also with an enabling title for leisure athletes. With this new inclusion of athletes in the federative structures, sports associations are strengthened, so sports federations related to sports in the natural environment can collaborate in the protection and conservation of the environment, by incorporating these activities in the field of delegated public functions, attending a new administrative control technique different from the police, and through regulated self-regulation for certain activities and in certain places of the PNE.

Keywords: *Sports activity in the natural environment; unofficial competitive and recreational and leisure environment; Sports Administration and Environmental Administration; Active turism; administrative intervention: regulation, planning and regulated self-regulation in the ENP; Master Plans for Use and Management and leisure sports activities; public use of natural resources; participation of citizens; inter-administrative collaboration; sports licenses and qualifying titles; Interaction users-natural medium-Administration.*

1. Introducción: el oportuno reconocimiento en la nueva Ley del Deporte de Andalucía, de la actividad deportiva en el medio natural junto a las vinculaciones ambientales y turísticas

Qué duda cabe que la actividad deportiva en el medio natural, como tal, desde una perspectiva estrictamente deportiva y por qué no jurídica, en las últimas décadas, ha estado exenta del protagonismo que le correspondía por su cercanía con la actividad turística y con los componentes medioambientales (Jiménez Soto, J. 2014), debido a que los contornos turísticos y ambientales metafóricamente han abducido a la práctica deportiva en sí, cuando valga la paradoja, este tipo de actividad va adquiriendo un notabilísimo incremento de practicantes en los últimos años, donde un solo ejemplo sirve para corroborar estos planteamientos, como es que ya en el año 2010 la Federación Española de Montaña y Escalada (FEDME) contaba con 87.147 licencias y 1759 clubes, y 6 años más tarde, esto es 2016, los datos son 222.556 licencias y 2631 clubes, (datos WEB Consejo Superior de Deportes) que la sitúan entre las Federaciones deportivas españolas con mayor número de deportistas, en concreto en el puesto número 5, justo detrás de fútbol, baloncesto, caza y golf; y por lo que respecta a Andalucía, la Federación Andaluza de Montaña y Deportes de Escalada (FADME) presenta una muy meritoria factura, pasando de 8.158 licencias en 2010 a 32.321 en 2016 y 295 clubes, notabilísimo incremento que, tiene entre sus razones, el aumento considerable de personas que hacen del medio natural su práctica deportiva preferida, consecuencia del boom del senderismo, además de las nuevas modalidades como las carreras de montaña o la bicicleta de montaña, no sólo en el ámbito competitivo oficial, sino competitivo no oficial y recreativo o de ocio, pues son numerosos los ciudadanos que practican estos deportes al margen del tejido federativo, por meras razones de salud o placer, o ambas a la vez, sin olvidar el elemento sociológico de indudable valor como es el de ser modalidades deportivas que puede practicar toda la familia en su conjunto, algo difícil de encontrar en otros deportes.

A este tipo de practicantes deportivos, tanto los no participantes en competiciones oficiales como los deportistas de ocio, se refieren las nuevas Leyes del deporte, como es el caso de la Ley 5/2016, de 19 de julio, del Deporte en Andalucía (art. 35), en un intento de dar cobertura jurídica a los numerosos deportistas, que no se encuentran ubicados en el tradicional anclaje federativo del deporte de competición oficial.

Y entre estos deportistas, abundan los que prefieren como modalidad o especialidad deportiva, aquellas actividades que se realizan en el entorno natural, llegando en algunas ocasiones a concentrarse miles de participantes, por el mero hecho de poder realizar la prueba, siendo numerosos ejemplos los que podemos citar: en las carreras de esquí nórdico, es el caso de la más famosa que se celebra en Suecia en la Vasoloppet que aglutina a 60.000 esquiadores de 40 países, o en los ya famosos 101 km de la Legión de Ronda, que comenzó en 1995 con 400 participantes y en 2017 ha alcanzado los 7500 participantes en esta carrera de montaña, manifestaciones deportivas donde efectivamente el componente competitivo no es el aliciente principal.

Pero lo verdaderamente importante, independientemente de los planteamientos que al respecto se puedan hacer, es el acierto que tienen la nueva legislación deportiva autonómica, ya que esta regulación no la encontramos en el ámbito estatal de la Ley 10/90, de 15 de octubre, del Deporte, y sí en la andaluza Ley 5/2016, por ejemplo, al incluir entre las definiciones que lleva a cabo, al deporte de ocio como actividad que se realiza en una organización o al margen de esta con fines no competitivos (art.4), o tal y como se aprecia en la regulación de las competiciones no oficiales (art.24), al igual que sucede con la expedición de otros títulos habilitantes que permitan participar en competiciones no oficiales y en actividades de ocio (art.25), el fomento del deporte de ocio (art.28), la inclusión en la clasificación de los deportistas a los deportistas de ocio (art.35.1.b), el derecho a participar en competiciones no oficiales como un derecho más de los deportistas (art.36.2.b) o la cobertura sanitaria en las competiciones no oficiales y actividades deportivas de ocio (art.42.3).

Sin embargo, de ahí la importancia de la nueva Ley, en el caso concreto de las actividades deportivas en el medio natural, la Administración deportiva y por su extensión los operadores deportivos, han estado exentos del protagonismo que les corresponde, que de alguna manera tiende a recuperar, lo que ya era una evidencia fáctica, el nuevo marco autonómico del deporte en Andalucía, a través de un artículo 10, que viene a situar a la actividad deportiva en un primer plano, y no como hasta ahora de simple figurante en el escenario de las actividades en la naturaleza, donde la timorata regulación que hace la Ley estatal al deporte en el medio natural es tan superficial que apenas merece comentario, tal como lo encontramos en el artículo 8. q) de las competencias del Consejo Superior de Deportes: "*Colaborar en materia de medio ambiente y defensa de la naturaleza con otros organismos públicos con competencias en ello y con las federaciones, especialmente relacionados con aquellos*", y nada más, un brindis al sol en un día nublado.

El mismo desánimo podríamos tener en las leyes autonómicas del Deporte, como así apreciamos en ejemplos de algunas Comunidades Autónomas relevantes en estas actividades: en la antigua Ley 6/1998, de 14 de diciembre, del Deporte en Andalucía, donde en los principios rectores del artículo 2. J) observamos: "*El respeto al medio ambiente y la protección del medio natural, prevaleciendo los usos comunes sobre los especiales y privativos*"; en la Ley 4/1993, de 14 de marzo, del Deporte de Aragón, al describir las actuaciones de coordinación de las Administraciones públicas, establece en su artículo 3.l): "*Proteger las instalaciones naturales susceptibles de aprovechamiento deportivo"*, para a continuación, en el artículo 44, determinar que será necesario contar con la pertinente autorización cuando se trate de usos deportivos en las instalaciones calificadas de carácter natural que sean de titularidad o cuya gestión esté encomendada a la Comunidad Autónoma, pudiendo restringirse temporalmente por motivos de seguridad y protección del medio ambiente; por su parte la Ley 2/1994, de 29 de diciembre, del Deporte en Asturias nos conduce al artículo 3.h) donde los poderes públicos del Principado de Asturias garantizarán el acceso de todos los ciudadanos a la práctica del deporte de acuerdo con las siguientes líneas de actuación: *"Promover la consideración del medio natural como espacio deportivo, haciendo compatible el uso deportivo con la protección del medio ambiente"*; en Cantabria la Ley 2/2000, de 3 de julio, del Deporte, al describir los objetivos y principios rectores de la política deportiva que realizan las Administraciones públicas, y en colaboración con los agentes deportivos, incluye el siguiente texto en el artículo 2.2.g): *"El respeto al medio ambiente natural, prevaleciendo los usos comunes generales sobre los especiales y privativos*"; o para finalizar con los ejemplos en Extremadura su Ley 27/1995, de 6 de abril, del Deporte contempla entre las competencias de los poderes públicos en materia de equipamientos deportivos, artículo 5.c.3): "*El aprovechamiento adecuado del medio natural para la actividad física y deportiva en relación a la protección, fomento y cooperación en la conservación de las instalaciones naturales de aprovechamiento deportivo*". Como podemos observar, otras pinceladas de color que no aportan relevancia pictórica al lienzo.

Así pues, creemos que no es exagerada decir como conclusión: que las actividades deportivas en la naturaleza han estado huérfanas en el Ordenamiento Jurídico Deportivo, ubicándose en normas jurídicas turísticas y ambientales principalmente. Afirmación que podemos corroborar no sólo con el Decreto de Turismo Activo de Andalucía, sino con otros ejemplos muy relevantes, como fue el pionero Decreto 81/1991, de 25 de marzo, del Departamento de Comercio, Consumo y Turismo, de Cataluña por el que se establecen los requisitos que deben reunir las empresas dedicadas a la organización de actividades deportivas de recreo y turísticas de aventura, y por Orden de 10 de abril de 1991 se especifican estas actividades: parapente, bicicleta de montaña, descenso de barrancos, piragüismo, marcha a caballo, etc., sustituido por el Decreto 56/2003, de las Consejería de Cultura y de Trabajo, Industria, Comercio y Turismo sobre la regulación de las actividades físico-deportivas en el medio natural; o el Decreto del Departamento de Cultura y Turismo de la Diputación General de Aragón 146/2000, de 26 de julio que regula el ejercicio y actuación de las empresas dedicadas a la prestación de servicios de turismo activo y de aventura; el Decreto de la Consejería de Industria, Comercio y Turismo del Principado de Asturias 92/2002.

Sorprende, pues, que teniendo en cuenta su incidencia en el sistema deportivo, al ser de gran magnitud, no hayan tenido su correspondiente espacio normativo en la legislación deportiva, máxime cuando muy buena parte del denominado "deporte para todos", "deporte en edad escolar", "deporte recreación", etc., se desarrollan en la naturaleza, como podemos apreciar en las numerosas ofertas de los Patronatos Municipales de Deportes, en los Servicios de Deportes de las Diputaciones Provinciales o en la oferta deportiva de las Universidades.

Esta ausencia de liderazgo, obedece a numerosas razones que sintéticamente podemos apreciar: en primer lugar, en el mal llamado *"turismo activo"* que ha relegado a un segundo plano los elementos estructurales del deporte, a favor de los elementos turísticos, concepto que se acuña en el Decreto andaluz 20/2002, de 29 de enero, de turismo en el medio rural y turismo activo, al que la Ley de Turismo de Andalucía, Ley 13/2011, de 23 de diciembre, viene a reforzar y ampliar este concepto, nada más y nada menos, incluyendo estas actividades como servicios turísticos, que es lo mismo que decir actividades sujetas a ordenación y regulación de estos servicios por la Administración de la Junta de Andalucía que, al estar incluidos en la parcela del turismo, obviamente recae en la Administración turística.

Aunque el término "turismo activo" ya la literatura especializada ha dado buena cuenta de su dificulta de consenso, ·"turismo alternativo", "turismo de aventura", "actividades turístico-deportivas en la naturaleza", etc.,(Porras Lima, F. 2005) por nuestra parte hemos apostado por el de "*turismo deportivo"*, término, el de activo, que se quiso utilizar para no confundirlo con el de *"turismo del deporte"* que es totalmente distinto, pues éste lo vamos a definir como aquella actividad turística que tiene por objeto asistir o presenciar un evento deportivo, como sucede cuando un español viaja a Paris para asistir al Internacional de Tenis "Roland Garros"; por el contrario, cuando la actividad exige un desplazamiento al lugar distinto de residencia para realizar una práctica deportiva, cualquiera de ellas, jugar al Golf en Marbella o cazar en la Sierra de Cazorla estaremos en presencia de turismo deportivo, por cierto modalidades deportivas en el medio natural que no están incluidas en el concepto actual de turismo activo, por lo que podremos considerar que el turismo deportivo es la modalidad, y cuando la práctica deportiva requiere cierto riesgo y destreza estaremos en presencia de una especialidad del turismo deportivo, al que podremos denominar turismo activo (Jiménez Soto, I. 2015, 2017).

En segundo lugar, consecuencia del indudable protagonismo de la Administración turística, es el papel desempeñado por la Administración deportiva, que lejos de requerir su protagonismo ha estado en un *laisser fair laisser passe*, pues si la legislación estatal fue verdaderamente parca como hemos visto en el papel del CSD la Administración autonómica en general, y la andaluza en particular, no le iba a ir a la zaga, con un lacónico texto dentro de los principios rectores, destinado al respecto al medio ambiente y la protección del medio natural (art. 2.j de la Ley 6/1998), considerando prácticamente inexistentes las iniciativas por promover el deporte en el medio natural, más allá de las limitadas actuaciones de las federaciones deportivas o de las iniciativas muy meritoria de la Administración local y la de los servicios deportivos de las Universidades con su programación en el deporte en el medio natural, principalmente senderismo, escalada, esquí y actividades náuticas.

En tercer lugar, corolario a todo lo expuesto, es el predominio de la legislación ambiental, como podemos apreciar en la Orden conjunta de la Consejería de Turismo y Deporte y de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, de 20 de marzo de 2003, por la que se establecen las obligaciones y condiciones medioambientales para la práctica de turismo activo; predominio que, en buena medida, viene justificado por el interés público en la protección del medio ambiente, pero ello no obsta que en el afán protector, siempre lo hemos aplaudido, nos encontremos con normas como el Decreto 15/2011, de 1 de febrero, de la Consejería de Medio Ambiente, por el que se establece el régimen general de planificación de los usos y actividades en los parques naturales (art.8.4) por cierto anulado en varias sentencias del Tribunal Superior de Justicia de Andalucía y confirmadas por el Tribunal Supremo (STS 3 de julio de 2015 y 16 de febrero 2016), y en particular el Decreto 238/2011, de 12 de julio, sobre la ordenación y gestión de Sierra Nevada, que establece una serie de prohibiciones en materia de bicicletas de montaña

en veredas y senderos, excepto en pistas forestales, donde perfectamente se podría haber regulado su uso, a través de horarios, número de permisos, alternancia de días, establecimiento de una tasa, etc., en definitiva todo menos prohibir, y por el contrario sí permitir un uso compatible con el medio ambiente, en definitiva se utiliza la técnica de la prohibición en vez de la regulación; apuesta ésta última que será el núcleo central de nuestra comunicación, por cuanto las Entidades deportivas –federaciones deportivas; pueden contribuir de manera considerable a la ordenación de estas actividades, coadyuvando con la Administración en las actuaciones de control, mediante las técnicas regulatorias, incluida la autorregulación regulada (Esteve Pardo, J. 2017), como una función más delegada por la Administración, tal y como permite la legislación deportiva, tanto a nivel estatal en la Ley 10/90 donde el artículo 30.2 establece que las federaciones deportivas españolas, además de sus propias atribuciones, ejerce, por delegación, funciones públicas de carácter administrativo, actuando en este caso como agentes colaboradores de la Administración; o a nivel autonómico en la Ley andaluza que repite en su artículo 57.2 el mismo concepto al hablar de su naturaleza.

Si bien, entre las funciones de las federaciones deportivas andaluzas, queremos matizar la precisión que nos encontramos en el artículo 60.2: "…ejercerán por delegación, bajo los criterios y tutela de la Consejería competente en materia de deporte…", y entre su listado, nos encontramos como cláusula de cierre el apartado g) "cualquier otra que se determine reglamentariamente".

Una consecuencia más de este predominio, lo apreciamos en los órganos de gestión y participación en los Espacios Naturales Protegidos (ENP) que, como sabemos, son los lugares más emblemáticos para la realización de la actividades en el medio natural, donde ya reclama su protagonismo la Administración deportiva en la Ley 5/2016, al decir que el medio natural tendrá la consideración de instalación deportiva no convencional cuando se utilice para estas prácticas (art.4.ñ y 10.3); por lo tanto, tal calificación posibilita que estos espacios estén sujetos a la propia ordenación de las instalaciones deportivas, que corresponde a la Consejería competente en materia deporte (art. 73), adquiriendo un papel importantísimo la colaboración entre la Administración autonómica y la Administración local para favorecer la existencia de información de la regulación, condiciones y lugares donde se puede desarrollar la práctica deportiva en el medio natural (art.10.5), como sucede con uno de los elementos clave para la realización de estas actividades como son los senderos (Nasarre Sarmiento, JM. 2016) no sólo para la práctica del senderismo, sino también porque muchas veces son la vía para acceder a la práctica de numerosas actividades en el medio natural, convirtiéndose la información en un elemento muy valioso para el deportista.

Pues bien, la realización de cualquier actividad en los ENP, está en función de dos instrumentos de indudable importancia el Plan de Ordenación de los Recursos (PORN) y el Plan Rector de Uso Gestión (PRUG) que, en definitiva, son los que nos permiten, limitan, modelan o prohíben la práctica deportiva entre otras actividades; instrumentos de ordenación donde tienen mucho que ver los órganos de participación y gestión, en el caso de Andalucía el Decreto 239/1997, de 115 de octubre, por el que se regula la constitución y funciones de las Juntas Rectoras de los Parques Naturales, vemos el escaso protagonismo que tienen los agentes deportivos, cuando al menos, en algunas zonas constituyen el mayor número de usuarios, y su representación sobre una media de cuarenta representantes de los municipios, de las asociaciones de vecinos, diputaciones, etc., sólo alcanza a tres representantes de la Federaciones deportivas andaluzas, entre ellas Caza, Pesca y Montañismo; y, en los Consejos de Participación que asumen las funciones de los Patronatos de los Parques Nacionales y de las Juntas Rectoras en la gestión del Espacio Natural (Parque Natural más Parque Nacional, Doñana y Sierra Nevada), sobre unos sesenta miembros solo tres representantes de las Federaciones Andaluzas antes mencionadas.

A todas luces un número insuficiente en cuanto al potencial de usuarios que las actividades deportivas en el medio natural aportan, por lo que sería conveniente una mayor presencia de los diferentes segmentos de los agentes deportivos en estos órganos, esto es: deportistas, técnicos, clubes, federaciones de todas las modalidades que se practican en el ENP, empresas de turismo

deportivo, centros escolares, etc., donde su labor coadyuvaría con la Administración a una mejor ordenación, conservación, gestión y uso público de los recursos naturales, lo que implementaría la participación de los ciudadanos y usuarios para el cumplimiento efectivo que establece la Ley 5/2016 en cuanto a que la normativa que regule ordenación en materia de medio ambiente tendrá en cuenta el uso deportivo (art.10.4), luego una medida de gran calado sería modificar la estructuras de las Juntas Rectoras de los Parques Naturales y los Consejos de Participación de los Parques Nacionales, dándoles el protagonismo que requieren los operadores deportivos que, insistimos, pueden ser un elemento muy valioso a la hora de colaborar con la Administración en la protección y conservación de los ENP.

De este modo, estas reformas estructurales posibilitarían la colaboración interadministrativa que tanto se echa de menos en la actualidad, la cual se hace visible cuando la nueva Ley establece que las consejerías competentes en materia de deporte, turismo y medio ambiente, promoverán la colaboración para la práctica del deporte en el medio natural como elemento generador de actividad turística (art.10.6).

2. El fomento de la práctica del deporte en el medio natural como desarrollo sostenible.

La clásica distinción que hace años hiciera Jornada de Pozas, en materia de intervencionismo administrativo –policía, fomento y servicio público- que, en virtud del principio de intercambiabilidad de las técnicas de intervención en la actividad deportiva se puede apreciar en las mismas, es la actividad de fomento, tal y como recoge el artículo 43.3 de la CE, (Bermejo Vera, J. 1989, 1999) la más utilizada para estimular, impulsar, favorecer, ayudar, etc., la actividad deportiva, y entre los medios de fomento utilizados se encuentra con gran relevancia los instrumentos normativos, con los que podemos decir que constituyen la percha de la cual se cuelgan las posteriores acciones, tal y como lo entiende la Ley 5/2016 cuando, a diferencia de su antecesora, se pronuncia sin ambages por que los poderes públicos fomentarán la práctica del deporte en el medio natural de una manera sostenible con el medio ambiente de acuerdo con la normativa aplicable en materia de medio ambiente (art.10.1), facilitando esta actividad mediante programas específicos en la planificación tanto de actividades como de eventos (art.10.2). Por tanto, son dos las subdivisiones que se desprende del contenido de los apartados del artículo; el fomento de la actividad deportiva en el medio natural y su compromiso con el desarrollo sostenible, planteamientos esto, que perfectamente son asumibles tanto por las federaciones deportivas como por los propios clubes.

A. El impulso del deporte en el medio natural a través de títulos habilitantes, además de la licencia deportiva. Una vis expansiva para fortalecer las estructuras deportivas.

Si tomamos la exposición de motivos de la Ley 5/2016 podemos encontrarnos como una de las justificaciones de la ley, está basada en el dinamismo continuo que presenta el sector deportivo, por lo que exige adecuar su regulación a las nuevas demandas que plantea la ciudadanía andaluza en el siglo XXI (ap.III), consideración ésta que ya llevaba años planteándose en numerosos foros, sobre todo a principios de la década del 2000, cuando a través del Instituto Andaluz de Deporte (IAD), se celebraron numerosos seminarios gracias al coraje y tesón del entonces Secretario General Técnico de la Consejería de Turismo y Deporte Rafael Rodríguez de León, sobre “estructuras federativas”, “deporte y medio ambiente”, etc., donde la conclusión siempre llegaba al mismo sitio: hay numerosos practicantes de deportes que no están en el marco de la ley 6/1998 o, lo que es lo mismo decir que, en algunas modalidades deportivas, son más los practicantes que los federados –ciclismo, BTT, montaña, atletismo, esquí, etc.,-, por lo que a estos deportistas deberían de ir las siguientes reformas legislativas, debido a que una ley, como la ya derogada, estaba pensada exclusivamente en el marco del deporte federado y de competición, llevando a la obsolescencia a una norma de espaldas a la realidad, contraria a los vientos que no hacen avanzar la embarcación.

Ahora, la nueva Ley, extiende sus brazos y da cobertura a toda práctica deportiva, sin distinción de la finalidad con que la hace el deportista, y sí atiende a velar porque todos los

deportistas estén acogidas a su amparo, para poder de esta forma convertir en aplicables unos principios rectores (art.5) que de no materializarse se convertirían en mera retórica jurídica literaria como tantas veces sucede.

Por ello, la mejor medida de fomento que puede hacer la Administración deportiva es favorecer el fortalecimiento del tejido asociativo, impulsando a través de programas el que las Federaciones deportivas andaluzas procedan a expedir el título habilitante distinto a la *licencia deportiva*, ya que ésta se reserva para participar en las competiciones deportivas oficiales (art.251), y de esta forma se de paso a la *tarjeta federativa* para aquellos deportistas que desean estar vinculados con su práctica de ocio y de no competición oficial a una federación deportiva, como sucedería en todas aquellas modalidades y especialidades que se desenvuelven en el medio natural, donde tantas veces vemos a miles de ciudadanos que salen al campo, la montaña, a los ríos, los embalses, las carreteras comarcales, etc., que no están federados porque sencillamente su actividad es meramente placentera o de recreo, y la licencia deportiva no les reporta nada más que costos y escasos beneficios.

En resumidas cuentas lo que hace la Ley es abrir a las federaciones deportivas una *vis expansiva*, para que fortalezcan su tejido asociativo incrementado por el número de deportistas que, con este título habilitante, se incorporarían a las estructuras del deporte federado, eso sí, respetando la singularidad propia del deporte de ocio, que, nunca, puede ser obstáculo para los fines clásicos del deporte federado. Y en lo que respecta a las actividades de control de la Administración en los ENP, qué duda cabe que cuantos más practicantes, en definitiva usuarios del espacio natural, estén integrados en una federación, perfectamente identificados y comprometidos con los valores ambientalistas, van a constituir un elemento colaborador de indudable valor, sobre todo porque se erradicaría uno de los elementos favorecedores del mal trato ambiental, como es la clandestinidad y el anonimato de los agresores del medio ambiente.

Estos planteamientos, en la nueva Ley, son perfectamente asumibles por dos razones: la primera, porque las federaciones deportivas pueden expedir estos títulos para participar en competiciones no oficiales y de ocio, eso sí siempre que lo prevean los estatutos (art.25.4), por lo que la Administración deportiva debe de favorecer con las medidas oportunas –subvenciones- a las federaciones, para que incluyan estas actividades en sus estatutos; y la segunda, para hacer efectivos toda la pléyade de derechos del deportista que se contemplan, entre éstos disponer de los mecanismos para la protección de la salud, el desarrollo de la actividad competicional en condiciones de seguridad, contar con medidas que favorezcan la práctica del deporte de ocio (art. 36), que igualmente tienen su acomodo al prever la norma que, en las competiciones no oficiales y deporte de ocio, la organización –puede ser perfectamente el club- garantizara los medios de protección sanitaria de participantes que den cobertura a los riesgos que derivados de la práctica (art.42.3).

Así las cosas, a sensu contrario, si el seguro obligatorio de accidentes en las competiciones oficiales está integrado en la licencia deportiva, siendo gestionado el seguro por la propia federación (art42.1), no hay impedimento alguno a que las federaciones andaluzas expidan un título habilitante, que puede ser la “tarjeta federativa”, u otro nombre, y se les exija a los club que aporten para su expedición la cobertura sanitaria, es decir el seguro, en los términos que se determine reglamentariamente, y que perfectamente puede ser gestionado por cada club según sus propias características e intereses, dando juego de esta forma al cumplimiento de la Directiva 2006/123/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre, de Servicios, llamada Bolkestein.

B. El compromiso con el desarrollo sostenible

Si el deporte como cualquier actividad humana se desarrolla en un espacio físico concreto de un territorio, esto supone: por un lado, la idoneidad del lugar para la realización de acciones determinadas; y, por otro, la posibilidad de deteriorar el medio ambiente por la presencia del hombre, es lógico que la Administración deportiva se comprometa con el desarrollo sostenible, tal y como lo define *el Informe Brundtlant* de 1987: "aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer las capacidades de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades".

Al respecto son numerosos los instrumentos normativos que se pronuncian en materia de deporte y sostenibilidad, por lo que la Ley 5/2016, no hace más que alinearse como no podía ser de otra forma, con el discurrir de los tiempos, donde vamos a dar, a título de ejemplo, unas breves pinceladas que nos permitan apreciar, al menos panorámicamente, estos compromisos.

Es el caso de la *Carta Europea del Deporte* de 1992 y revisada en 2001, en la que nos encontramos en su apartado 9, el siguiente texto: "*teniendo presente la estrecha relación existente entre medio ambiente sano y las actividades deportivas, y considerando la necesidad de atender los datos de medio ambiente y al principio de desarrollo sostenible*", recomienda a los gobiernos que en sus políticas nacionales en materia de deporte se basen en los principios de la Carta, donde en el artículo 10 está dedicado al deporte y a los principios de desarrollo sostenible, para que se adopten medidas destinadas a apoyar los esfuerzos de las organizaciones deportivas dirigidas a la conservación de la naturaleza y el medio ambiente.

Otro buen ejemplo nos lo ofrece *El libro blanco sobre el Deporte de la Comisión Europea*, de 11 de julio de 2007, donde se incluye entre sus objetivos (apartado 2.8) el desarrollo sostenible en cuanto la práctica del deporte así como las instalaciones y acontecimientos deportivos tienen un impacto significativo en el medio ambiente, por lo que es importante promover la gestión sana del entorno, debiendo las organizaciones deportivas europeas y los organizadores de acontecimientos deportivos establecer objetivos medioambientales para que sus actividades sean sostenibles con el medio ambiente.

Por último a nivel internacional, la *Carta Olímpica*, texto vigente de julio de 2011, al hablar del Movimiento Olímpico y su actividad, regula entre las funciones del COI las de estimular y apoyar una actitud responsable en los problemas del medio ambiente y promover el concepto de desarrollo sostenible del medio ambiente (art. 2.13).

Y ya dentro de nuestro país, destacamos el *Código de Buen Gobierno* de la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada, pues hace referencia que a través de la participación responsable y a la práctica del deporte se puede desarrollar una sensibilidad en materia de sostenibilidad de respeto al medio ambiente.

En definitiva la práctica del deporte ha contando, como no podía ser de otra forma, con numerosos instrumentos proteccionistas, de los que las modalidades deportivas principalmente relacionadas con el mismo, han tenido siempre como referente, es el caso las numerosas actividades que realizan a lo largo del año con prácticas de sensibilización en cursos y actividades ecológicas, que van desde la limpieza de cauces de ríos a la recuperación de senderos y caminos; por tanto, la mejor medida de fomento por parte de las Administraciones sería el reconocimiento de estas funciones facilitando los usos de determinados espacios protegidos, así por ejemplo la licencia deportiva o la tarjeta federativa sería el título habilitante para acceder a la prácticas de ciertos deportes en zonas prohibidas. Nadie mejor que los deportistas para velar por el desarrollo sostenible del lugar.

3. La gestión de los espacios naturales protegidos (ENP) ante las actividades deportivas y, en especial, los instrumentos de ordenación.

Merece especial atención cuando hablamos de actividades deportivas en la naturaleza, como objeto de este estudio, aquéllas que se realizan en espacios naturales protegidos, por ser en éstos lugares físicos donde se aprecia con mayor intensidad la intervención pública a través de los instrumentos de ordenación o regulación, esto es, aquéllos que establecen con carácter general los límites y condiciones del ejercicio de actividades privadas sujetas a algún tipo de intervención administrativa, de los instrumentos o técnicas de control, lo que se traduce en el ámbito de este tipo de actividades a estar limitadas por medio de vigilancia, inspección, prohibiciones, autorizaciones, limitaciones y sanciones en función de las correspondientes normativas de utilización, y, sobre todo, de los planes respectivos, que irrumpen con notable intensidad para regular las relaciones entre el hombre y su hábitat (Sánchez Morón, M. 2010).

Sin soslayar que existen otro tipo de intervenciones públicas, muy amplias, menos restrictivas, destinadas al disfrute del espacio natural en las mejore condiciones posible, como sucede con las acciones de carácter económico (recursos humanos, infraestructuras,) de fomento y educación ambiental, de seguridad y prevención, etc.; en este trabajo, nos vamos a centrar en algunas de ellas de carácter jurídico, que encuentran en numerosas ocasiones el rechazo de los usuarios-deportistas, al no poder desarrollar su actividad en el ENP, debido a las diferentes normativas, a los instrumentos de planificación y al escaso apoyo que encuentran en los órganos de participación.

Todo ello nos conduce a una Intervención pública, control, que se realiza en: delimitaciones, autorizaciones, limitaciones, prohibiciones, sanciones, etc., que propician un malestar de los usuarios, al ver como los instrumentos prohibitivos, se imponen a la ordenación y regulación de la actividad, como veremos, por citar un ejemplo, con la bicicleta de montaña, escalada, actividades aeronáuticas, descensos de ríos, espeleología, etc.

Descartando aquellas actividades que se realizan en bienes de naturaleza privada, como pueden ser montes privados, zonas de acampada particulares, lagunas de fincas propias, etc., así como de dominio público de uso común general que se ejerce libremente por los usuarios de forma acorde con la naturaleza de los bienes (Rivero Ysern, J.L. 2010) y de acuerdo con las normas jurídicas que le son aplicables: caminos, paseos, parques, estanques, puentes, vías pecuarias clasificadas, etc., y aunque, efectivamente, en estos bienes públicos se desarrollan actividades deportivas, nos encontramos con normativas de uso, como horarios, limitaciones, etc., son de un carácter estas regulaciones menos intensas que las que se producen en los espacios naturales protegidos, aunque muchas veces pasen desapercibidas al usuario practicante deportivo.

Hablar, por tanto, de gestión, es referirnos en primer lugar a quien tiene la competencia de gestionarlo, tal y como nos hace ver (Esteve Pardo, J. 2008) la normativa sobre espacios naturales es, pues, fundamentalmente de origen autonómico, por lo que hay que atender así a la legislación de cada Comunidad Autónoma, para conocer las categorías de espacios y su régimen específico. Por lo tanto, la primera actuación de intervención pública en materia ambiental serán las de carácter jurídico, a través de los diferentes instrumentos normativos (leyes y reglamentos) principalmente de signo autonómico, por las que se ejercen las competencias respectivas: exclusivas, compartidas y de ejecución. Igualmente, debemos de tener muy en consideración que dentro de los medios jurídicos, se encuentra la Planificación, segunda actuación, como técnica de protección ambiental, cuya principal función es garantizar la utilización racional del territorio o de los recursos naturales pero, de forma más concreta, es una técnica muy eficaz para concretar y especificar la medidas de prevención o restauración previstas con carácter abstracto por la legislación (Conde Antequera, J. 2015) de los que podemos destacar por su incidencia, en las actividades deportivas, los *Planes de Ordenación de Recursos Naturales* (PORN) cuyo objeto es el establecimiento y la definición de objetivos, acciones y criterios que promuevan la conservación, el uso sostenible y, en su caso, la restauración del patrimonio, recursos naturales terrestres y marinos, y de la biodiversidad y de la geodiversidad; y *Los Planes Rectores de Uso y*

Gestión (PRUG) que son los que fijan las normas generales de uso y gestión de los Parques, conteniendo el régimen al que quedan sometidos los usos y actividades que se desarrollen en el Parque o espacio natural protegido.

Una participación efectiva de las federaciones deportivas en los instrumentos de planificación, fortalecería la interacción usuarios-medio natural-Administración, por lo mucho que pueden aportar estos usuarios, a los que vamos a llamar cualificados, por su intensa relación permanente, no esporádica, con el medio natural, al ser los primeros interesados en conservar y proteger el medio ambiente, constituyendo un opinión relevante sobre las actividades a realizar, no por supuesto vinculante, pero si altamente cualificada, sobre todo por el alto grado de tecnificación que están adquiriendo las modalidades y especialidades en el deporte en la naturaleza.

Ante estos planteamientos, aumentar la presencia de los operadores deportivos en los órganos de los ENP, nos parece muy importante, pues como acabamos de exponer son numerosos los instrumentos de intervención pública de los que disponen las Administraciones, en particular la autonómica, para ejercer sus competencias en materia ambiental y donde destacamos, lógicamente por orden de importancia, las respectivas leyes que determinan el ámbito competencial con sus respectivos reglamentos, diríamos con carácter general; seguidamente en segundo lugar como intervención pública los instrumentos de planificación aprobados por la Administración autonómica; y en tercer lugar, determinadas medidas jurídicas concretas, entre la que destacamos por su incidencia la regulación de la composición, régimen jurídico y funciones de las Juntas Rectoras de los Parques Naturales, en este caso de Andalucía, órganos colegiados de participación de la Consejería de Medio Ambiente, en los términos previstos en el artículo 20 de la Ley 2/1989, de 18 de julio por la que se aprueba el Inventario de los Espacios Naturales de Andalucía (artículo que fue modificado por la Ley 6/1996, de 18 de julio), que entre sus importantes funciones tiene la de Informar el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), Asimismo, estas Juntas Rectoras aprueban provisionalmente el Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) donde se pormenorizan las directrices del PORN, artículo 13 de la Ley 2/1989, contemplando con minuciosidad las prescripciones que debe seguir la Administración competente a la hora de gestionar el parque.

En el caso particular de Andalucía, debemos de desatacar el Decreto 239/1997, de 15 de octubre, por el que se regula la constitución, composición y funciones de las Juntas Rectoras de los Parques Naturales, y para ello fija en el anexo la composición de los miembros que componen cada uno de estos órganos, y es en este apartado donde podemos ver, con unos ejemplos, el escaso protagonismo que tienen los agentes deportivos, cuando, al menos, en algunas zonas de los parques que constituyen el mayor número de usuarios.

Así las cosas, y teniendo en cuenta que los números son aproximados, pues pueden depender del total de municipios afectados, de las asociaciones de vecinos, Diputaciones, etc.; pues bien, podemos decir que en términos generales número arriba y número abajo, a título de ejemplo: en el Parque Natural de la Breña y Marismas del Bárbate de 37 miembros más los representantes de los municipios, tan sólo 3 son representantes de Federaciones Andaluzas de Deportes, que se corresponderán en todos los parques con los deportes más practicados en el parque natural, y debiendo ser uno de éstos el representante de la Federación Andaluza de Caza; Parque Natural de los Alcornocales, de 50 miembros, 3 representantes de FDA; Parque Natural de Hornachuelos de 37 miembros, más los representantes de ayuntamientos, tan sólo 3 representantes a propuestas de las FDA; Parque Natural de la Sierra de Huétor, de 34 miembros más los representantes de ayuntamientos, un total de 2 representantes de la Federación Andaluza de Caza y uno de Montañismo…, etc., por lo tanto la conclusión, no puede ser más desalentadora, sólo se contemplan tres representantes de las Federaciones Deportivas Andaluzas, según las características del parque, si bien predomina la de Caza, en la composición de las Juntas Rectoras de los Parques Naturales de Andalucía.

Igualmente, de frustración, podemos ver en los dos emblemáticos Parques Nacionales de Andalucía, Doñana y Sierra Nevada, a los que el Decreto 24/2007, de 30 de enero, por el que se declara el Espacio Natural de Sierra Nevada y se regulan los órganos de gestión y participación de los Espacios Naturales de Doñana y Sierra Nevada.

Para analizar esta norma, hay que partir de la Ley 8/1999, de 27 de octubre, del Espacio Natural de Doñana, que define como figura de protección ambiental el Espacio Natural de Doñana, en el que quedan englobados los territorios tanto del Parque Nacional como del Natural, siendo ambos sometidos a una gestión unitaria, y que como se pronunció el Tribunal Constitucional en la ST 331/2005, de 15 de enero, la citada Ley no vulnera la competencia del Estado.

Por otro lado, el Real Decreto 712/2006, de 9 de junio, por el que se amplían las funciones y servicios de la Administración del Estado a la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de conservación de la naturaleza, el Estado traspasó a Andalucía las funciones y servicios referidos a la administración y gestión de los Parques Nacionales de Doñana y Sierra Nevada, que han sido asignados a la Consejería de Medio Ambiente en virtud del Decreto 137/2006, de 4 de julio.

Atendiendo a los argumentos expuestos anteriormente, el presente Decreto, con el fin de garantizar la gestión integral del Parque Nacional y del Parque Natural de Sierra Nevada, traslada al mismo el modelo de gestión establecido en la Ley 8/1999 del Espacio Natural de Doñana, que creó el Consejo de Participación que asume las funciones que corresponden a los Patronatos de los Parques Nacionales y a las Juntas Rectoras de los Parques afectados.

Este Consejo de Participación, se define en el artículo 7.1, como: "*un órgano de colaboración y coparticipación entre las Administraciones implicadas donde se ha de hacer efectiva la coordinación interadministrativa exigida constitucionalmente y además servir a la necesaria intervención de los ciudadanos en la gestión del Espacio Natural…"*, correspondiéndole entre sus funciones las de informar de todos aquellos planes que afecten a la ordenación y gestión de los recursos naturales, así como de las actuaciones actividades relacionadas con su conservación y uso público, entre otras.

Y es en el anexo del Decreto, donde encontramos la composición de ambos Consejos de Participación: así en el del Parque Nacional de Doñana, de aproximadamente unos sesenta miembros, tan sólo un representante de las Federaciones Deportivas, en este caso, de Caza; y en el Parque Nacional de Sierra Nevada, también sobre sesenta miembros, tres representantes de las Federaciones Andaluzas de Caza, Pesca y Montaña.

A todas luces, un número insuficiente en cuanto al potencial de usuarios que las actividades en la naturaleza aportan en estos Espacios, donde una mayor presencia de los diferentes segmentos de los agentes deportivos: empresas de turismo deportivo, deportistas, técnicos, clubes, federaciones en todas las modalidades que se puedan realizar (Montaña, Espeleología, BTT, Piragüismo, Deportes Aéreos, Hípica, Deportes de Invierno, etc.,), centros escolares, etc., facilitarían una mejor ordenación de la actividades deportivas y de la preservación del medio ambiente, por lo que desde estas líneas reiteramos el aumento de la presencia de los operadores deportivos en los órganos de participación de los ENP.

4. Las federaciones deportivas como agentes colaboradores de la administración en materia de medio ambiente.

Sorprendentemente hasta la entrada en vigor de la Ley 10/90, de 15 de octubre, del Deporte, la naturaleza jurídica de las Federaciones Deportivas en España, era un enigma jurídico, pues no existía precepto alguno que la definiera al respecto, bien como ente privado o bien como ente público, de esta problemática la doctrina ha dado buena cuenta(Esteve Pardo, J. 1985), (Aguirre Azkuenaga, I. 1989), (Bermejo Vera, J. 1995) (Fuertes López, M. 1992), entre otros; pero fue la propia Ley estatal, quien despejo la incógnita al sentar en su articulado – art. 30.1 y 30.2- recogiendo la doctrina del Tribunal Supremo (ST de 19 de julio de 1984) con motivo de la

impugnación del Real Decreto 643/1984, de 28 de marzo, sobre estructuras federativas, por violación del artículo 22 de la Constitución, presentada por la Federación Española de Judo y Disciplinas Asociadas, al establecer que las funciones públicas de la Federaciones Deportivas Españolas no violentan el derecho de asociación reconocido en la Constitución, al igual que la doctrina del Tribunal Constitucional de 24 de mayo de 195, que considera que las Federaciones Deportivas Españolas son asociaciones de configuración legal.

En definitiva, las Federaciones Deportivas Españolas son asociaciones de configuración legal, que se constituyen de acuerdo con su legislación sectorial, de naturaleza privada y ejercen funciones públicas de carácter delegado, actuando en este caso, como agentes colaboradores de la Administración, por lo que cuando actúan en el ejercicio de estas funciones, sus actos serán recurribles ante la Administración deportiva, por ejemplo las sanciones deportivas impuestas por los órganos disciplinarios de una Federación Deportiva Española pueden ser recurridas ante la Administración del Estado, es decir ante el Tribunal Administrativo del Deporte órgano independiente del Consejo Superior de Deportes.

Por lo tanto las Federaciones deportivas, tanto estatales como autonómicas, son polimórficas, en cuando unas veces actúan como entes privados según sus estatutos y otras como entes agentes colaboradores de la Administración, bajo los criterios y tutela de ésta, siendo estas funciones donde vamos a centrar nuestra propuesta.

Si nos detenemos en estas funciones públicas delegadas podemos encontrar en su listado las siguientes: calificar y organizar, en su caso, las actividades y competiciones oficiales; expedir las licencias deportivas, coordinar y controlar las ayudas públicas; colaborar en las formaciones deportiva conducentes a las titulaciones oficiales; ejercer la potestad disciplinaria; ejecutar las resoluciones de los órganos administrativos en materia de disciplina deportiva, etc.; Sin embargo, no vamos a encontrar ninguna función pública relacionada con la actividad deportiva en el medio natural, de ahí que vamos a proponer su inclusión, siempre y cuando lo permita su ubicación jurídica entre las citadas competencias delegadas, como vemos en el caso concreto de la Ley 5/2016, de 19 de julio, del Deporte de Andalucía, al establecer en su artículo 60.2 las funciones que las Federaciones Deportivas Andaluzas que pueden ejercer bajo los criterios y tutela de la Consejería competente en materia de deporte, en su apartado 2.g): “cualquier otra que reglamentariamente se determine”.

Por lo que en este caso, bastaría por incorporar en vía reglamentaria al nuevo Decreto por el que se regulen las Federaciones Deportivas Andaluzas en desarrollo de la nueva Ley, una función pública delegada en materia de :”**protección y conservación del medio ambiente a través de las actividades deportivas”,** función que se articularía atendiendo a la figura del Convenio entre las Consejerías competentes en materia Deporte y Medio ambiente y las Federaciones Deportivas Andaluzas, o con las respectivas en otras Comunidades Autónomas,;art. 47 y ss, de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público-, habida cuenta que la gestión de los Espacios Naturales Protegidos recae en manos de las Administraciones Autonómicas, como sienta la jurisprudencia, entre sus pronunciamientos, STC 102/1995, de 25 de junio y STC 194/2004, de 10 de Noviembre.

Esta es la forma jurídica, creemos más adecuada, de dar respuesta al artículo 4 de la Ley 5/2016, cuando preceptúa que la normativa que regule la ordenación del medio ambiente tendrá en cuenta la práctica deportiva; de la misma forma, que el artículo 6 mandata a las Consejerías competentes en materia de deporte, turismo y medio ambiente la colaboración para la práctica del deporte en el medio natural, incluyendo, desde nuestro punto de vista, una desafortunada mención al elemento generador de actividad turística, pues este elemento ya está implícito en el deporte en el medio natural, lo que su inclusión supone dar relieve a la actividad turística, cuando el factor sustantivo es la actividad deportiva, sea uno turista o practicante del entorno, a ello ya nos hemos referido en otros trabajos (Jiménez Soto, I.2015).

Por lo tanto, nada mejor que para poder cumplir con la Ley andaluza que contar con las Federaciones Deportivas Andaluzas, lo que supone también adecuar la gestión de los ENP a la propia Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que apuesta por la participación de la ciudadanía en el diseño y ejecución de las políticas públicas dirigidas a la consecución de los objetivos de la ley (art.2. h), y decimos que es una apuesta, pues la modificación legal incluye un nuevo apartado (k) destinado a los habitantes y propietarios de terrenos, con lo que se viene a reforzar no sólo el papel de los ciudadanos, sino que se de esta forma se incrementan las prácticas de buen gobierno.

Con este acomodo legal, no tenemos duda en afirmar que Las Federaciones deportivas constituyen un elemento vertebrador muy importante como asociaciones sin ánimo de lucro, para encauzar la participación de los ciudadanos, máxime cuando al estar integradas en las federaciones españolas la propia Ley las declara de utilidad pública (art. 53 Ley 5/2016).

5. Conclusiones

1ª El aumento cada día de deportistas que eligen los ENP como lugar preferido para realizar su actividad deportiva, convirtiéndose por sus conocimientos del medio ambiente en un usuario cualificado, constituyen un argumento poderoso para reclamar su mayor participación en las Juntas Rectoras de los Parques Naturales, los Patronatos de los Parques Nacionales y los Consejos de Participación.

2ª Está demostrado que el anonimato es uno de los elementos más relevantes para que las personas puedan realizar actos incívicos en los ENP, por lo que una forma adecuada de eliminar posibilidades a los depredadores ambientales humanos, consiste en la identificación para acceder al lugar, lo cual se ve ampliamente facilitado por la clásica licencia deportiva, a la que hay que unir “el título habilitante” o tarjeta federativa para los deportistas que no participan en competiciones oficiales, como son las actividades de ocio, elemento fundamental que acompaña a numerosas actividades en el medio natural, tan alejadas de la competición oficial: senderismo, escalada, espeleología, descenso de barrancos, piragüismo, esquí de travesía, hípica, etc. Razón fundamental para que las Federaciones Deportivas se conviertan en entidades colaboradoras de la protección del medio ambiente.

3ª La inclusión por vía reglamentaria entre las funciones públicas delegadas de las Federaciones Deportivas de la protección y conservación del medio ambiente a través de las actividades deportivas, podría tener como consecuencia las siguientes actuaciones:

a) El compromiso de las Federaciones Deportivas de adoptar un Código de Conducta y en materia de Medio ambiente, para que todo poseedor de licencia deportiva o título habilitante, la acepte como requisito ineludible para su expedición.
b) La posibilidad de realizar determinadas actividades deportivas en zonas prohibidas, al pasar a actividades reguladas por los órganos de gestión del ENP, y controladas por las Federaciones Deportivas dentro de los términos establecidos en el Convenio de Cooperación. Por ejemplo, en determinados días y en determinadas horas, e incluso con un número determinado de practicantes, se habilita la práctica de la bicicleta de montaña, que pasa a ser controlada por el ente federativo, con sus prescripciones técnicas, y con la posibilidad de aplicar el régimen disciplinario deportivo a los participantes en dicha actividad, sin perjuicio de las responsabilidades en materia sancionadora a que dieran lugar determinadas conductas.
c) En relación al apartado anterior, las Federaciones Deportivas siguiendo los criterios de los órganos de gestión de los ENP se comprometerían a incluir en sus Reglamentos de Régimen Disciplinario Deportivo, la tipificación de conductas contrarias al medio ambiente como infracciones y sus correspondientes sanciones.

4ª En definitiva adoptar entre las medidas de control de las actividades en los ENP, la colaboración de las Federaciones Deportivas, se aleja de los tradicionales mecanismos de intervención pública de control o policía, para adoptar los modernos mecanismos de autorregulación regulada, desde el momento, en un principio, en que son normas que requieren la previa aceptación de los sujetos privados y que no son exigibles más allá del circulo de sujetos que convienen en su aceptación, para posteriormente ser incorporados por la vía del Convenio al ordenamiento jurídico, como puede ser su incorporación al Plan Rector de Uso y Gestión, adquiriendo la condición de normas de Derecho objetivo, de obligada observancia y que se toman como referencia por los poderes públicos, Administraciones y Tribunales (Esteve Pardo, J, 2017).

Referencias Bibliográficas

- AGUIRREAZKUENAGA ZIGORRAGA, I.: *Intervención pública en el deporte*, IVAP-Civitas, Madrid, 1998.
- BERMEJO VERA, J.: "Constitución y Ordenamiento deportivo", en *Revista Española de Derecho Administrativo*, núm. 63 (1989), pp. 337 y ss.
- -"La dimensión constitucional del Derecho de Asociación, *Revista de Administración Pública*, núm. 136, (1995), pp. 119 y ss.
- -*Constitución y Deporte*, Tecnos, Madrid, 1999.
- CONDE ANTEQUERA, J.: "Instrumentos públicos de protección ambiental (II): El control administrativo de la implantación y puesta en funcionamiento de las actividades con incidencia ambiental" en *Derecho Ambiental Adaptado al EEES*, dir. TORRES LÓPEZ, M.A., Y ARANA GARCÍA, E., Tecnos Madrid, pp.92-103.
- ESTEVE PARDO, J.:" Las asociaciones deportivas de configuración legal. El caso de las federaciones deportivas", en *Revista Española de Derecho Administrativo*, núm. 45 (1985), pp. 113 y ss.
- -*Derecho del Medio Ambiente*, Marcial Pons, Madrid, 2008.
- -*Lecciones de Derecho Administrativo*, (séptima edición), Marcial Pons, Madrid, 2017, pp. 83-87.
- FUERTES LÓPEZ, M.: *Asociaciones y Sociedades Deportivas*, Marcial Pons, Madrid, 1992.
- JIMÉNEZ SOTO, I.: "El difícil anclaje jurídico de las actividades deportivas en los espacios naturales protegidos, a través de los instrumentos de ordenación", libro homenaje profesor RAFAEL BARRANCO VELA, coord. BALAGUER CASTELLÓN ,F y ARANA GARCÍA, E, Vol.II, Civitas Thomson Reuters, Madrid, 2014, pp. 1990-2012.
- -*La configuración jurídica del deporte en el medio natural. Relaciones con el turismo, el desarrollo sostenible y la ordenación del territorio*, Reus, Madrid, 2015.
- -"Actividad deportiva en el medio natural", en *Comentarios a la nueva ley del Deporte de Andalucía"*, dir. MILLÁN GARRIDO, A., Reus, Madrid, pp.156-168.
- NASARRE SARMIENTO, J,M.: *Senderismo 100 hitos normativos para pensar*, Desnivel, Madrid, 2016.
- PORRAS LIMA, F.: "Derecho Deportivo y Derecho turístico: surgimiento, desarrollo y consolidación del turismo activo en España", en *El Derecho Deportivo en España 1975-2005*, dir. JIMÉNEZ SOTO I. y ARANA GARCÍA, E., Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía, Sevilla, 2005, pp. 317-348.
- RIVERO YSERN, J,L.: Manual de Derecho Local, 6ª edición, Civitas, Madrid, 2010.
- SÁNCHEZ MORÓN, M.: *Derecho Administrativo. Parte General*, Civitas, Madrid, 2010, pp. 639-670.

"¡FUERA LO RUBINAO!" EL PATRIMONIO MATERIAL DE LA ESCALADA EN EL PARQUE NATURAL DE LA MONTAÑA DE MONTSERRAT (BARCELONA)

JORDI MORERAS
jordi.moreras@urv.cat
Departamento de Antropología, Filosofía y Trabajo Social. Universitat Rovira i Virgili

RESUMEN

El Parque Natural de la montaña de Montserrat ha sido la escuela para muchas generaciones de escaladores catalanes. Sus rocas, paredes y agujas han sido recorridas por un sinfín de itinerarios, de mayor a menor dificultad, confiriendo un estilo de escalada muy singular. Desde la conquista de las primeras cimas a finales del siglo XIX hasta las actuales vías de altísima dificultad, que atraen a escaladores de muchas partes del mundo, han pasado muchas décadas, cuyo testimonio sigue estando presente en esos itinerarios pioneros que fueron recorridos. Esta ponencia quiere plantear una reflexión sobre la manera en que debería ser tratado este patrimonio material que todavía se encuentra emplazado en estos caminos verticales.

Palabras clave: Montserrat, escalada, historia, patrimonio material

ABSTRACT

The Natural Park of the Montserrat mountain has been the school for many generations of Catalan climbers. Its rocks, walls and spiers have been crossed by a myriad of itineraries, from greater to lesser difficulty, conferring a very unique style of climbing. From the conquest of the first peaks in the late nineteenth century to the current high-difficulty roads, which attract climbers from many parts of the world, many decades have passed, whose testimony is still present in those pioneer itineraries that were traveled. This paper wants to propose a reflection on the way in which this material heritage that is still located in these vertical roads should be treated.

Keywords: Montserrat, climbing, history, material heritage

1. Introducción

En 1984, uno de los escaladores más prolíficos de Montserrat, Marcel Millet, abrió en la roca de La Quilla (en la conocida zona de Los Vagos, muy cerca del monasterio benedictino), una vía de grado 6b, con el nombre de "Fuera lo rubinao": una expresión que podría traducirse libremente como "Fuera lo oxidado", refiriéndose a los viejos anclajes de escalada artificial que anteriormente estaban emplazados en este itinerario. Ese mismo año se había celebrado un tenso debate en la sede del Orfeó Gracienc de Barcelona, entre los partidarios de la escalada tradicional y la llamada "new wave" de la escalada libre que estaba llamada a imponerse. En los siguientes años se produjo un espectacular impulso de la escalada deportiva en Montserrat y en otras zonas de escalada de toda España, con lo que supuso el progresivo incremento en los equipamientos fijos en los itinerarios de escalada, orientados a poder alcanzar el mayor grado de dificultad pero garantizando la máxima seguridad para sus practicantes. Los anclajes que se colocaban incrementaron su resistencia y durabilidad: tras los dobles buriles se introdujeron los casquillos autoperforables de expansión, y estos fueron substituidos por los llamados parabolts (o tornillos perforados de expansión mecánica de 10 mm y chapas inoxidables, con una resistencia de hasta 25,5 kN).

Como consecuencia de este aumento en la seguridad de los itinerarios, se popularizó la actividad de la escalada y aumentó la afluencia de nuevos escaladores a las paredes y agujas de Montserrat. El propio Patronato que gestiona este parque natural estima que existen unos 5600

itinerarios de escalada en la montaña, la gran parte de ellos creados desde mediados de los años 80 del siglo pasado. Podría decirse que los llamados itinerarios clásicos serían aquellos que se abrieron en las décadas anteriores a la emergencia de la escalada deportiva. Tales itinerarios, de muy diversa dificultad técnica (algunos de ellos con un recorrido imponente que había sido resuelto con unos medios técnicos muy precarios), fueron equipados con otro tipo de anclajes muy rudimentarios que se adaptaban a la peculiaridad de la roca conglomerada de Montserrat. La belleza de tales trazados clásicos, que surcaban las lineas orográficas naturales de las paredes verticales, atrajo lógicamente a estos nuevos escaladores que iniciaron sus pasos en la escalada deportiva, lo que planteó la necesidad de llevar a cabo un reequipamiento de estas vías.

El reequipamiento de itinerarios clásicos ha sido objeto de múltiples polémicas, hasta el punto de que no se ha conseguido establecer un único criterio consensuado. La Federación de Entidades Excursionistas de Cataluña (FEEC) constituyó una comisión de equipamientos de escalada, cuyo objetivo es financiar el mantenimiento y conservación de las instalaciones en zonas naturales de escalada. En el reglamento de esta comisión se definen una serie de condiciones técnicas que deben prevalecer en el proceso de reequipamiento de una vía anteriormente trazada, partiendo de un criterio de renovación de las piezas existentes sin añadir ni suprimir más anclajes de las existentes. La premisa es la sustitución de una pieza por otra, a pesar de que en la práctica esto no sea siempre así. Hay que tener presente que la acción de esta comisión, que subvenciona una serie de proyectos anuales presentados por clubes de montaña, no se ha llevado a cabo de manera sistemática en todas las zonas de escalada en Cataluña.

En el caso de la montaña de Montserrat, y dentro del marco de regulación de la escalada en el parque natural que fue aprobado en junio de 2008 ([119]), se establecen también una serie de directrices en el apartado de reequipación de los itinerarios. En este acuerdo se reconoce que “las vías de Montserrat son un legado histórico de formas diferentes de entender la escalada, de las generaciones que supieron ver sus trazados y también de todos aquellos que las han consolidado repitiéndolas una y otra vez. Por su morfología es una escalada única en el mundo y técnicamente compleja, por tanto, es un patrimonio común de todos los escaladores que hay que proteger”. Pero en la descripción de los criterios que se señalan en el trámite administrativo para solicitar la autorización de reequipamiento de una vía, se afirma lo siguiente: “se retirarán todos los anclajes antiguos que se sustituyan por anclajes nuevos”.

Esta contradictoria indicación con la preservación de ese patrimonio común, abre la puerta a que los reequipamientos de las vías clásicas supongan la retirada de todos aquellos anclajes colocados previamente por los escaladores que inauguraron ese itinerario, y su sustitución por relucientes piezas inoxidables. La búsqueda de la máxima seguridad para esos itinerarios restaurados, no tiene que suponer necesariamente que se proceda de forma sistemática a retirar todas aquellas viejas piezas y anclajes, que continúan siendo el testimonio vivo de una etapa histórica en el desarrollo y la consolidación de la escalada en Montserrat.

Esta ponencia quiere plantear una reflexión sobre la importancia de introducir el concepto del patrimonio material en la historia de la escalada en Montserrat. En esta montaña se experimentaron toda una serie de técnicas y materiales, que sirvieron para desarrollar nuevos itinerarios y conquistar nuevas metas de dificultad (las primeras pitonisas de fisura, unas pequeñas clavijas de apenas 2 cm, fueron usadas por primera vez en Montserrat en 1945). El hecho de que ese patrimonio pueda desaparecer de esas paredes y agujas que tantas generaciones de escaladores han amado, debe despertarse la conciencia de que los futuros reequipamientos deben llevarse a cabo desde una perspectiva mucho más respetuosa con este legado (se presentarán algunos casos de buenas y malas praxis al respecto), e impedir que el impulso de la seguridad homologada acabe con el rastro de anclajes que dentro de poco serán centenarios.

[119] Puede consultarse más información respecto al contenido de tal acuerdo de regulación en http://muntanyamontserrat.gencat.cat/ca/el_parc/escalada/.

2. Entre conservación y seguridad

En las últimas décadas, la comunidad de escaladores de Montserrat ha debatido intensamente la decisión llevada a cabo por el Patronato de la Montaña de Montserrat, para establecer una serie de restricciones en el ejercicio de la escalada en algunas partes del macizo. En el acuerdo establecido en 2008 se definieron una serie de áreas en donde de manera temporal o durante todo el año, se regulaban las actividades de escalada, vías ferratas y canales equipadas. Posteriormente desde el Patronato se estableció una moratoria de dos años (2014 y 2015) en el que se impidió la obertura de nuevos itinerarios de escalada, lo que generó una fuerte polémica en la comunidad de escaladores. Lo cierto es que los argumentos planteados por el Patronato referidos al incremento de la masificación de escaladores, eran harto cuestionables, principalmente por el hecho de que el principal impacto ecológico y paisajístico que recibe la montaña sigue estando relacionada con la afluencia de turistas al Monasterio benedictino de Montserrat (y que en el año 2017 alcanzó un nuevo récord de visitantes).

Evidentemente en el devenir de la misma actividad de la escalada, con la transformación de los materiales y de las medidas de seguridad, y con el hecho de que se ha facilitado la apertura de nuevos itinerarios en lugares que se encontraban relativamente accesibles para todos los públicos (en concreto, estoy pensando en la zona de los Gorros, situada cerca del Monasterio y con un fácil acceso a través del funicular de Sant Joan). Eso en sí mismo ha sido objeto de enconados debates, que muchos de ellos se han hecho públicos mediante las redes sociales.

La discusión entre diferentes formas de entender la escalada en Montserrat siempre ha existido, y probablemente en el futuro aparecerán nuevos debates que mostrarán el dinamismo de esta comunidad de escaladores. Ahora que se observa cómo el criterio de la seguridad se impone sobre el resto, se plantea la necesidad de cómo preservar ese patrimonio material que sigue estando en las paredes, y que muchos equipadores (y re-equipadores, sobre todo), no aprecian que deban permanecer en su lugar original.

Presento a continuación algunos ejemplos de ello en la figura 1

Frente a estos anclajes, hoy en día proliferan nuevos materiales que son usados por los escaladores, y son muchos los que no aprecian el valor memorial que siguen teniendo. Este sentimiento, compartido por aquella generación de escaladores que aprendieron y que progresaron fiándose de esos antiguos anclajes, son los que más aprecian este pasado aún presente. A la iniciativa llevada a cabo por diferentes grupos culturales y excursionistas para preservar el patrimonio montañero de Montserrat, se le une esta de tipo material mediante la propuesta de llevar a cabo un inventario de estos anclajes añejos.

3. Conclusiones: hacia una cultura de la conservación del patrimonio

La posibilidad de que se pueda perder todo este patrimonio, que sea desconocido para las nuevas generaciones de escaladores que no apreciarán el esfuerzo y arrojo de los pioneros para llevar a cabo sus itinerarios, requiere plantear una acción de tipo conservadora, pero especialmente de tipo inventarial. Por otro lado, ante la falta de medidas planteadas con respecto a la reactualización o reequipamiento de las vías clásicas, tal como he indicado anteriormente, el proceso de desaparición de este patrimonio es más que evidente, por lo que es necesario formular una reflexión para conseguir su conservación, para el disfrute de las futuras generaciones de escaladores.

FIGURA 1

Fotos: Cedidas por Manuel Punsola

Referencias Bibliográficas

- Barberà Suqué, Josep (1977).- *Montserrat pam a pam (Operació Montserrat). Cavall Bernat*, Publicacions de l'Abadía de Montserrat núm. 5. Barcelona
- Barberà Suqué, Josep (1986), *Història d'una pedra. Cavall Bernat de Montserrat (1935-1985)* Barcelona: Federació d'Entitats Excursionistes de Catalunya.
- Fatjó i Gené, Josep (2005).- *Història de l'Escalada a Montserrat*. Cavall Bernat, Publicacions de l'Abadía de Montserrat
- García Picazo, Antonio (1990), *Montserrat. Las más bellas ascensiones*. Barcelona: Martínez Roca.

VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA DURANTE EL ASCENSO AL KANCHENJUNGA: ¿UN PARÁMETRO FIABLE? ESTUDIO DE UN CASO.

ELENA SARABIA-CACHADIÑA; CARLOS MARTÍNEZ GARCÍA; ÓSCAR BARQUERO PÉREZ; REBECA GOYA ESTEBAN; ANTONIO J CAAMAÑO; JOSÉ LUIS ROJO ÁLVAREZ
esarabia@ceuandalucia.es, essecarlos@hotmail.com, oscar.barquero@urjc.es, rebeca.goyaesteban@urj.es, antonio.caamano@urjc.es, joseluis.rojo@urjc.es
"Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola CEU", "Centro de Emergencias 061 Granada", "Departamento de la Teoría de la Señal y la Comunicación. Universidad Rey Juan Carlos".

RESUMEN

La Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC) es un parámetro indicador de salud cardiovascular, esperanza de vida y ausencia de estado de sobreentrenamiento. Cualquier estrés que sufra el organismo, se refleja en una disminución de los valores de VFC. El ejercicio físico en altura supone un gran estrés para el organismo. El objetivo de este estudio fue analizar las oscilaciones de la VFC durante el ascenso al pico Kanchenjunga, a 8586 m de altitud. Para ello se seleccionó a un sujeto alpinista altamente cualificado. Los resultados mostraron niveles de estrés alarmantes. La interpretación de dichos resultados indicó que el sujeto podría sufrir cualquier tipo de complicación a nivel físico durante el ascenso; sin embargo, lo completó con éxito. Este estudio concluye que la VFC per se, en condiciones de altitud no es indicador de riesgo para la salud, su rigurosa interpretación podría llegar a truncar la carrera de un alpinista.

Palabras clave: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, altura, estrés fisiológico, alpinismo.

ABSTRACT

Heart Rate Variability (HRV) is a cardiovascular health, longevity and training recovery indicator. Different kind of stresses which might affect the organism can decrease the variability of the heart. Performing physical activity in altitude provokes a huge stress reaction in human body. The aim of the present study was to analyze HRV evolution during Kanchenjunga (8586 m) climbing. The study selected a matched qualified alpinist. The results showed that the subject underwent very stressful reactions during climbing. Nevertheless, he reached the top and went back home safely without suffering any complication. Thus, the present study concludes that HRV per se might not be indicator of health risk in altitude; its rigorous interpretation could lead into a wrong decision over an alpinist career.

Keywords: *Heart Rate Variability, altitude, physiological stress, alpinism.*

4. Introducción

El sobreentrenamiento deportivo es un estado que se adquiere cuando el organismo no es capaz de asimilar las cargas de trabajo a las que se ve sometido, siendo necesario un tiempo de recuperación que será mayor o menor en función del grado que se haya alcanzado . Debido a que el sobreentrenamiento y la fatiga conllevan cambios en la modulación del sistema nervioso autónomo (SNA), se ha comenzado a integrar el análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC) como herramienta fundamental para la detección de dichos estados (Sarabia, E. 2012). Además, si el ejercicio físico extenuante se realiza en estados de altitud durante un ascenso, al efecto acumulativo de la carga de trabajo que supone la escalada de un pico, se le suma el estrés propio producido por la hipoxia hipobárica, pudiendo provocar este el mal agudo de montaña (MAM). El MAM es una afección común que afecta al 25% de los sujetos que ascienden altitudes entre1850–2750m, al 42% en altitudes de 3000m y al 75% de los sujetos que intentan ascender el Kilimanjaro (5984 m). Existen además estudios que relacionan una disminuida actividad parasimpática y un aumento de la actividad simpática durante una exposición aguda a dicho entorno (Karinen, HM. 2012). Esta relación, queda patente también en el trabajo de (Boos,

CJ. 2017) que muestra como en los estados de hypoxia hipobárica se produce una disminución de la VFC y por tanto un aumento de la actividad simpática y una disminución de la parasimpática. Además, parece ser que existen evidencias científicas que relacionan el MAM con la disminución de la VFC (Boos, CJ. 2017; Karinen, HM. 2012).

Así pues, tras revisar la literatura, queda patente que la VFC puede ser un marcador tanto de sobreentrenamiento, como de estrés producido por hipoxia hipobárica así como de MAM. Esto es debido a que la VFC es un parámetro indicador del nivel de salud cardiovascular, de manera que su análisis permite un estudio no invasivo de la actividad del sistema nervioso autónomo (SNA) sobre el nodo sinusal. No se sabe bien cuál es la relación exacta entre la VFC y el SNA pero si se puede afirmar que cuando aumenta la actividad simpática se produce un descenso de la VFC mientras que cuando predomina la actividad parasimpática, aumenta la VFC. Por tanto, de alguna manera la VFC refleja el control del SNA sobre el sistema cardiovascular: una alta VFC es señal de un buen funcionamiento y adaptabilidad del SNA, considerado como un estado saludable mientras una baja VFC significa un funcionamiento anormal o una adaptabilidad insuficiente del SNA, lo que es indicador de mala salud. Sin embargo, aunque la VFC mide la influencia del SNA en el nodo sinusal, se asume que refleja el control global de las actividades cardiovasculares (de la Cruz, B. 2013).

La VFC puede ser valorada tanto mediante cálculos lineales como no lineales. Los cálculos lineales aplicados en este estudio se reducen al parámetro RMSSD (la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias entre los intervalos RR adyacentes), ya que como se muestra en (Sarabia, E. 2012), todos los parámetros lineales muestran un mismo comportamiento ante un análisis. La RMSSD se utiliza para observar la influencia parasimpática en el corazón y sus valores en reposo deben ser superiores a 20 ms. Por otro lado, para la realización de un análisis de la VFC a través de cálculos no lineales que puedan analizar las propiedades entrópicas del corazón, se utilizan diferentes algoritmos. Este estudio seleccionó la Entropía Muestral (SampEn) ya que es la más utilizada en la bibliografía y por tanto la más acertada para su valoración. La SampEn cuantifica las irregularidades entre series de tiempo de señales. Una SampEn menor a 1 indica un comportamiento fisiológico anormal (Sarabia, E. 2013). Debido a que existen indicios de que el análisis de la VFC es una herramienta útil para el análisis de asimilación de cargas de entrenamiento así como el control del estrés provocado por hipoxia hipobárica, el objetivo de este estudio fue analizar la evolución de la VFC durante el ascenso al pico Kanchenjunga (8586 m) en un alpinista cualificado.

5. Discusión

El estudio seleccionó a un alpinista cualificado de 41 años, peso pre ascenso 68,7 y post ascenso 65,4, y talla 177 cm. Las mediciones se realización durante todos los días de las fases de la expedición en los que fue posible, existiendo una línea base antes del viaje en Madrid y un mes de seguimiento tras la vuelta a dicha ciudad. A continuación se muestran en la Tabla 1 las distintas etapas en las cuales se tomaron los datos de VFC.

Durante los 48 días que duró el protocolo, el sujeto experimentó un análisis de VFC en decúbito supino durante 20 minutos en la misma hora del día (por la tarde). Los datos fueron tomados a través del monitor de intervalos RR Firstbeat Bodyguard de Firstbeat Technologies Ltd. Jyväskylä, Finlandia. Los datos fueron enviados en la medida de lo posible desde campo base hacia España, donde se realizó un análisis de RMSSD mediante el Software Kubios HRV Heart Rate Variability Analysis Kubios Oy Kuopio, Finlandia y un análisis de la SampEn mediante la aplicación de los algoritmos expuestos en la literatura (Peng, CK. 1995, Kantelhardt, JW. 2002, García-González, MA. 2003, Richman, JS. 2000) a través de MatLab The MathWorks Inc, Estados Unidos. Dicho análisis fue enviado a campo base para proporcionar una retroalimentación al médico de la expedición.

Tabla 1.
FASES DEL PROTOCOLO DE RECOGIDA DE DATOS DE VFC

LOCALIZACIÓN	NÚMERO DE DÍAS	FECHA
ESPAÑA	1	22/03/2014
KATMANDÚ	1	24/03/2014
ACLIMATACIÓN TREKKING	13	25/03-09/04/2014
KATMADÚ	2	11/04-12/04/2014
CAMPO BASE 1	5	15/04-20/04/2014
CAMPO BASE 2	10	27/04-11/05/2014
ASCENSO A CUMBRE	5	13/05-17/05/2014
CAMPO BASE 3	2	20/05-21/05/2014
KATMANDÚ	3	22/05-25/05/2014
ESPAÑA	6	26/05-28/06/2014

El sujeto de estudio mostró parámetros deprimidos durante toda la expedición, pero los datos se volvieron excesivamente preocupantes la semana previa al ascenso. Como se puede observar en la figura 1, la RMSSD se encontraba en valores cercanos a 0, lo cual implica un riesgo muy elevado de padecer un accidente cardiovascular o cualquier otro tipo de complicación física ya que el latido cardíaco se había vuelto periódico, había perdido su capacidad de adaptación y el organismo estaba sometido a una elevada actividad simpática. Al igual que la RMSSD, la SampEn también se redujo drásticamente previo ascenso a la cumbre llegando a valores de 0,4 que muestran una pérdida grave de la entropía cardíaca y por tanto de su correcto funcionamiento y capacidad de adaptación.

En todo momento, las conversaciones entre el investigador principal y el médico de la expedición se mantuvieron a tiempo real. El sujeto aparentemente no mostraba sintomatología de MAM, sus niveles de saturación eran adecuados y él mismo manifestaba encontrarse bien. Atendiendo a las apreciaciones cualitativas del médico de expedición y del propio alpinista, se decidió restar importancia a los parámetros de VFC y permitir al alpinista el ascenso.

Finalmente el sujeto llegó a la cumbre y descendió de la misma sin ningún tipo de complicación. Tal como se puede apreciar en las dos gráficas, ambos parámetros se recuperaron notablemente tras el descenso. Cabe destacar que el sujeto incluso un mes tras la finalización de la expedición así como en la línea base en Madrid, no poseía valores de RMSSD propios para una persona de su nivel de condición física y edad. Partía de una RMSSD baja, la cual llegó a niveles preocupantes en el estado de hipoxia hipobárica. Por el contrario, los valores de SampEn se ajustaban más a un sujeto de sus características tanto en la línea base como en la recuperación post-ascenso.

Como dato de interés, señalar que el sujeto fue sometido a un exhaustivo análisis físico y cardiológico tras la expedición, siendo los resultados negativos en todas las pruebas que se le realizaron.

Los resultados hallados en este estudio no se corresponden con los expuestos en el trabajo de Karinen, HM.2012) donde se muestra que un descenso de la RMSSD predice mal agudo de montaña. En el presente trabajo, pese a existir unos datos de RMSSD cercanos a cero, no hubo ningún síntoma clínico de MAM. Tras revisar la literatura, se encontró un estudio de (Boos, CJ. 2017) que muestra datos similares a los expuestos en este trabajo, afirmando que la VFC no predice el MAM.

Sería necesario realizar más estudios de estas características para poder validar o no la VFC como indicador de MAM, ya que son pocos los trabajos realizados y con resultados muy dispares.
FIGURA 1

Evolución de la RMSSD durante los 48 días de protocolo.

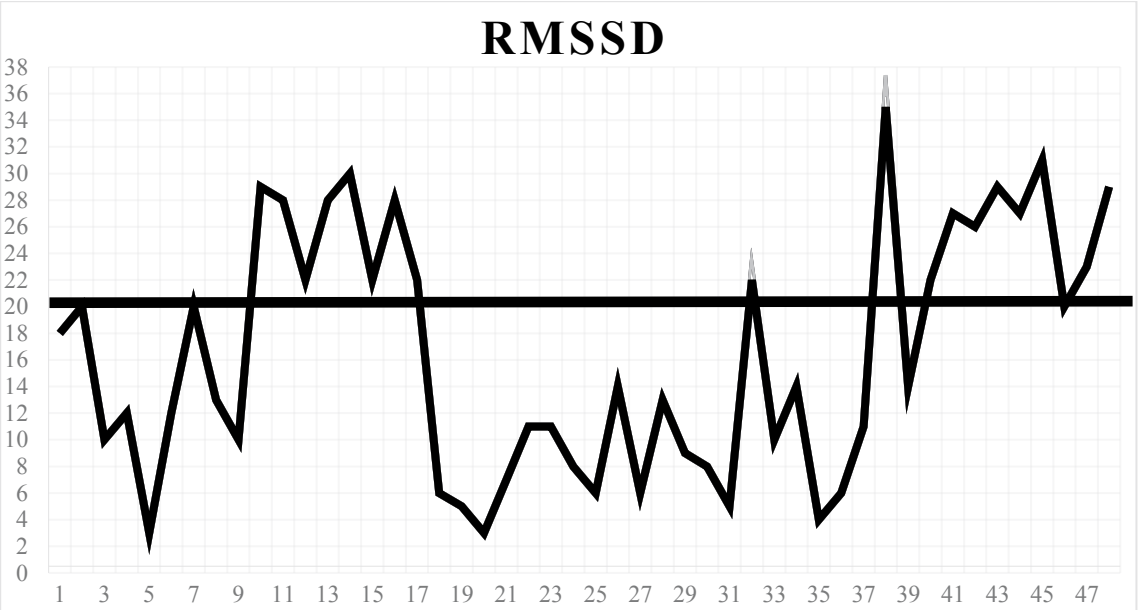
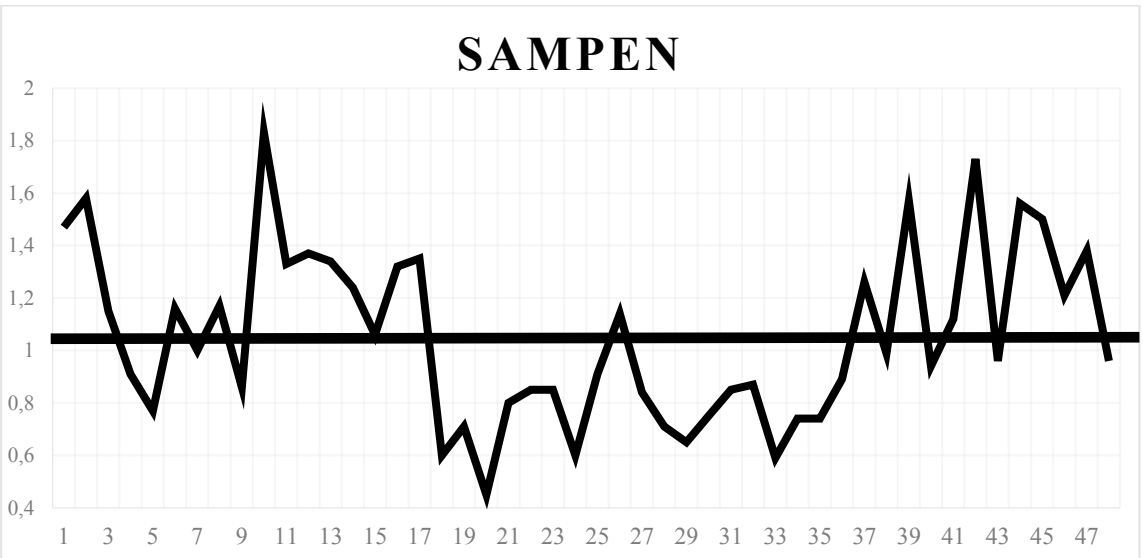


FIGURA 1
Evolución de la RMSSD durante los 48 días de protocolo.



6. Conclusiones

La Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca es un parámetro orientativo pero no limitante para la toma de decisiones en la aplicación de cargas físicas.

El análisis de VFC no se encuentra estrechamente ligado al MAM.

La mera interpretación de los resultados de Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca puede llevar a una toma de decisiones errónea con su consecuente efecto negativo en el rendimiento y la carrera de un deportista.

Referencias bibliográficas

- Sarabia Cachadiña E., de la Cruz Torres B., & Naranjo Orellana J. (2012). Estudio comparativo de los perfiles semanales de creatín kinasa, urea y variabilidad de la frecuencia cardiaca en remeros de élite españoles. Archivos de Medicina del Deporte, 29(142), 952-8.
- Karinen H. M., Uusitalo A., Vähä-Ypyä H., Kähönen M., Peltonen J. E., Stein5 P. K., Viik J., Tikkanen H. O. (2012). Heart rate variability changes at 2400m altitude predicts acute mountain sickness on further ascent at 3000-4300m altitudes. Frontiers in Physiology, 3(336), 1-7.
- Boos, C.J., Vincent, E., Mellor, A., O'hara, J., Newman, C., Cruttenden, R., Scott, P., Cooke, M., Matu, J., & Woods, D. R. (2012). The Effect of Sex on Heart Rate Variability at High Altitude. Medicine and science in sports and exercise, 49(12), 2562-9.
- de la Cruz Torres, B., Sarabia Cachadiña, E. (2013). La Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca en la valoración del rendimiento. En: J. Naranjo Orellana, A. Santalla Hernández, & P. Manonelles Marqueta (FEMEDE.), Valoración del rendimiento del deportista en el laboratorio (p.2013:461-96).Barcelona:Esmon Publicidad S.A;
- Sarabia Cachadiña, E., Granados García, P., Tonon Da Luz, S., Goya Esteban, R., Barquero Pérez, O., Naranjo Orellana, J., Berral de la Rosa, F. J. (2013). Heart rate variability and phantom pain in male amputees: Application of linear and nonlinear methods. Journal of Rehabilitation Research and Development, 50(3), 449-54.
- Peng, CK., Havlin, S. S., Stanley, H.E., Goldberger, A. L. (1995) Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. Chaos, 5(1), 82–87.
- Kantelhardt, J. W., Zschiegner, S.A., Koscielny-Bunde, E., Havlin, S., Bunde, A., Stanley, H. E. (2002). Multifractal detrended fluctuation analysis of nonstationary time series. Physica A, 316(1–4), 87–114.
- García-González, M. A., Ramos-Castro, J., Fernández-Chimeno, M. (2003). A new index for the analysis of heart rate variability dynamics: characterization and application. Physiol Meas, 24(4), 819–32.
- Richman, J. S., Moorman, J.R. (2000). Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. Am J Physiol Heart Circ Physiol., 278(6), 2039–49.

C O M U N I C A C I O N E S

8 Gestión y territorio

- La incidencia del Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo en el entorno de Sierra Nevada (España)
- La cartografía participativa de servicios de los ecosistemas como herramienta para la ordenación territorial:
- El Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada y su influencia en Sierra Nevada (España)
- Análisis del imput de conocimiento científico en el ciclo de gestión de áreas naturales protegidas: brechas y oportunidades. Caso de estudio: Parque Nacional Huascarán (Perú).
- El modelo de gestión del desarrollo en la reservas de la Biosfera y su implementación en los espacios de montaña: El caso de Sierra Nevada (Granada, España)
- Distintos enfoques de Participación Social en los Planes de Desarrollo Rural
- La apuesta por el turismo en Sierra Nevada (Granada, España), desde el eje Leader entre 2007 Y 2013.
- Desarrollo rural en el espacio natural Sierra Nevada (Granada, España). Las actuaciones Leader en el período 2007-2013
- Gestión adaptativa para la protección de servicios ecosistémicos ante un escenario de cambio climático: el proyecto LIFE ADAPTAMED.
- Análisis de información de redes sociales deportivas para facilitar la gestión y explotación de recursos naturales.
- Esbozo metodológico para un derecho de la montaña.
- Co-creación de un valor online en el ecoturismo de montaña.
- Actuación para la divulgación de los valores geológicos en los parques nacionales de montaña.
- Aplicaciones de las TIG para la determinación de geoindicadores del cambio climático en glaciares del Valle de la Laguna Parón (Cordillera Blanca, Perú). *Trabajo Fin de Máster ganador del Premio CIMAS a Jóvenes investigadores.*
- Proyecto OPCC-2: La cooperación transfronteriza como herramienta para la adaptación al cambio climático en zonas de montaña. Trabajo en curso.
- La gestión del marketing de las áreas naturales protegidas. Trabajo en curso.
- Ciencia Ciudadana en la Red Española de Reservas de la Biosfera. Programa de Seguimiento Fenológico. Trabajo en curso.
- Auditoría de marketing y estaciones de esquí, especial referencia a redes sociales. Trabajo en curso.
- EWOM sobre dimensiones de RSC en destinos turísticos de montaña. ¿Cuál es la más útil e influyente?. Trabajo en curso.

LA INCIDENCIA DEL PLAN ESPECIAL DE PROTECCIÓN DEL MEDIO FÍSICO Y CATÁLOGO EN EL ENTORNO DE SIERRA NEVADA

JUAN GARRIDO CLAVERO[1]; RAFAEL HERNÁNDEZ DEL ÁGUILA[2]; MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DEL ÁRBOL[3]
clavero@correo.ugr.es, hdaguila@ugr.es, msdarbol@ugr.es
[1]*Consultor ambiental*
[2]*Profesor del Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad de Granada*
[3]*Profesor del Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad de Granada*

RESUMEN

Antes de constituirse el espacio natural de Sierra Nevada, una planificación precedente, el Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo (PEPMFC), ya había sentado las bases para su protección. Los objetivos, propuestas y normativa de este Plan constituyeron fundamentos sobre los que, posteriormente y con mayor profundidad, se formularon los PORN y PRUG del Parque de Sierra Nevada, los cuales llegaron a subsumirlo en su ámbito. Sin embargo, el PEPMFC sigue manteniendo su incidencia en la conservación de Sierra Nevada al estar aún vigente en buena parte del entorno del Espacio Natural Protegido, donde limita la implantación de algunos de los usos y actividades que más pudieran afectarle. Aquí, en estos espacios perimetrales, donde la planificación del Parque difícilmente llega, es donde resulta fundamental asegurar el cumplimiento de la normativa del PEPMFC, más aún en aquellos municipios que carecen de otro instrumento para la protección de su medio natural.

Palabras clave: Medio físico, protección, planificación, entorno protegido, usos y actividades autorizadas.

ABSTRACT

Before establishing the natural area of Sierra Nevada, a previous planning, the Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo (PEPMFC), had already laid the foundations for its protection. The PORN and PRUG of the Natural and National Park of Sierra Nevada drank from this planning, which came to be subsumed within its area. However, the PEPMFC continues to maintain its contribution to the conservation of Sierra Nevada by remaining in force in much of the environment of the protected natural area, where it limits some of the uses and activities that could most affect it. Here, where the planning of the Park hardly arrives, it is where it is fundamental to maintain compliance with the PEPMFC regulations, particularly in those municipalities that do not have another type of instrument for the protection of their natural environment.

Keywords: *Environment, protection, planning, outside park protection, authorized uses and activities.*

1. Introducción

Los Planes Especiales de Protección del Medio Físico y Catálogo de Espacios y Bienes Protegidos (en adelante PEPMFC) formulados para cada una de las ocho provincias andaluzas entre 1986 y 1987, están entre los planes territoriales más antiguos, si no los que más, de los actualmente vigentes en el contexto autonómico. Estos planes tuvieron por cometido resolver “la existencia de prácticas de aprovechamientos de recursos, que tienden a agotarlos indebidamente; la localización de determinadas actividades, que tienden a producir impactos negativos sobre el medio rural y natural; y la expansión de procesos urbanos con efectos poco deseables sobre el hábitat” (Orden de 17 de noviembre de 1982, del Consejero de Política Territorial e Infraestructura, por la que se encomienda a la Dirección General de Urbanismo la

redacción de los Planes Especiales de Protección del Medio Físico de las provincias andaluzas). Para tal cometido se planteó "diseñar una normativa de planeamiento de ámbito provincial que constituya el marco legal operativo a partir del cual regular los aprovechamientos sociales del territorio desde la perspectiva de la necesaria protección y conservación de sus características; y elaborar y compatibilizar las directrices de utilización y gestión de los recursos naturales de la provincia a fin de mejorar sus posibilidades de aprovechamiento a corto, medio y largo plazo" (Dirección General de Urbanismo, *Programa de Planes Especiales de Protección del Medio Físico de ámbito provincial*, 1984). Por tanto, como corroboran las distintas fuentes referenciadas en este trabajo, podría decirse que los PEPMFC fueron los precedentes de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía, y antecedentes claros de los Planes de Ordenación de Recursos Naturales (PORN), Planes Rectores de Uso y Gestión (PRUG), y Planes de Gestión (PG) de buena parte de aquéllos.

Y es que la preocupación por la planificación y gestión ambiental en España es relativamente reciente, pues, aunque existen algunos precedentes de carácter sectorial (planificación forestal, hídrica, de caza y pesca, etc.), la planificación integral no será abordada hasta finales de los años sesenta y principios de los setenta. Esta vendría de la mano del postrero espíritu aperturista del Régimen, del cual se esperaba que facilitase el acceso a las diversas organizaciones internacionales relacionadas y que asimismo supusiera una cierta homologación con sus vecinos europeos. Así, en 1971 se instituye el ICONA (Instituto para la Conservación de la Naturaleza), en 1972 se aprueba la Ley 38/1972 de 22 de diciembre de Protección del Ambiente Atmosférico, y en 1975 se aprueba la Ley 15/1975 de 2 de mayo de Espacios Naturales Protegidos, mientras que se vuelven a declarar nuevos Parques Nacionales (Doñana en 1969, Tablas de Daimiel en 1973 y Timanfaya en 1974), a lo que se añade la popularización de los principios ecologistas a través de los medios de comunicación. Es precisamente en 1975 cuando se plantea la primera planificación del medio físico natural: el *Plan Especial de Protección del Medio Físico de la Provincia de Madrid*. Luego le seguirán el de las provincias de Valencia y Vizcaya, siendo todos éstos "la referencia más directa del actual *Plan Especial de Protección del Medio Físico de la Provincia de Almería*" (FERROL VIZCAINO, 1986:90), y por ende del de todas las provincias andaluzas.

Y es que había llegado el momento de planificar la protección del medio físico, ya que el *desarrollismo* había producido una serie de impactos que requerían intervención urgente, porque buena parte de los técnicos encargados de la planificación habían adquirido una cierta conciencia ecológica, y porque la opinión pública se encontraba más dispuesta que nunca hasta entonces a interiorizar propuestas de sesgo ambientalista (RAMOS GOROSTIZA, 2006). Este eco ambientalista también llegaría hasta las instituciones preautonómicas andaluzas, de hecho, la Junta Preautonómica fue una de las primeras en reconocer la cuestión medioambiental, otorgándole el rango de Consejería. Así, durante los dos periodos preautonómicos, la Consejería de Medio Ambiente fue una consejería propia e independiente (no volvería a serlo hasta la IV Legislatura, 1994-1996). Pero en 1981 se incorpora a la Consejería de Política Territorial e Infraestructura con el rango de Dirección General, permaneciendo en ésta hasta la reestructuración de 1984, cuando pasa a la Consejería de Gobernación. Es durante estos poco más de dos años cuando la Consejería competente en materia de planificación territorial, entonces también competente en materia ambiental, adopta la propuesta de elaborar los PEPMFC provinciales de Andalucía, por lo que no sólo se encontraba legítimamente autorizada, sino que además le imprimiría su característico sello, a camino entre la planificación territorial, la urbanística y la estrictamente ambiental. De hecho, el PEPFMC será determinante para el futuro inventario de espacios naturales protegidos y su legislación ambiental de referencia. Así lo confirma el que años después sería el primer consejero de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (1994-1996), quien sostiene que "la necesidad de identificar y realizar un inventario exhaustivo de los espacios naturales, con el fin de aplicarles un régimen de protección legal, impulsaron a la Administración autonómica a elaborar los PEPMFC, que con carácter provincial fueron los aprobados en los años 1986 y 1987. Estos espacios catalogados quedan sujetos a una normativa urbanística que los regula y asegura el mantenimiento de sus usos, fijando niveles de protección según la fragilidad de cada espacio y los impactos previsibles… En base a estos

catálogos provinciales que plantean una protección acogida al planeamiento urbanístico, se declaran en los siguientes años nuevos parques y parajes naturales, y se comienza a elaborar una legislación específica de carácter ambiental para dar cobertura jurídica a los espacios naturales andaluces" (PEZZI CERETO, 1993:216). Por tanto, el PEPMFC sería determinante para la inicial consolidación de la política ambiental y la planificación física de Andalucía.

En definitiva, aprovechando la concentración de competencias, gran parte de la planificación territorial realizada en la época incluía lo mismo aspectos urbanos, como económicos y ambientales. Es lo que se vendría a denominar "un planteamiento omnicomprensivo de la ordenación del territorio, intentando combinar la planificación física con la política económica" (HILDENBRAND SCHEID, 2002:4). Y al respecto, el PEPMFC no sería una excepción, sino más bien todo lo contrario, pues se intentó canalizar a través de él una buena parte de la planificación urbana, económica y física que había fracasado por otras vías, apoyándose en el hecho de que "la naturaleza continua, sistémica e interrelacionada del medio físico, [permitía] superar la discontinuidad de las políticas urbanas locales y la fragmentación de las distintas políticas sectoriales, adoptándose una perspectiva amplia e integrada de alcance territorial… [Por tanto] Los Planes Especiales deben entenderse pues, como un desarrollo instrumental que la política urbanística hace de las directrices, objetivos y criterios de la política territorial-ambiental de la Junta de Andalucía" (MONTANER ROSELLÓ, 1988:22).

Estos PEPMFC, pioneros de la planificación ambiental andaluza, diagnosticaron el territorio provincial basándose en una doble división del mismo: áreas de diagnóstico y unidades territoriales. Así, la delimitación de las unidades territoriales se realizaría combinando "Unidades Físicas", básicamente unidades morfoestructurales, y "Unidades Naturales Homogéneas", compendio de aspectos climatológicos, edafológicos y de vegetación natural, según los autores en boga por la época (BERTRAND, 1968 y TRICART y KILLIAN, 1982), para concluir en unas "Unidades Ambientales" sistémicas, que serían agrupadas en unas pocas Áreas de Diagnóstico, más fácilmente comprensibles. En el PEPMFC de la provincia de Granada, Sierra Nevada ocuparía 1 de las 5 Áreas de Diagnóstico y 10 de las 43 Unidades Territoriales; mientras que en el PEPMFC de la provincia de Almería se circunscribiría a 1 de las 8 Áreas de Diagnóstico y 10 de las 50 Unidades Territoriales.

Por su parte, los PEPMFC planificarían el territorio con base en:

a) Una Normativa, que constituiría el contenido sustantivo de los planes.
b) Un Catálogo, elemento que resultaría anexo y complementario a los planes.
c) Un Programa de Actuación, que supondría un primer planteamiento de medidas a ejecutar a distintos plazos.
d) Unas Directrices de Gestión de Recursos Naturales-Territoriales, que deberían facilitar la gestión del medio físico.

Con el paso del tiempo, las Directrices se relegaron a un segundo plano desproveyéndolas de cualquier operatividad y carácter vinculante, sin embargo sí que resultarían muy provechosas para la elaboración de los primeros PORN y PRUG. El Programa de Actuación, así como su Estudio Económico Financiero, se convertirá en un instrumento meramente orientativo y reiteradamente incumplido (GARRIDO CLAVERO, 2017), pues en lo que concierne a Sierra Nevada no se dinamizó la redacción/revisión del planeamiento general de sus municipios integrantes y colindantes, nunca se redactaron los planes especiales que habrían de favorecer la protección de sus zonas más sensibles (por ejemplo el Plan Especial de Protección de las Zonas Esquiables de Sierra Nevada) o de amortiguación (por ejemplo el Plan Especial de Conservación y Mejora del Medio Rural en la Alpujarra Alta), y sólo se cumplió con la declaración del espacio protegido y la redacción de su PRUG, si bien éste con base en la nueva legislación aplicable. El Catálogo de los PEPMFC será su gran éxito, pues la delimitación de estos espacios se ha revelado a la postre protagonista al centrarse en ellos el celo proteccionista de la administración competente. Así, los 18 espacios catalogados que se adscriben a Sierra Nevada y su área circundante (ver TABLA 1) han tenido una alta consideración y un escrupuloso seguimiento de las

propuestas planteadas en sus respectivos planes. Por último, la Normativa, dividida en Normas Particulares (aplicables exclusivamente a los respectivos espacios catalogados) y Normas Generales (de incidencia en todo el territorio provincial), ha tenido un desigual cumplimiento; las primeras han sido debidamente consideradas, en aplicación directa por parte de la administración competente a través de la autorización de usos y actividades, o bien mediante su mimética plasmación en los respectivos planeamientos generales urbanísticos; mientras que las segundas, por lo general, han tenido inferior predicamento.

Tabla 1
Espacios catalogados del PEPMFC en torno a Sierra Nevada

Tipo de Espacio Catalogado		PEPMFC Granada	PEPMFC Almería
PROTECCIÓN ESPECIAL INTEGRAL	PARAJES EXCEPCIONALES	PE-1 Borreguiles de Sierra Nevada	
PROTECCIÓN ESPECIAL COMPATIBLE	COMPLEJOS SERRANOS DE INTERÉS AMBIENTAL	CS-5 Sierra Nevada	CS-8 Sierra Nevada
	ZONAS HÚMEDAS TRANSFORMADAS	HT-1 Lagunas del Padul	
	PARAJES SOBRESALIENTES	PS-9 El Trevenque	
	ESPACIOS FORESTALES DE INTERÉS RECREATIVO	FR-1 Pinares de la Zubia	
		FR-2 Embalse de Quéntar	
		FR-4 Barranco de San Juan	
	PAISAJES AGRÍCOLAS SINGULARES		AG-4 Vega de Fiñana
			AG-5 Vegas de Abrucena-Abla y Doña María-Ocaña
			AG-7 Vega de Bayárcal
			AG-8 Vega de Paterna
			AG-10 Vegas del Alto Andarax
			AG-11 Ecocultura de los Parrales de Ohanes;Canjáyar
			AG-12 Vegas del Bajo Nacimiento
			AG-13 Vega Media del Andarax
PROTECCIÓN CAUTELAR		Alpujarra Alta	
		Zonas Esquiables de Sierra Nevada	

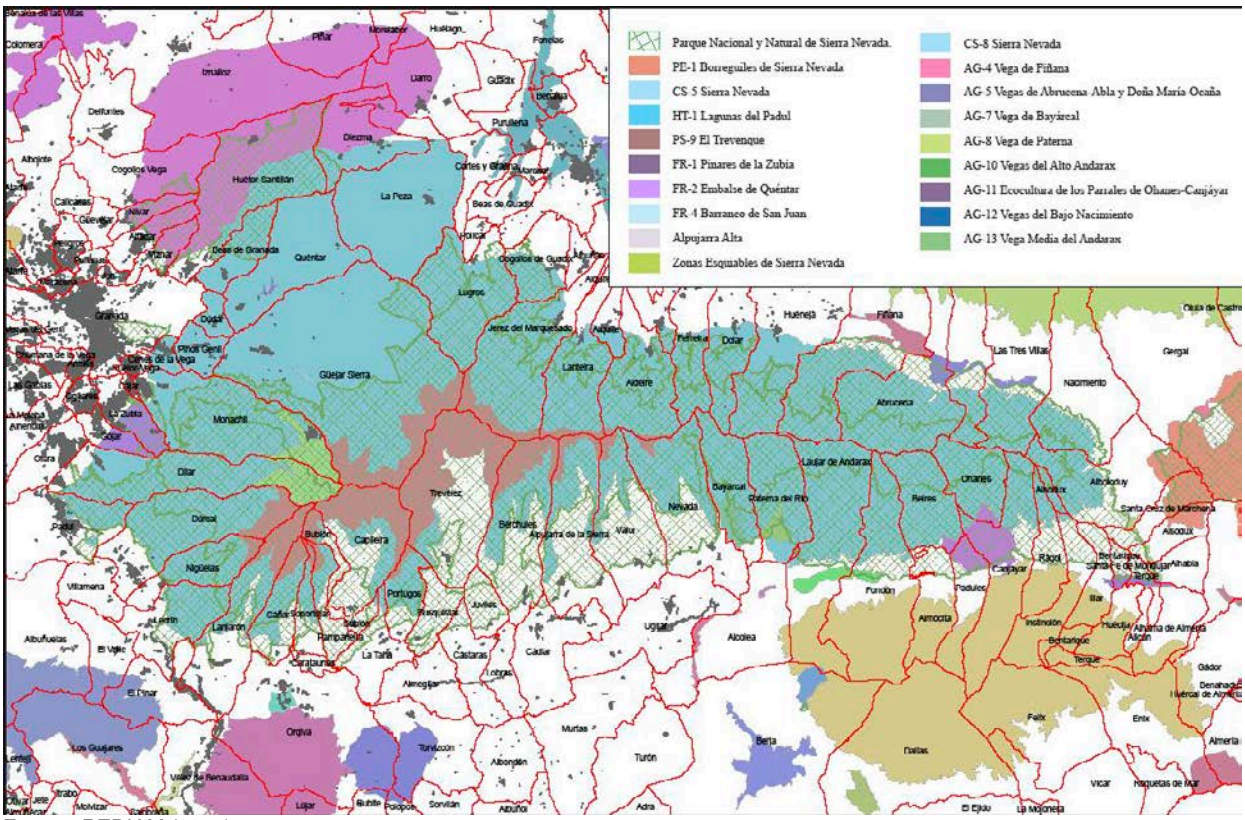
Fuente: PEMPFC de la provincia de Almería y PEPMFC de la provincia de Granada (1986 y 1987).

Que el PEPMFC se ha cumplido en el contexto del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada queda garantizado a través de su recogida en los respectivos PORN, PRUG y PG; y aunque cabría precisar que entre la aprobación de los PEPMFC de la provincia de Granada y de Almería (1987) y la declaración del Parque Nacional de Sierra Nevada (1989) transcurrieron dos años en los que sólo prevalecía el PEPMFC, su repercusión es poco reseñable, posiblemente por el escaso periodo de tiempo transcurrido (no obstante, se hará mención de algunos pronunciamientos emitidos por la administración competente en ese momento). Es por ello por lo que se ha creído oportuno valorar el grado de cumplimiento del PEPMFC en el entorno de Sierra Nevada y, sobre todo, la repercusión que ello ha tenido para el cumplimiento de los propósitos planteados en su espacio natural protegido.

2. Método y objetivos

Para evaluar la incidencia del PEPMFC en el entorno de Sierra Nevada se han seleccionado los municipios granadinos y almerienses que tienen territorio dentro de su Parque Natural o colindan con el mismo. En consecuencia, se van a analizar 57 municipios, 34 de la provincia de Granada (Aldeire, Alpujarra de la Sierra, Bérchules, Bubión, Busquístar, Cádiar, La Calahorra, Cáñar, Capileira, Cástaras, Cogollos de Guadix, Dílar, Dúrcal, Ferreira, Gójar, Güejar Sierra, Huéneja, Jerez del Marquesado, Juviles, Lanjarón, Lanteira, Lecrín, Lugros, Monachil, Nevada, Nigüelas, Padul, Pampaneira, Pórtugos, Soportújar, La Taha, Trevélez, Válor y La Zubia) y 23 de la provincia de Almería (Abla, Abrucena, Alboloduy, Alhabia, Almócita, Alsodux, Bayárcal, Beires, Bentarique, Canjáyar, Fiñana, Fondón, Illar, Instinción, Laujar de Andarax, Nacimiento, Ohanes, Padules, Paterna del Río, Rágol, Santa Cruz de Marchena, Terque y Las Tres Villas). Lo que irremisiblemente conlleva escudriñar los PEPMFC de las provincias de Granada y de Almería.

FIGURA 1
Municipios y espacios catalogados del PEPMFC en torno a Sierra Nevada



Fuente: REDIAM (2017).

Con el estudio de ambos PEPMFC se espera revelar su capacidad para ordenar la distribución de los usos y actividades en el suelo no urbanizable, particularmente en las inmediaciones del Sierra Nevada, así como su validez para favorecer la protección de los espacios y bienes propios del medio físico de ésta. Este recorrido propuesto requiere, pues, de un doble proceso analítico: de un lado, el análisis de políticas públicas, en concreto el seguimiento y evaluación de un plan territorial, y del otro, la síntesis territorial, en la medida que el estudio de un determinado medio físico siempre puede atenerse a su análisis integral, dinámico y recopilatorio. *Integral*, en cuanto que intentará afrontar todos los aspectos con incidencia en el medio físico y la variabilidad de sus sistemas en relación a los efectos del Plan. *Dinámico*, en tanto que expresará la evolución de los principales componentes del medio físico. Y *recopilatorio*, pues la conclusión de sus especificaciones facilitará su interpretación en línea con los objetivos del estudio marcados. Ambos procesos (el análisis de políticas públicas y la síntesis territorial) han sido muy utilizados y están bastante consolidados en sus respectivas especialidades, pero donde quizás este estudio

presente una cierta originalidad sea en el hecho de combinar ambos enfoques, ya que no son tantas las veces que el análisis de políticas públicas se ha ocupado de planes territoriales, y menos las que se ha acometido el estudio de planes territoriales desde el análisis de las políticas públicas.

La metodología seguida se inspira en diversos documentos y técnicas. Para el análisis de las políticas públicas, en la *Guía de seguimiento y evaluación de los planes de actuación de los servicios públicos* (Observatorio para la Mejora de los Servicios Públicos, 2008). Y para la síntesis territorial se han analizado una muestra significativa de los planeamientos generales urbanísticos vigentes, buena parte de las autorizaciones de actuaciones en suelo no urbanizable concedidas o denegadas por las respectivas Comisión Provincial de Ordenación del Territorio y Urbanismo (CPOTU), algunas de las licencias urbanísticas otorgadas por los Ayuntamientos, las principales relaciones de los PEPMFC con el resto de normativas, planes y programas planteados por la Administración, y la evolución de los usos del suelo entre 1984 y 2007 con base en el Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo de Andalucía.

Así pues, según los criterios de la citada guía, el seguimiento/evaluación de estos PEPMFC va a ser realizado:

- *In intinerem* o durante su vigencia.
- Externamente por experto independiente.
- Con carácter de balance o conclusiva.
- Y en cuanto a contenidos, se afrontan todos los previstos en la guía (diseño, gestión, resultados, impactos y calidad), lo que permite, y exige, un acercamiento interdisciplinar como el que aportan los autores de este trabajo.

Por último, hay que aportar que los objetivos planteados son, básicamente, intentar demostrar que la cobertura que el PEPMFC ha creado en torno a Sierra Nevada ha favorecido su conservación, reproduciendo una zona de amortiguamiento frente a buena parte de aquellos usos y actividades que pudieran poner en crisis su protección; y revelar cómo el PEPMFC sigue siendo una herramienta útil para este cometido, pese a las limitaciones que el trascurso del tiempo le va infligiendo.

3. Resultados

Siguiendo la metodología descrita, así como los ítems previamente marcados, y fundamentándose en los resultados obtenidos en el seguimiento y evaluación del PEPMFC de la provincia de Granada (GARRIDO CLAVERO, 2017), los cuales se hacen extensibles al PEPMFC de la provincia de Almería, se obtienen las conclusiones que se presentan a continuación.

Análisis del planeamiento general urbanístico: Las Normas Particulares del PEPMFC, es decir, las normas dedicadas a los espacios catalogados por el mismo, arrojan un resultado de mayor cumplimiento que las Normas Generales, encargadas de regular el resto del territorio provincial (74% frente al 64%). Dentro de éstas últimas, las Normas Generales de Protección ofrecen una mejor acogida que las Normas Generales de Regulación de Actividades (68% frente al 60%). Buena parte de estas Determinaciones se han recogido en el planeamiento urbanístico, en la mayoría de las ocasiones transcribiéndose o copiándose literalmente, siendo muy pocos los casos en los que se han mejorado y, en contrapartida, prácticamente ninguno en el que no hayan sido tenidas en cuenta.

Por lo que, a grandes rasgos, puede constatarse un cierto éxito en la implementación del PEPMFC en el planeamiento urbanístico municipal de ambas provincias, aunque con luces y sombras; entre estas últimas, el elevado porcentaje de municipios sin planeamiento general, lo que impide que las determinaciones del PEPMFC hayan llegado a la ordenación urbanística de todos los municipios, o bien que hayan sido muy pocos los casos en los que el inicial propósito del Plan, el de servir de lanzadera para la catalogación de futuros espacios, apenas haya surtido

efecto. Por su parte, las principales luces provienen del hecho clave que ha supuesto la consideración de estos espacios catalogados como Suelo No Urbanizable de Especial Protección por Planificación Territorial, lo que ha favorecido su 'reserva' frente a los distintos procesos especulativos. Estos suelos han resultado de singular importancia, en especial cuando se han localizado contiguos a los límites del espacio natural protegido de Sierra Nevada, pues ha evitado la concentración de determinados usos y actividades que, al amparo de la proximidad al Parque, pero sin integrarse en éste, intentaban aprovecharse de esta situación. Este hecho ha resultado paradigmático cuando entre el límite del espacio natural protegido y el núcleo urbano se extendía una importante franja de terreno.

- **Análisis de las actas de la Comisión Provincial de Ordenación del Territorio y Urbanismo:** Supuesto que hasta la entrada en vigor de la LOUA en 2001 era la CPOTU (máximo órgano público colegiado constituido en cada provincia, entre otros, por los representantes de las principales consejerías implicadas en la ordenación del territorio y el urbanismo) la encargada de autorizar las actuaciones en Suelo No Urbanizable, la aplicación del PEPMFC ha frenado considerablemente la invasión masiva de esta clase de suelo, sobre todo cuando se trataba de Suelo No Urbanizable de Especial Protección por Planificación Territorial por recaer en la delimitación de alguno de los espacios catalogados por el PEPMFC en el entorno de Sierra Nevada. Ello no sólo no ha impedido la concentración de usos en estos espacios de altas potencialidades, sino que también ha evitado la mezcolanza de una heterogeneidad de usos que, de haberse producido, habría sido fuente constante de conflictos; conflictos entre las actividades antrópicas y el medio, pero también entre las distintas actividades socioeconómicas, circunstancia que hubiera dado lugar a diversas incompatibilidades que hoy serían motivo de serios quebraderos de cabeza para la Administración.

- **Análisis de los otorgamientos de licencia urbanística:** El PEPMFC ha sido particularmente protagonista en aquellos municipios que albergan espacios catalogados, así como en aquellos otros que no cuentan con planeamiento general urbanístico o instrumento superior aprobado, ya que hasta hace bien poco éste ha sido prácticamente el único limitador de la concurrencia de usos y actividades propuestos a los ayuntamientos. Es más, durante muchos años, cuando un técnico o miembro de una Corporación Municipal ha debido pronunciarse sobre la idoneidad de la localización de tal o cual uso o actividad, ha recurrido a lo que establecía el PEPMFC, pues se carecía de cualquier otra normativa de regulación; por lo que podría decirse que éste ha servido no sólo de garante del medio físico, sino que, en cierta forma, ha garantizado la seguridad jurídica de los pronunciamientos de la Administración.

- **Análisis de las relaciones del PEPMFC con otras normativas, planes y programas:** Aunque el PEPMFC se está 'dejando morir' por parte del órgano competente de su implementación, acorralado entre las derogaciones de los planes de ordenación del territorio de jerarquía superior, la progresiva implantación del planeamiento urbanístico del que siempre fue subsidiario y las políticas sectoriales más específicas y precisas, como es el caso de los PORN y PRUG en los espacios naturales protegidos; sólo en la provincia de Granada aún sigue estando plenamente vigente en 40 de sus 172 municipios (el 15% del territorio y el 4% de la población), y todo ello después de haber dejado su huella en la mayor parte del planeamiento general urbanístico provincial y haber sido debidamente recogido, al menos en cuanto a sus principios proteccionistas, en los respectivos planes de ordenación del territorio de ámbito subregional. Así, en la actualidad el PEPMFC sigue estando totalmente vigente en la mayor parte de los municipios del entorno de Sierra Nevada (ver TABLA 2), una buena parte porque no cuentan con planeamiento general urbanístico y el PEPMFC es prácticamente su única referencia planificadora fuera de Parque; en otros casos porque pese a contar con planeamiento urbanístico, no llegan a planificar su suelo no urbanizable (a menudo se trata de Delimitaciones de Suelo Urbano) y, en consecuencia, en esta clase de suelo sigue rigiendo el PEPMFC; y otros más porque aunque el PEPMFC ya no está vigente directamente, lo está de manera subsidiaria en el propio planeamiento urbanístico general, que tuvo que recoger obligatoriamente sus determinaciones.

- **Análisis de la evolución de los usos del suelo:** Del estudio de los cambios entre 1984 (inicio de la redacción del PEPMFC), 1999 y 2007, se concluye que los espacios catalogados por el PEPMFC son predominantemente forestales y, en buena parte por este hecho, cambian porcentualmente menos que el resto. En esta baja mutabilidad tiene mucho que ver que estos espacios catalogados cuenten además con otras figuras o instrumentos de protección (RENPA, Red Ecológica Europea Natura 2000, Reserva de la Biosfera, Sitio Ramsar, protecciones de los Planes Subregionales, etc.), tal y como es el caso de Sierra Nevada, donde se acopian múltiples reconocimientos de sus valores ecológicos y ambientales. En consecuencia, podría lanzarse la hipótesis de que, cuanto más son las protecciones acumuladas sobre un mismo espacio, mayor es su preservación de usos del suelo, circunstancia que ha resultado fundamental para la supervivencia del PEPMFC, pues con frecuencia se le tacha de superado en su cometido proteccionista allá donde ya existen otras figuras o instrumentos de protección, cuando, como se ha ha tratado de poner de manifiesto aquí, ha creado y crea sinergias que favorecen esta finalidad, siendo muy posiblemente el caso de Sierra Nevada uno de los más claros exponentes de lo sostenido.

4. Discusión

Aproximadamente dos tercios del perímetro del Parque Natural de Sierra Nevada tiene continuidad con algún espacio catalogado del PEPMFC, por tanto, en estos contornos regirán las Normas Particulares de éste, mientras que el resto serán de aplicación sus Normas Generales.

Prácticamente todo el arco noroeste coincide con el espacio de Protección Especial Compatible del Complejo Serrano de Interés Ambiental de Sierra Nevada (CS-5), cuya Norma Particular es la 38. Éstos constituyen “espacios relativamente extensos y/o de caracteres diversificados, con utilización y/o vocación principalmente forestal, y en los cuales la cubierta forestal cumple y debe cumplir una función ambiental equilibradora de destacada importancia. Comportan en general importantes valores paisajísticos, y en ocasiones valores faunísticos destacados. Igualmente suelen presentar importante interés productivo”. Aquí queda expresamente prohibido, entre otras, las edificaciones industriales no asociadas a las actividades agroforestales, las viviendas aisladas de nueva planta no vinculadas a actividades agroganaderas o de guardería, las instalaciones publicitarias y la tala de árboles. Estas limitaciones han hecho que se limite considerablemente la concentración de segundas residencias junto a los límites mismos del Parque, debiéndose destacar el importante número de solicitudes de regulación de viviendas denegadas en los municipios contiguos a la aglomeración urbana de Granada por situarse más allá de dos kilómetros de un núcleo de población. También se ha evitado la expansión de algún polígono industrial desde el suelo urbano hasta el límite del Parque, con las afecciones directas que de ello pudiera derivarse. Igualmente se ha logrado controlar la proliferación de publicidad, en especial junto a las vías de comunicación, y sobre todo en la A-395, Carretera de la Sierra, un espacio tradicionalmente dado a acoger este tipo de elementos de alto impacto sobre el paisaje.

Por último, la prohibición de talar árboles ha favorecido su preservación, en particular la de aquellos ejemplares que resultaban popularmente reconocidos. También ha sido de gran ayuda para la preservación de estos espacios fronterizos las limitaciones establecidas a los campamentos, albergues e instalaciones lúdico-deportivas, que al estar obligados a localizarse en menos de un kilómetro de núcleo de población, ello ha evitado que proliferasen indiscriminadamente. Por el contrario, la permisibilidad en cuanto a la explotación de recursos mineros y la disposición de infraestructuras viarias, energéticas, hidráulicas, de abastecimiento/saneamiento o de telecomunicaciones, pese a la traba del necesario trámite de aportación de Estudio de Impacto Ambiental, podría considerarse unos de los principales problemas, o incidencias en el medio y en el paisaje, que el PEPMFC no llegó a abordar adecuadamente, tal vez por no avistarse, en los años en que se acometió su redacción (1982-1984), el futuro desarrollo y proliferación de esas actividades e infraestructuras.

TABLA 2
Vigencia del PEPMFC en los municipios del entorno de Sierra Nevada

PROVINCIA DE GRANADA		PROVINCIA DE ALMERÍA	
Municipio	**Vigencia**	**Municipio**	**Vigencia**
Aldeire	NNSS	Abla	NNSS
Alpujarra de la Sierra	Sin planeamiento	Abrucena	NNSS
Bérchules	Sin planeamiento	Alboloduy	DSU
Bubión	NNSS	Alhabia	DSU
Busquístar	Sin planeamiento	Almócita	DSU
Cádiar	NNSS	Alsodux	DSU
Calahorra (La)	NNSS	Bayárcal	DSU
Cáñar	NNSS	Beires	DSU
Capileira	NNSS	Bentarique	DSU
Cástaras	Sin planeamiento	Canjáyar	NNSS
Cogollos de Guadix	NNSS	Fiñana	NNSS
Dílar	PGOU	Fondón	NNSS
Dúrcal	PGOU	Instinción	DSU
Ferreira	NNSS	Illar	DSU
Gójar	PGOU	Laujar de Andarax	NNSS
Güejar Sierra	NNSS	Nacimiento	DSU
Huéneja	NNSS	Ohanes	DSU
Jerez del Marquesado	Sin planeamiento	Padules	DSU
Juviles	Sin planeamiento	Paterna del Río	DSU
Lanjarón	NNSS	Rágol	DSU
Lanteira	NNSS	Santa Cruz de Marchena	DSU
Lecrín	NNSS	Terque	DSU
Lugros	Sin planeamiento	Las Tres Villas	DSU
Monachil	NNSS		
Nevada	NNSS		
Nigüelas	NNSS		
Padul	NNSS		
Pampaneira	NNSS		
Pórtugos	Sin planeamiento		
Soportújar	PGOU		
Taha (La)	Sin planeamiento		
Trevélez	Sin planeamiento		
Válor	NNSS		
Zubia (La)	PGOU		

Municipio con Plan de Ordenación del Territorio de ámbito subregional que deroga al PEPMFC.

Municipio con planeamiento general urbanístico en el que se asume el PEPMFC.

Municipio que al no planificar su suelo no urbanizable mantiene vigente el PEPMFC.

Municipio que al no tener planeamiento general urbanístico tiene vigente el PEPMFC.

PGOU: Plan General de Ordenación Urbana.

NN.SS. Normas Subsidiarias.

DSU: Delimitación de Suelo Urbano.

Fuente: SITU@ Difusión (2017).

Por su parte, en el arco noreste y sureste (prácticamente toda la provincia de Almería), el ámbito del Parque supera al del Complejo Serrano de Interés Ambiental de Sierra Nevada CS-8, por lo que su regulación no ha sido de incidencia directa aquí. Lo realmente incidente en este sector es la corona de espacios de Protección Especial Compatible de Paisajes Agrícolas Singulares que, en discontinuidad, prácticamente circunda a toda Sierra Nevada. Éstos se caracterizan por presentar "una notable singularidad productiva, condicionada por determinantes geográficos y/o por el mantenimiento de usos y estructuras agrarias tradicionales de interés social y ambiental". En los mismos se prohíben, entre otras, las actuaciones minero-extractivas, las industrias agrarias, las actividades recreativas y los elementos publicitarios. Esta circunstancia ha hecho que, en contraposición con otras bordes de la Sierra, aquí escaseen los impactos debidos a canteras u otras explotaciones de recursos minerales; que los pequeños polígonos industriales de los pueblos circundantes se hayan enfocado hacia el extremo de sus núcleos más alejados del límite del Parque; y que, pese a las notorias cualidades visuales de sus terrenos, la publicidad fija dispuesta sobre los mismos haya sido muy estrictamente seleccionada. No obstante, en su contra podría apuntarse el hecho de que se considerase uso compatible los residenciales ligados a la explotación de los recursos primarios, aunque fuese con la limitación de no distanciarse más de dos kilómetros de núcleo, ya que ello ha favorecido la proliferación de algunas pequeñas pseudo-urbanizaciones nacidas fuera de ordenación, así como nuevas edificaciones más o menos diseminadas, que han deteriorado considerablemente los valores que motivaron la catalogación de estos espacios, sobre todo paisajísticos, aunque también otros aspectos ambientales, y en definitiva han desvirtuado el efecto transición entre la parte exterior al Parque y éste que tan reiteradamente se produce en muchas de las contigüidades urbanas del mismo.

FIGURA 1
Camping en el núcleo de El Purche (Monchil)

Fuente: Miguel Ángel Sánchez (2017).

Por último estaría el arco sur-suroeste, mayoritariamente dominado por los espacios de Protección Cautelar de la Vega de Granada y la Alpujarra Alta. Para estos ámbito el PEPMFC

preveía la elaboración de un Plan Especial de Protección y Mejora del Medio Rural de la Vega de Granada y de La Alta Alpujarra, los cuales deberían fijar la ordenación y regulación de los usos del suelo no urbanizable, al igual que establecer las medidas a adoptar en orden a conservar su excepcional valor productivo, paisajístico y ecocultural. Sin embargo, estos planes nunca llegarían a aprobarse: en el caso de la Vega de Granada sería sustituido por el Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada (POTAUG), el cual derogaría al PEPMFC desde 1999; mientras que en el caso de la Alta Alpujarra se mantendría en vigor, *sine díe*, la norma que sería de aplicación transitoria, la Norma 41 del PEPMFC, por la que se le asemeja a estos espacios con los de Protección Especial Compatible de Paisajes Agrícolas Singulares. Los efectos de esta norma en La Alta Alpujarra han sido la contención de las actividades minero-extractivas, de las actividades recreativas y de las imágenes y símbolos conmemorativos dispuestos sobre elementos naturales.

FIGURA 2
Desarrollos urbanísticos en las Vegas del Alto Andarax (AG-10)

Fuente: Miguel Ángel Sánchez (2010).

Menos restrictiva ha resultado esta norma en el control de las instalaciones de publicidad exterior, que ha carecido de una ordenación precisa; en evitar el incremento de usos residenciales no ligados a la explotación de los recursos primarios, particularmente viviendas dedicadas al turismo rural; y en el impacto derivado de la implantación de determinadas industrias no agrarias incompatibles en medio urbano, caso de los voluminosos secaderos de jamones. Por todo lo cual, podría decirse que en esta franja de protección del Parque, su protección se ha debido más al parón de la actividad económica que sufre toda la Alpujarra y a la incidencia de otras protecciones, como la cultural –especialmente incidente en el Barranco de Poqueira y en la Tahá de Pitres y Alpujarra Media–, que a la propia planificación del PEPMFC. Caso bien distinto es el de la Vega de Granada, en la que, como ya se ha mencionado, el PEPMFC estuvo vigente entre 1987 y 1999, año este último de puesta en vigor del POTAUG. Aquí, según se ha podido constatar en los actos administrativos de la CPOTU para la autorización de actividades, fueron

muchas las que se denegaron en cumplimiento de la Norma 41 del PEPMFC y, sobre todo, de las excepciones consideradas en su propia norma, la Norma 47. Sobresalen entre estas denegaciones la de viviendas familiares ligadas a la explotación agraria, que debían rechazarse cuando la explotación a la que se vinculaba se situase a menos de dos kilómetros de núcleo, cuando la superficie edificada superase el 0,5% de la explotación o cuando no se demostrase inequívocamente el carácter imprescindible de la vivienda para la atención de las necesidades habituales de la explotación agraria. A estas les seguirían las instalaciones no permanentes de restauración, también subordinadas al informe favorable de la CPOTU. En definitiva, por estas razones se llegaron a denegar cerca de 60 actividades en la Vega de Granada (GARRIDO CLAVERO, 2017), cifra que podría considerarse nada baladí, sobre todo si se tiene en cuenta que se está ante una de las zonas más dinámicas, si no la más, del entorno de Sierra Nevada.

FIGURA 3
Instalaciones industriales en Juviles (Espacio de Protección Cautelar de la Alta Alpujarra).

Fuente: Juan Garrido (2012).

Una excepcionalidad a lo planteado podría ser la de los espacios de Protección Especial Compatible de Espacios Forestales de Interés Recreativo, como son el FR-1 Pinares de la Zubia y el FR-4 Barranco de San Juan, primero porque se trataría de unos ámbitos bastante pequeños, sobre todo en comparación con los anteriores, y segundo por sus inherentes características, altamente valoradas ambiental y paisajísticamente por su composición biogeográfica y muy cualificadas para fines recreativos-didácticos por su proximidad a los principales centros de población. Para estos espacios es de aplicación la Norma 39, en la que se prohíbe, entre otras potenciales acciones o usos, la tala de árboles, las actividades extractivas, las instalaciones fabriles, las viviendas no ligadas a la explotación de recursos primarios, los parques de atracciones, las edificaciones con fines hoteleros de nueva planta y cualquier tipo de publicidad que no esté relacionada con los fines pedagógicos del ámbito. La mayor parte de estas limitaciones han sido respetadas, si bien las actividades extractivas preexistentes no se han logrado erradicar del todo, aunque sí se han reducido drásticamente; los usos hosteleros, a pesar

de haberse controlado, siguen proliferando en el entorno; de vez en cuando aparece alguna nueva vivienda dedicada al turismo rural; y no queda muy claro el cometido del Parque en las Canteras de la Zubia, a camino entre una zona ajardinada urbana y una área recreativa forestal. En cualquier caso es innegable que se trata de zonas muy apropiadas para hacer de entrada al Parque Natural, tal y como lo corrobora el importante número de senderistas y visitantes que periódicamente transitan por ese espacio recuperado ambiental y paisajísticamente.

FIGURA 4
Actividades lúdico-deportivas en el Parque de la Canteras de La Zubia (FR-1)

Fuente: Juan Garrido y Miguel Ángel Sánchez (2016).

5. Conclusión

Expuestos a lo largo del artículo los diversos argumentos demostrativos de la pasada influencia ejercida por el PEPMFC en la declaración y ordenación del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada, puede concluirse que el PEPMFC todavía ejerce de amortiguador de muchos de los impactos que pudieran afectar a determinadas zonas del perímetro del espacio natural protegido, franja en la que, precisamente por acoger el emplazamiento de muchos de los núcleos urbanos que lo rodean, es origen de un importante acúmulo de tensiones, así como área de concentración de actividades que, con la finalidad de obtener provecho de la proximidad y de las potencialidades del Parque, se localizan justo inmediatamente fuera del mismo para poder eludir sus más rigurosas restricciones.

Aunque el cumplimiento de las medidas del PEPMFC no siempre ha sido escrupuloso, particularmente en cuanto a la regulación de edificaciones e instalaciones y a la distribución de actividades extractivas, en general sus efectos han sido positivos en cuanto a la protección de este entorno, aportando un plus a la labor conservacionista del espacio natural protegido en particular y del macizo de Sierra Nevada en extensivo –incluyendo, pues, laderas bajas y piedemontes de la mayor parte de su perímetro–, tal y como se confirma desde la dirección de los Agentes de Medio Ambiente de la Delegación Territorial de Granada, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (entrevista realizada a M.Á. Mesa Garrido, 2016), pues la

normativa del PEPMFC ha permitido intervenir sobre aquellos usos o actividades que pudieran transmitir sus efectos perniciosos al valioso espacio protegido.

En suma, en este trabajo necesariamente selectivo y sintético de otros más amplios, hemos querido llamar la atención no sólo sobre el valor del PEPMFC como experiencia pionera en las visiones conservacionistas de la planificación territorial en España, sino también como instrumento que ha sido, y aún lo sigue siendo hoy, útil para la defensa de determinados valores del medio físico. Sin olvidar que ha constituido una herramienta de base y transición hacia posteriores políticas públicas de conservación del espacio natural protegido Sierra Nevada.

Refrencias Bibliográfias

- Bertrand, G., Paysage et géographie physique globale, Squisse méthodologique, Revue de Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest, nº39, 1968.
- Conesejería de Obras Públicas y Transportes, *Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo de Espacios y Bienes Protegidos de la provincia de Almería (Texto Refundido),* Sevilla, Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Urbanismo, 1988.
- Conesejería de Obras Públicas y Transportes, *Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo de Espacios y Bienes Protegidos de la provincia de Granada (Texto Refundido),* Sevilla, Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Urbanismo, 1988.
- Ferrol Vizacaíno, C.J., La ordenación del territorio desde una óptica ecológica: aproximación al «Plan Especial de Protección del Medio Físico de la Provincia de Almería», dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2212027.pdf, 1986.
- Garrido Clavero, J., *La incidencia de las políticas públicas en las transformaciones territoriales: El Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo de la provincia de Granada*, Tesis doctoral, 2017.
- Hildebrand Scheid, A., «La política territorial de la Junta de Andalucía (1982-2002). Análisis de su implementación, balance y propuestas para el futuro», en Jornadas de Estudio organizadas por el Parlamento de Andalucía, XX Aniversario del Estatuto de Autonomía de Andalucía, Jerez de la Frontera, 2002.
- Mesa Garrido, M.A., Entrevista personal, 20 de abril de 2017.
- Montaner Roselló, J. «La ordenación del territorio en Andalucía. Balance de una etapa y perspectivas», Estudios Regionales, nº 22, 1988, págs. 17-28.
- Pezzi Cereto, M., «Recursos naturales y medio ambiente», en MARTÍN RODRÍGUEZ, M. (dir.), Estructura económica de Andalucía, Madrid, Espasa Calpe, 1993.
- Ramos Gorostiza, J.L., «Gestión ambiental y política de conservación de la naturaleza en la España de Franco», Revista de historia industrial, nº 32, 2006, págs. 99-140.
- Tricart, J. y Killian, J., La ecogeografía y la ordenación del medio natural, Barcelona, Anagrama, 1982.

LA CARTOGRAFÍA PARTICIPATIVA DE SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS COMO HERRAMIENTA PARA LA ORDENACIÓN TERRITORIAL

PALOMO-CAMPESINO, SARA[1]; MORENO-ORTIZ, JAVIER[2]; PALOMO, IGNACIO[3]; MATARÁN RUIZ, ALBERTO[4]; GONZÁLEZ, JOSÉ A.[5]
sara.pal.cam@gmail.com, javier@pasos.coop, ignacio.palomo@bc3research.org, mataran@ugr.es, jose.gonzalez@uam.es
[1]Laboratorio de Socioecosistemas, Departamento de Ecología, Universidad Autónoma de Madrid, C/
[2]Grupo de Investigación Social y Acción Participativa, Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera km 1, 41013, Sevilla, España;
[3]Pasos, Participación y Sostenibilidad. Granada,
[4]BC3-Centro Vasco para el Cambio Climático, Campus de la Universidad del País Vasco,
[5]Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada,

RESUMEN

Las diferencias entre las zonas suministradoras de servicios de los ecosistemas (SEs) y las zonas de demanda de los mismos, son habituales en gradientes rural-urbanos. Uno de los retos actuales de la planificación territorial es el de cartografiar y evaluar este tipo de desacoplamientos como herramienta de apoyo en la toma de decisiones. Tomando como caso de estudio el gradiente rural-urbano entre Sierra Nevada, la Vega de Granada y la Ciudad de Granada, hemos diagnosticado el territorio mediante una cartografía participativa de la demanda y suministro de nueve SEs. En un taller con 23 actores locales, identificamos el flujo de SEs en el territorio y las zonas de suministro más vulnerables y/o relevantes. Los resultados mostraron que en la ciudad de Granada hay un suministro de SEs prácticamente nulo, siendo la demanda muy elevada. Por otro lado, tanto la Sierra como la Vega se identificaron como importantes zonas suministradoras de SEs, por lo que serán clave dentro de la Ordenación Territorial.

Palabras clave: Acoplamiento suministro-demanda, cartografía participativa, gradiente rural-urbano, ordenación territorial, planificación socio-ecológica, servicios de los ecosistemas.

ABSTRACT

The existence of mismatches between the areas of ecosystem services (ES) supply and the areas of demand along rural-urban gradients, had led to the current challenge of including those ES within territorial planning. We took as a case study the rural-urban gradient along Sierra Nevada-Granada Valley-City of Granada, and we diagnosed the territory through participatory mapping of the demand and supply of nine ES. In a participatory mapping workshop 23 local stakeholders identified the ES flows within the territory and the most vulnerable and/or relevant areas for ES supply. Results showed that the supplying of ES in Granada city is almost inexistent, but it is a very demanding area. On the other hand, Sierra Nevada and Granada Valley turned out to be very high supplying areas, so they will be key elements within territorial planning.

Keywords: *Ecosystem services, participatory mapping, rural-urban gradient, social-ecological planning, supply-demand coupling, territorial planning.*

1. Introducción

En las últimas décadas, el concepto de servicios de los ecosistemas (SEs) ha sido ampliamente desarrollado e incluido en los círculos académicos, políticos y de investigación (Burkhard et al., 2012; Martín-López et al., 2012; Nedkov y Burkhard, 2012; Palomo et al., 2013), lo cual se vio acentuado tras la publicación de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA, 2005) y la puesta en marcha de la Plataforma Intergubernamental sobre biodiversidad y Servicios de los

Ecosistemas (IPBES). Los SEs se definen como “los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas” (Martín-López et al., 2011), por lo que tienen una gran influencia en el bienestar humano actual y futuro (Fisher et al., 2009). Diversos estudios reconocen la importancia de incluir los SEs en la política y en la planificación para garantizar el bienestar humano (Crossman et al., 2013b; Radford y James, 2013), además de asegurar la sostenibilidad de los sistemas socio-ecológicos (entendidos como sistemas integrados de ser humano-naturaleza; Berkes y Folke, 1998). En este sentido, uno de los mayores retos en la ciencia contemporánea ha sido el de poder clasificar, cuantificar y valorar los SEs para su posterior aplicación en la toma de decisiones y el establecimiento de nuevas políticas (Wallace, 2007; Chen et al., 2009). Actualmente se consideran tres tipos de SEs: de abastecimiento, de regulación, y culturales. Los servicios de abastecimiento son los productos que se obtienen de forma directa de los ecosistemas; los de regulación son los que mantienen el funcionamiento de los ecosistemas; y los culturales son los beneficios inmateriales que obtiene la población a través de su experiencia directa con los ecosistemas (MA, 2005).

Para su cuantificación y valoración, la cartografía de SEs ha resultado ser una poderosa herramienta a la hora de integrar información compleja en el estudio y evaluación de éstos (Palomo et al., 2013). Los SEs tienen una fuerte dimensión espacial y temporal, ya que son dependientes de numerosos factores como las condiciones biofísicas del medio, los cambios climáticos, los cambios de usos del suelo inducidos por el hombre, etc. (Swetnam et al., 2011). Es por tanto en este punto donde resalta la utilidad de la cartografía de SEs, ya que integra el uso unidades espaciales para su estudio poniendo así en evidencia las áreas importantes desde el punto de vista del suministro y demanda de SEs y que por tanto deberán tener una atención especial a la hora de su gestión para asegurar el mantenimiento presente y futuro de esos servicios (Egoh et al., 2008; Crossman et al., 2013b).

Es importante integrar en los estudios tanto el suministro como la demanda, ya que las necesidades humanas y el nivel deseado de provisión de los SEs por parte de la sociedad, llevan a la dependencia directa de la ambas dimensiones (Syrbe and Walz., 2012). Esta consideración permitirá encontrar un balance apropiado entre el suministro y la demanda de SEs, de forma que se evite el aumento de la huella ecológica y su impacto sobre la biodiversidad y los SEs, manteniendo altos niveles de bienestar humano (Burkhard et al., 2012). Esta integración cobra especial relevancia cuando involucra el estudio de ciudades, ya que éstas son puntos centrales de demanda de SEs (Kroll et al., 2012), son dependientes de los ecosistemas más allá de sus límites (Landorelle y Haase, 2013), y están teniendo un rápido crecimiento, llevando así a situaciones altamente insostenibles (Bai, X 2007). Por ello es apremiante el estudio de la demanda de SEs en las regiones urbanas y su correspondiente suministro por parte de las zonas rurales para poder así identificar los desacoplamientos existentes y establecer estrategias políticas sostenibles (Wackernagel et al., 2006) a través de una planificación integral del territorio que considere el espacio como un sistema socio-ecológico interconectado.

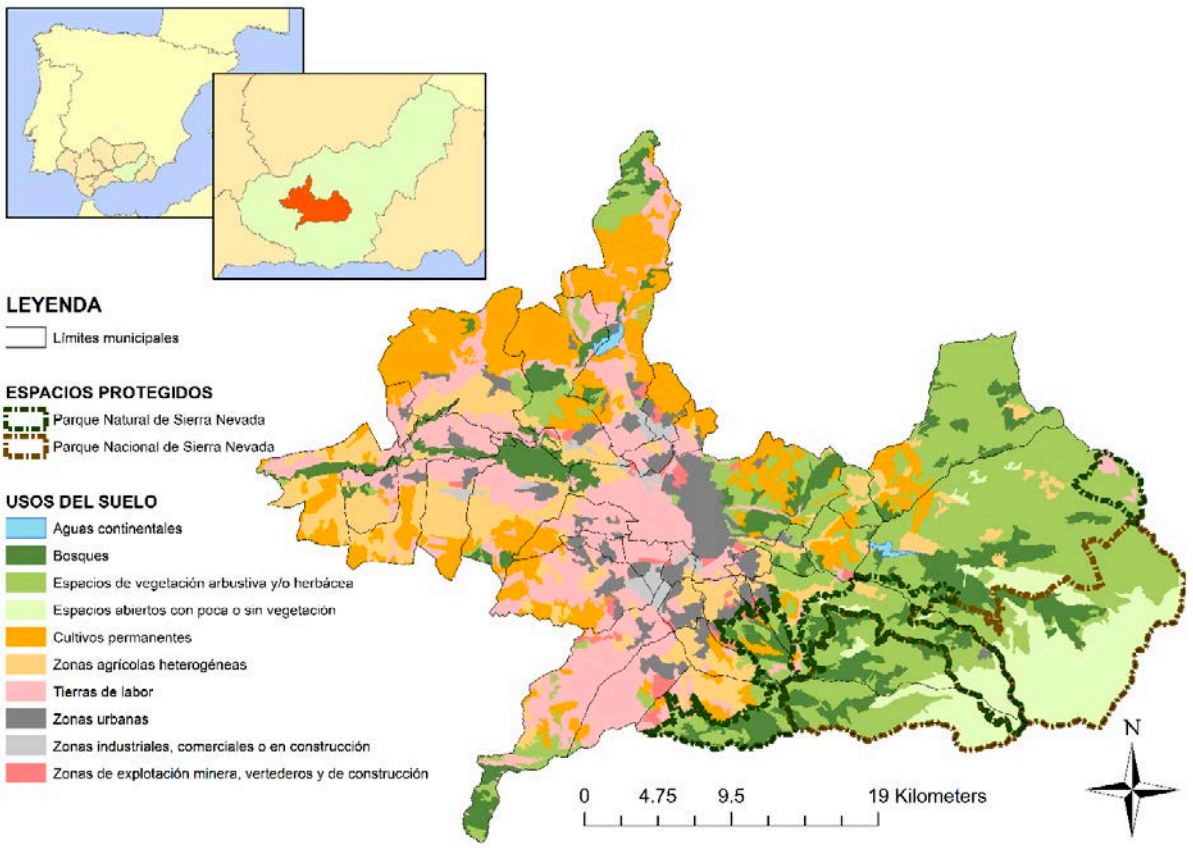
Para ayudar a sentar las bases de esta nueva planificación territorial, este trabajo tiene como objetivo general realizar un diagnóstico del suministro y la demanda de SEs a través de la cartografía participativa de los mismos, apoyada en el conocimiento de los actores locales, quienes identifican los SE como beneficios o elementos indispensables de su entorno.

2. Área de estudio

El área de estudio está formada por 32 municipios de la Cuenca del Alto Genil, en la provincia de Granada, y cubre cerca de 113130 hectáreas (Fig. 1). Esta zona representa un gradiente rural-urbano entre Sierra Nevada, la Vega de Granada y la ciudad de Granada, teniendo por tanto tres usos del suelo destacados: suelos forestales, suelos agrícolas, y superficie construida y alterada. La región correspondiente a la Sierra cuenta con dos espacios protegidos, el Parque Natural de Sierra Nevada y el Parque Nacional de Sierra Nevada, y constituye el área con mayor cantidad de endemismos vegetales y diversidad de especies (más de 2200 taxones) de la Península Ibérica (Junta de Andalucía, 2011). Por otro lado, la Vega de Granada ha sido históricamente una

de las zonas más productivas de España, pero a partir de los años 50 la agricultura perdió potencial económico, llevando a un abandono de las áreas rurales y a migraciones masivas a la ciudad que dejaron territorio libre en la Vega de Granada donde se expandió el tejido urbano (Villegas Molina y Sánchez Del Árbol, 1997).

FIGURA. 1.
MAPA DE USOS DEL SUELO DE LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: SIMA. ELABORACIÓN PROPIA CON ARCGIS.



3. Metodología

3.1. Fase 1. Identificación de actores locales clave y selección de los servicios de los ecosistemas a cartografiar

Para la identificación de actores se consultó a profesionales con amplio conocimiento del territorio, lo que permitió seleccionar una serie de actores iniciales que fue ampliada hasta un total de 21 a través del método "bola de nieve". Se buscaron participantes estrechamente relacionados con al menos una de las tres grandes zonas del área de estudio, con un conocimiento territorial que les permitiese identificar las áreas de suministro y demanda de SEs existentes en la zona, y pertenecientes a diferentes sectores. Los 21 actores locales fueron entrevistados cara a cara durante los meses de marzo y abril de 2016.

Los objetivos de las entrevistas semiestructuradas eran, por un lado, caracterizar a los actores y conocer su relación con el medio, y, por otro lado, identificar los SEs que posteriormente serían cartografiados en el taller. Para la caracterización se les preguntó sobre su relación con cada una de las tres grandes zonas del área de estudio, qué actividades realizan en ellas y qué son para ellos la Sierra, la Vega y la ciudad. Para la identificación de los SEs relevantes, se pidió a los entrevistados que señalasen, dentro de una lista de un total de 25 SEs, los que ellos considerasen más importantes para el bienestar de la sociedad y que además fuesen suministrados en el área de estudio. Del mismo modo se les pidió que de los SEs señalados,

indicasen los más vulnerables. Los resultados permitieron crear una matriz de importancia y vulnerabilidad de cada SEs, a partir de la cual se seleccionaron los nueve SEs que se analizarían en el taller: (1) agua para riego y consumo, productos agrícolas y productos ganaderos como representantes de los servicios de abastecimiento; (2) hábitat para la conservación de especies, calidad del aire y fertilidad de suelos como representantes de los servicios de regulación; y (3) valor estético, conocimientos ecológicos tradicionales y turismo rural y de naturaleza como representantes de los servicios culturales.

3.2. Fase 2. Desarrollo del taller de cartografía participativa

El taller se realizó el 20 de mayo de 2016 con 23 actores locales. Los participantes fueron divididos en cinco grupos y a cada uno de ellos se le entregaron dos mapas de tamaño A1 con la representación cartográfica de la zona de estudio, 60 fichas rojas, y 60 fichas amarillas. El ejercicio consistía en colocar en uno de los mapas las fichas rojas (el número que el grupo estimase conveniente sin sobrepasar las 60 fichas otorgadas) en aquellas zonas dentro del área de estudio que fuesen suministradoras de SEs. Este ejercicio debía ser realizado un total de nueve veces, una por cada servicio estudiado. Del mismo modo, en el otro mapa los participantes debían colocar (para cada SE) las fichas de color amarillo en las zonas que ellos considerasen como áreas de demanda de SEs. Tras la finalización de cada mapa realizado por un grupo, se tomó una fotografía de éste desde el azimut para su posterior digitalización.

3.3. Fase 3. Análisis de resultados del taller

Tras el taller se introdujeron todas las fotografías realizadas en un Sistema de Información Geográfica (ArcGis 10.3.1), y posteriormente se crearon *shapes* de los puntos de suministro y demanda establecidos por los diferentes grupos. Con el mismo programa estos puntos fueron rasterizados y con los ráster resultantes se elaboraron los mapas finales.A continuación, se analizaron los grados de suministro y demanda de SEs en función del tipo de paisaje, y del gradiente altitudinal (XLStat)

3.3.1. Relación entre el tipo de paisaje y el flujo de servicios de los ecosistemas

Sobre la capa de tipos de paisaje del SIMA se creó una capa de puntos aleatorios, con 200 puntos en cada una de las tres unidades paisajísticas. Esta capa se unió espacialmente a las seis capas de suministro y demanda de cada tipología de servicios, así como a las capas de suministro y demanda total de SEs. Al analizar los datos de esta unión espacial se utilizó el test estadístico Kruskall-Wallis con comparaciones múltiples por pares de Dunn para conocer si existían diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes unidades paisajísticas respecto a su grado de suministro y demanda de SEs. Los resultados se representaron gráficamente mediante diagramas de cajas y bigotes.

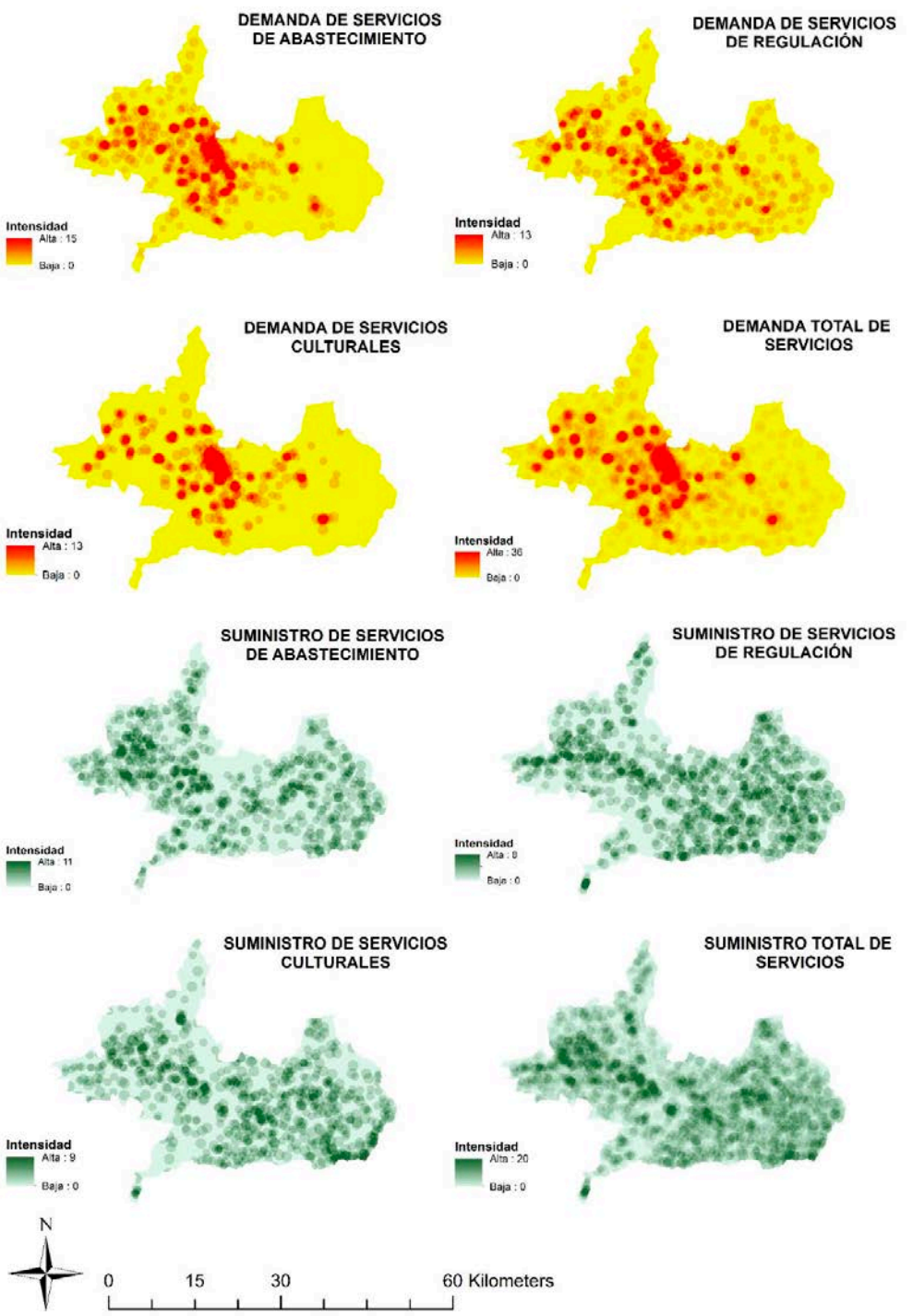
3.3.2. Relación entre el gradiente altitudinal y el flujo de servicios de los ecosistemas

Sobre la capa de interaltimetría de SIMA se situaron 100 puntos aleatorios en cada rango de altitud (rangos de 100 metros entre los 500 y 3400 metros). Se unió espacialmente esta capa de puntos con las capas de suministro y demanda de servicios para cada una de las tres tipologías; abastecimiento, servicios de regulación, servicios culturales; así como para una capa de servicios totales. Con los metadatos de estas uniones espaciales, para cada rango de altitud, se sumó la intensidad de suministro o demanda de los 100 puntos aleatorios. Se realizaron tests de correlación de Spearman para cada uno de los 8 casos (los 4 de suministro y los 4 de demanda), con el objetivo de observar si existía una relación entre la altitud y el suministro y demanda de servicios.

4. Resultados

4.1. Principales zonas de suministro y demanda de los servicios de los ecosistemas

FIGURA 2.
CARTOGRAFÍA RESULTANTE DEL TALLER PARTICIPATIVO. LOS CUATRO MAPAS SUPERIORES REFLEJAN LA INTENSIDAD EN LA DEMANDA DEL TOTAL DE LOS GRUPOS PARA LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE SES Y PARA EL TOTAL DE ÉSTOS. LOS CUATRO MAPAS INFERIORES REFLEJAN LA INTENSIDAD EN EL SUMINISTRO DEL TOTAL DE LOS GRUPOS PARA LAS DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE SES Y PARA EL TOTAL DE ÉSTOS.



El análisis de las zonas de suministro y demanda de cada tipología de servicios (Fig. 2) muestra que las zonas con una mayor demanda (tanto para cada tipología de SEs como para la demanda total de éstos) son aquéllas pertenecientes a la ciudad de Granada, así como los demás núcleos urbanos de la zona de estudio. Por el contrario, las zonas de suministro no

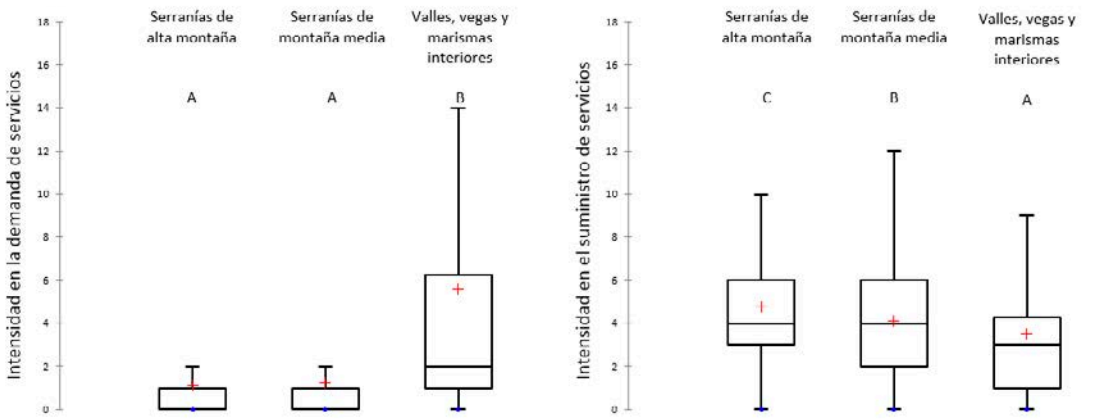
tienen un patrón tan evidente ya que se distribuyen de forma más uniforme en el territorio, aunque parece existir una mayor concentración de puntos en las zonas altas y medias de Sierra y en la zona de choperas de la Vega.

4.2. Relación entre el tipo de paisaje y el flujo de servicios de los ecosistemas

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes unidades paisajísticas respecto a la demanda del total de servicios de los ecosistemas (Kruskal-Wallis; χ^2=101.391; p-valor<0.0001). La unidad paisajística de valles, vegas y marismas interiores tiene una demanda significativamente superior a las unidades de serranías de alta y media montaña (test de Dunn<0.05), mientras que en estas dos últimas no se encontraron diferencias significativas (Fig. 3).

En el caso del suministro de SEs también se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes unidades paisajísticas (Kruskal-Wallis; χ^2=38.341; p-valor<0.0001). Al contrario que en el caso de la demanda, los valles, vegas y marismas interiores tienen los niveles de suministro más bajos ($\bar{x}$=3.500), seguidos por las serranías de montaña media ($\bar{x}$=4.095) y las serranías de alta montaña ($\bar{x}$=4.789) (Fig. 3).

FIGURA. 3.
REPRESENTACIÓN CON GRÁFICOS DE CAJAS Y BIGOTES DEL RANGO EN EL GRADO DE INTENSIDAD DE DEMANDA (IZQUIERDA) Y SUMINISTRO (DERECHA) DE SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE UNIDAD PAISAJÍSTICA. LA LETRA MAYÚSCULA SITUADA BAJO EL NOMBRE INDICA SI EXISTEN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS (LETRAS DIFERENTES) O NO (LETRAS IGUALES), CON UN NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DE 0.05.



4.3. Relación entre el gradiente altitudinal y el flujo de servicios de los ecosistemas

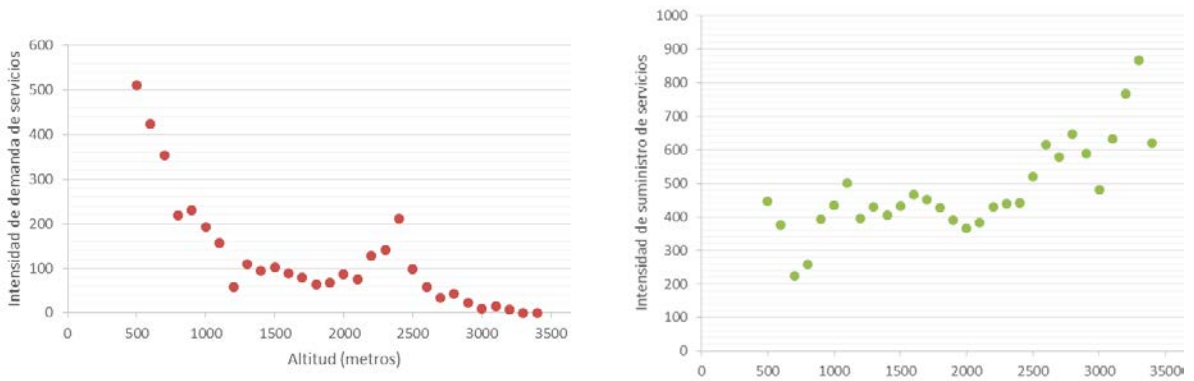
Respecto a la demanda, existe una correlación negativa estadísticamente significativa (rs=;0.841: p-valor<0.001), lo que quiere decir que a mayor altitud la intensidad en la demanda de SEs disminuye. Los mayores valores de demanda se encuentran en la zona de vega y gran parte de los núcleos urbanos (500-900 metros). A partir de esa altitud los valores comienzan a disminuir hasta llegar a la altura de la estación de esquí de Pradollano (2200-2400 metros), donde se encuentra un nuevo pico de demanda (Fig. 4). De forma contraria, en el suministro de servicios existe una correlación positiva estadísticamente significativa (rs= 0.739; p-valor<0.0001), siendo la intensidad en el suministro de servicios mayor cuanto mayor es la altitud (Fig. 4).

5. Discusión

Los mapas resultantes del taller muestran que hay un claro foco de demanda en la ciudad de Granada y otros núcleos urbanos, siendo ésta muy baja en la zona de Sierra Nevada. Este hecho se confirma a través de los análisis estadísticos realizados. Por un lado, el análisis por tipologías

de paisaje, muestra una demanda significativamente superior en los valles, vegas, y marismas interiores, unidad en la que se encuentran tanto la ciudad de Granada como gran parte de la vega, donde hay numerosos núcleos poblacionales. Por otro lado, los resultados en base al gradiente altitudinal evidencian que la ciudad de Granada es una importante zona de demanda. En este análisis también se aprecia de forma clara el pico de demanda existente en Pradollano, el cual se debe principalmente a la demanda de agua para riego y consumo, valor estético y de turismo rural y de naturaleza[120]. También es preciso mencionar que en las zonas de Vega existen valores muy elevados de demanda, lo cual se explica principalmente por su alta demanda de agua para riego y consumo, debido a que es una zona absolutamente dependiente de este servicio para el mantenimiento de sus prácticas agrícolas.

FIGURA. 4.
GRÁFICO DE DISPERSIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA INTENSIDAD DE DEMANDA (IZQUIERDA) Y EL SUMINISTRO (DERECHA) DE SERVICIOS Y LA ALTITUD DEL ÁREA DE ESTUDIO.



El análisis del suministro de servicios es más complejo ya que la distribución de estas zonas es mucho más uniforme que en el caso de la demanda, pero se pueden apreciar ciertas situaciones contrarias a lo que sucedía con la demanda de SEs. En primer lugar, el suministro es significativamente mayor en las serranías de alta montaña, lo cual se debe principalmente al gran suministro en esta zona de agua para riego y consumo, hábitat para especies, calidad del aire, turismo rural y de naturaleza, y valor estético. De forma contraria a lo que ocurría con la demanda, los niveles más bajos de suministro se dan en la unidad de valles, vegas y marismas interiores ya que, a pesar de tener un gran suministro de productos agrícolas y fertilidad del suelo en la zona de vega, el suministro es prácticamente nulo para todos los SEs en el área perteneciente a la ciudad de Granada. De estos datos se puede extraer la conclusión de que existe una importante relación entre la Sierra y la Vega de Granada, ya que el suministro de productos agrícolas, y a fertilidad de suelos de la Vega, no podrían tener lugar si no fuese por el aporte de agua de la Sierra.

A pesar de que la cartografía de servicios de los ecosistemas ha sido utilizada en numerosas ocasiones para evaluar el suministro, son pocos los estudios que han integrado la demanda de servicios para analizar el flujo (Beier et al., 2008; Burkhard et al., 2012; Nedkov y Burkhard, 2012; Syrbe y Walz, 2012), y aún menos los lo han hecho a través de métodos participativos (Palomo et al., 2013; García-Nieto et al., 2015). De todos modos, es reconocida la utilidad de esta metodología para apoyar la toma de decisiones (Brown y Fagerholm, 2015) respecto al planeamiento territorial o la implantación de políticas que mantengan la sostenibilidad de los ecosistemas y el bienestar humano. La cartografía de servicios permite visualizar el estado de los ecosistemas y sus servicios asociados, así como darles una dimensión espacial que permita vincular las áreas generadoras de servicios con las áreas en las que se encuentran los beneficiarios de éstos (Fagerholm et al., 2012; Maes et al., 2016). De este modo, se pueden identificar situaciones en las que haya un desequilibrio entre el suministro y la demanda, predecir

[120] Los resultados para cada servicio analizado no se han incluido en el documento por su extensión

cómo ciertos impulsores de cambio pueden afectar al flujo de servicios de los ecosistemas, evaluar cuáles serán las posibles consecuencias a la hora de adoptar una determinada política en el territorio, etc. (Burkhard et al., 2012; Palomo et al., 2014; Baró et al., 2016). Si además se incluye el componente participativo en la cartografía, los tomadores de decisiones contarán con información relevante, no sólo para desarrollar políticas o planes territoriales que promuevan el uso sostenible de los ecosistemas (Hauck et al., 2013), sino también para ayudarles a conocer qué es importante para la población, cómo determinadas decisiones pueden contribuir a su bienestar, y, en definitiva, qué decisiones tendrán una mayor aceptación pública (van Riper et al., 2012; Crossman et al., 2013a; Cox et al., 2014).

Otra importante contribución de la cartografía de servicios de los ecosistemas al planeamiento territorial, es que pone en evidencia los límites socio-ecológicos del territorio, al tener en cuenta dónde se suministran y dónde se demandan los servicios, pudiendo abarcar desde una escala local a global (Burkhard et al., 2014). Los modelos de planeamiento territorial tradicionales se han basado en los límites administrativos del territorio, ignorando el flujo de servicios de los ecosistemas y llevando por tanto a situaciones insostenibles. Es por ello necesario el desarrollar nuevos planes de ordenación territorial que consideren el territorio como un todo, donde se tenga en cuenta el flujo de servicios y de esta forma se facilite la priorización de determinadas acciones encaminadas a mantener la sostenibilidad de los ecosistemas y el bienestar humano, así como evitar desequilibrios en el suministro y demanda de servicios (Maes et al., 2012; van Riper et al., 2012; Hauck et al., 2013; Baró et al., 2016). A pesar de que la cartografía participativa de servicios de los ecosistemas es una herramienta útil para diagnosticar el territorio y dotar de información a los tomadores de decisiones, es necesario combinarla con otras metodologías y estudios para el desarrollo de un nuevo planeamiento territorial, de forma que se tenga toda la información posible respecto al territorio. Por tanto esta metodología no puede entenderse como un instrumento definitivo para el planeamiento territorial (Brown and Kyttä, 2014; Cox et al., 2014).

Nuestros resultados muestran la importancia de mantener el suministro de los SEs de las zonas de sierra y vega. Este hecho es aún más acuciante si consideramos las amenazas existentes en torno a estas dos áreas de suministro. Por un lado, la Vega de Granada está sufriendo un proceso de abandono de explotaciones agrícolas y de expansión del tejido urbano, poniendo en grave peligro su suministro de servicios. Por otro lado, el suministro de servicios de la vega depende directamente de la provisión de agua por parte de Sierra Nevada, cuyo suministro está amenazado por el cambio climático, entre otros impulsores, afectando de forma directa a la provisión de productos agrícolas y a servicios culturales como el valor estético y el turismo (Palomo, 2017).

6. Conclusiones

- Los resultados muestran una elevada demanda de SEs en las áreas urbanas y peri-urbanas (especialmente en la ciudad de Granada), mientras que las zonas de Sierra y Vega tienen altos niveles de suministro de SEs. Esto pone en evidencia el elevado valor socio-ecológico de ambas áreas, convirtiéndose así en elementos clave dentro de la Ordenación Territorial para asegurar el suministro de determinados SEs.
- Se observó una relación entre el flujo de SEs y el tipo de unidades paisajísticas y el gradiente altitudinal. Los resultados mostraron que las unidades paisajísticas de sierra tienen un mayor suministro y una menor demanda de SEs, mientras que en la zona perteneciente a la vega y a la ciudad de Granada, se da el caso contrario. Del mismo modo, a mayor altitud mayor es el suministro de servicios y menor su demanda.
- Sierra Nevada es un importante reservorio natural de agua, por lo que supone un elemento indispensable para mantener los SEs suministrados por la vega de Granada. Por ello, su integración en la planificación territorial es clave para mantener los SEs suministrados en el gradiente rural-urbano.

- Existe una amenaza latente a la sostenibilidad del territorio y al bienestar humano si no se desarrolla un planeamiento territorial integrado, que incluya el flujo de SEs y que respete las dinámicas del sistema socio-ecológico y los límites biofísicos de los ecosistemas.

Referencias bibliográficas

- Bai, X. (2007). Integrating global environmental concerns into urban management. The scales and readiness arguments. *Journal of Industrial Ecology*¸ 11 (2): 15-29.
- Baró, F., Palomo, I., Zulian, G., Vizcaino, P., Haase, D., y Gómez-Baggethun, E. (2016). Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region. *Land Use Policy*, 57: 405-417
- Beier, C. M., Patterson, T. M., y Chapin, F. S. (2008). Ecosystem services and emergent vulnerability in managed ecosystems: A geospatial decision-support tool. *Ecosystems*, 11 (6): 923-938
- Berkes, F. y Folke, C. (1998). Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge, UK. Cambridge University Press.
- Brown, G., y Kyttä, M. (2014). Key issues and research priorities for public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research. *Applied Geography*, 46: 122-136.
- Brown, G., y Fagerholm, N. (2015). Empirical PPGIS/PGIS mapping of ecosystem services: A review an evaluation. *Ecosystem Services*, 13: 119-133.
- Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y., y Müller, F. (2014). Ecosystem services potentials, flows and demands-Concepts for spatial localization, indication and quantification. *Landscape Online, IALE-D*
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S. y Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21: 17-29.
- Chen, N., Li, H. y Wang, L. (2009). A GIS-based approach for mapping direct use value of ecosystem services at a county scale: Management implications. *Ecological Economics*, 68: 2768-2776.
- Cox, C., Morse, W., Anderson, C., yMarzen, L. (2014). Applying Public Participation Geographic Information Systems to wildlife management. *Human Dimensions of Wildlife: An International Journal*, 19 (2): 200-214
- Crossman, N. D., Bryan, B. A., de Groot, R. S., Lin, Y., yMinang, P. A. (2013a). Land science contributions to ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5: 509-514
- Crossman, N. D., Burkhard, B., Nedkov, S., Willemen, L., Petz, …y Maes, J. (2013b). A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosystem Services*, 4: 4-14.
- Egoh, B., Reyers, B., Rouget, M., Richardson, D. M., Le Maitre, D. C. y vanJaarsveld, A. S. (2008). Mapping ecosystem services for planning and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127: 135-140.
- Fagerholm, N., Käyhkö, N., Ndumbaro, F. y Khamis, M. (2012). Community stakeholders' knowledge in landscapes assessments-Mapping indicators for landscape services. *Ecological Indicators*, 18: 421-433.
- Fisher, B., Turner, R. K. y Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68: 643-653.
- García-Nieto, A. P., Quintas-Soriano, C., García-Lorente, M., Palomo, I., Montes, C., y Martín-López, B. (2015). Collaborative mapping of ecosystem services: The role of stakeholders profiles. *Ecosystem Services*
- Hauck, J., Görg, C., Varjopuro, R., Ratamäki, O., Maes, J., Wittmer, H., yJax, K. (2013). "Maps have an air of authority": Potential benefits and challenges of ecosystem service maps at different levels of decision making. *Ecosystem Services*, 4: 25-32
- Junta de Andalucía (2011). Decreto 238/2011, de 12 de julio, por el que se establece la ordenación y gestión de Sierra Nevada.
- Kroll, F., Müller, F., Haase, D. y Fohrer, N. (2012). Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy*, 29: 521-535.
- Landorelle, N. y Haase, D. (2013). Urban ecosystem services assessment along rural-urban gradient: A cross-analysis of European cities. *Ecological Indicators*, 29: 179-190.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press/World Resources Institute, Washington, DC.
- Maes, J., Egoh, B., Willemen, L., Liquete, C., Vihervaara, P., …,yBidoglio, G. (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decisión making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1: 31-39
- Martín-López, B., García-Llorente, M., Palomo, I. y Montes, C. (2011). The conservation against development paradigm in protected areas: Valuation of ecosystem services in the Doñana social-ecological system (southwestern Spain). *EcologicalEconomics*, 70: 1481-1491.
- Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Palomo, I., Casado-Arzuaga, I., …y Montes, C. (2012). Uncovering ecosystem service bundles though social preferences. *PlosOne*, 7 (6): e38970.
- Nedkov, S. y Burkhard, B. (2012). Flood regulating ecosystem services-Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria. *Ecological Indicators*, 21: 67-79.
- Palomo, I., (2017). Climate change impacts on ecosystem services in high mountain areas: A literature review. *Mountain Research and Development*, 37 (2): 179-187
- Palomo, I., Martín-López, M., Potschin, M., Haines-Young, R. y Montes, C. (2013). National Parks, buffer zones and surrounding lands: Mapping ecosystem service flows. *EcosystemServices*¸ 4: 104-116
- Palomo, I., Martín-López, B., Zorrillas-Moras, P., García del Amo, D., y Montes, C. (2014). Deliberative mapping of ecosystem services within and around Doñana National Park (SW Spain) in relation to land use. *Regional Environmental Change*, 14: 237-251

- Radford, K.G. y James, P. (2013). Changes in the value of ecosystem services along rural-urban gradient: A case study of Greater Manchester, UK. *Landscapes and Urban Planning*, 109: 117,127.
- Swetnam, R. D., Fisher, B., Mbilinyi, B.P., Munishi, P. K. T., Willcock, S., … y Lewis, S. L. (2011). Mapping socio-economic scenarios of land cover change: A GIS method to enable ecosystem service modelling. *Journal of Environmental Management*, 92: 563-574.
- Syrbe, R. y Walz, U. (2012).Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting arear and landscape metrics. *Ecological Indicators*, 21: 80-88.
- van Riper, C. J., Kyle, G. T., Sutton, S. G., Barnes, M., ySherrouse, B. C. (2012). Mapping outdoor recreationists' perceived social values for ecosystem services at Hinchinbrook Island National Park, Australia. *AppliedGeography*, 35: 164-173
- Villegas Molina, F. y Sánchez del Árbol, M. A. (1997). El espacio metropolitano de Granada: De lo rural a lo urbano. *Espacios Rurais e Sociedades Campesiñas*, 9: 17-36.
- Wackernagel, M., Kitzes, J., Moran, D., Goldfinger, S. y Thomas, M. (2006). The ecological footprint of cities and regions: Comparing resource availability with resource demand. *Environment and Urbanization*, 18 (1): 103-112.
- Wallace, K. J. (2007). Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation*, 139: 235-246.

EL PLAN DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO DE LA AGLOMERACIÓN URBANA DE GRANADA Y SU INFLUENCIA EN SIERRA NEVADA

JUAN GARRIDO CLAVERO; MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DEL ÁRBOL; RAFAEL HERNÁNDEZ DEL ÁGUILA
clavero@correo.ugr.es, msdarbol@ugr.es, hdaguila@ugr.es
Consultor ambiental; profesor del Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad de Granada; profesor del Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad de Granada

RESUMEN

Transcurridos 18 años de la aprobación del Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada (POTAUG), se valora hoy la vigencia de sus propuestas en el contexto de Sierra Nevada. Para ello se ha de distinguir entre el espacio montañoso coincidente con el Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada, donde la planificación ambiental ha superado a la territorial, y el hinterland entre sendos parques y el suelo urbano consolidado de la Aglomeración Urbana de Granada, donde las restricciones de usos y transformaciones previstas han favorecido la preservación de estos espacios, mientras que el sistema de espacios libres planteado sobre ellos permite un tránsito moderado entre el territorio más estrictamente urbano y el más natural.

Palabras clave: Planificación, subregional, gestión, seguimiento, evaluación.

ABSTRACT

Passed 18 years of the approval of the Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada (POTAUG), there is valued today the force of his offers for the context of Sierra Nevada. For it has to differ between the sector of coincidental with the National and Natural Park of Sierra Nevada, where the environmental planning has overcome the territorial one, and the hinterland between parks and the city of the Urban Agglomeration of Granada, where the restrictions of uses and foreseen transformations have favoured the preservation of these spaces, whereas the free spaces system raised on them allows a moderate transition between the territory more urban and the most natural.

Keywords: *Planning, subregional, management, monitoring and evaluation systems.*

1. Introducción

La Ley 1/1994, de 11 de enero, de Ordenación del Territorio de Andalucía, determina que la planificación territorial se realizará a través de los siguientes instrumentos: el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía (POTA) y los Planes de Ordenación del Territorio de ámbito subregional. El primer plan subregional que se formuló (ACUERDO de 24 de mayo de 1994, del Consejo de Gobierno, por el que se formula el Plan de Ordenación del Territorio de la aglomeración urbana de Granada) y que se aprobó (DECRETO 244/1999, de 27 de diciembre, por el que se aprueba el Plan de Ordenación del Territorio de la aglomeración urbana de Granada) en toda Andalucía fue el *Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada* (en adelante POTAUG), aprobándose incluso antes que el *Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía* (DECRETO 206/2006, de 28 de noviembre). Esta premura se debió, fundamentalmente, al colapso en el que se encontraba esta área metropolitana, pero también, en parte, a la imperiosa necesidad que había de proteger a sus espacios ambientalmente más señeros, como la Vega de Granada o los próximos parques naturales, entre ellos el de Sierra Nevada, acosados por una incesante presión urbanística. Es de esta manera como el POTAUG se convierte en máximo referente de la posterior planificación subregional a desarrollar en la Comunidad Autónoma.

Su prematuridad le llevará a no acompañarse del por entonces vigente trámite de evaluación de impacto ambiental (Ley 7/1997, de Protección Ambiental de Andalucía), procedimiento que hubiera aportado una interpretación actualizada del medio físico del ámbito, años después de aquella primera aproximación que el Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo de la provincia de Granada (PEPMFC) hizo para el espacio de Protección Cautelar de la Vega de Granada (GARRIDO CLAVERO, 2017). Para compensar esta deficiencia, el Plan desarrolla un exhaustivo estudio del medio físico de la Aglomeración Urbana de Granada (en adelante AUG), pues sobre él se sustentarán buena parte de sus propuestas y se fundamentará todo el elenco de intervenciones objeto de mejora y regeneración ambiental y paisajística.

Para llegar a esta prognosis, el Plan divide el ámbito en una serie de unidades de base ambiental, estudia en profundidad sus usos, distinguiendo entre primarios y urbanos, y tiene en consideración todo el planeamiento vigente por entonces. Cruzando toda esta información se revelan las principales problemáticas y carencias que tienen lugar en el ámbito, y a cada una se les plantean distintas alternativas de solución, estructuradas en bases, objetivos y estrategias. Éstas se implementan mediante propuestas específicas, cuando es necesario intervenir (recogidas en la Memoria de Ordenación y en la Memoria Económica), y mediante propuestas indirectas, cuando es preciso influir en la gestión del espacio (recogidas en la regulación de usos y actividades que lleva a cabo en la Normativa). De todo ello resulta un Modelo Territorial que es hacia el que se debe dirigir el futuro de la AUG y que, en lo concerniente a Sierra Nevada, se puede sintetizar en el reconocimiento del Parque, la integración de las áreas más adyacentes al suelo urbano al Sistema de Espacios Libres de la Aglomeración y la propuesta de una batería de intervenciones para la mejora ambiental y paisajística del cinturón forestal que rodea a este suelo urbano.

Ahora bien, se puede adelantar que el modelo territorial planteado para Sierra Nevada en el POTAUG se ha cumplido en distinto grado. De entrada, el reconocimiento de las determinaciones del PORN y PRUG del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada se ha considerado plenamente por imposición reglamentaria de éstos. El desarrollo del Sistema de Espacios Libres puede cuestionarse más, pues no cabe hablar de que se haya llegado a constituir un sistema o red como tal. Y las intervenciones propuestas han tenido diferente grado de ejecución, a veces incluso con modificaciones no previstas. En consecuencia, es preciso analizar qué se ha cumplido del Plan y, sobre todo, cómo se ha cumplido, y en su defecto, por qué no se ha cumplido.

2. Método y objetivos

Para evaluar la incidencia del POTAUG en Sierra Nevada se han chequeado las propuestas que planteaba para este ámbito, determinando su grado de cumplimiento y, en su caso, las implicaciones que han supuesto su implementación.

Ello ha obligado a:

1. Considerar el ámbito de estudio como un espacio ecléctico que incluye no sólo todo el Parque Natural y Nacional que se inserta en el ámbito de incidencia del POTAUG, sino también esa franja de terreno que queda entre éstos y la orla urbana edificada, por cuanto que es en esta banda donde tienen lugar las principales problemáticas derivadas de la presión urbanística, y ahí el POTAUG resulta máximo referente planificador, a diferencia de como sucede en el espacio natural protegido, donde su propia planificación hace al POTAUG subsidiario de sus determinaciones y, en el mejor de los casos, complementario.

2. Desarrollar un doble proceso analítico: de un lado, el análisis de políticas públicas, en concreto el seguimiento y evaluación de un plan territorial; y del otro, la síntesis territorial, en la medida que el estudio de un determinado medio puede atenerse a su análisis integral, dinámico y recopilatorio: integral, en cuanto que intentará afrontar todos los aspectos con incidencia en el

medio y la variabilidad de sus sistemas en relación a los efectos del Plan; dinámico, en tanto que expresará la evolución de los principales componentes del medio desde la aprobación del Plan (1999) hasta la actualidad (2017); y recopilatorio, pues la conclusión de sus especificaciones facilitará su interpretación en línea con los objetivos del estudio marcados. Ambos procesos (el análisis de políticas públicas y la síntesis territorial) están muy consolidados en sus especificidades epistemológicas y metodológicas; sin embargo, este estudio aporta la originalidad de combinar ambos enfoques, llevando el análisis de políticas públicas a la síntesis de planes territoriales.

La metodología seguida se inspira en diversos documentos y técnicas: para el análisis de las políticas públicas, en la *Guía de seguimiento y evaluación de los planes de actuación de los servicios públicos* (Observatorio para la Mejora de los Servicios Públicos, 2008); y para la síntesis territorial en los resultados del informe de *Valoración del grado de cumplimiento del POTAUG*, encargado por la Secretaría General de Ordenación del Territorio y Sostenibilidad Urbana de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía a los autores de este artículo, y en la evolución de los usos del suelo entre 1999 y 2007, con base en el *Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo de Andalucía.*

Así pues, según los criterios de la citada guía, el seguimiento/evaluación de este plan de ámbito subregional va a ser realizado: *In intinerem* o durante su vigencia, externamente por experto independiente, con carácter de balance o conclusiva y, en cuanto a contenidos, se afrontan todos los previstos en la guía (diseño, gestión, resultados, impactos y calidad), lo que permite, y exige, un acercamiento interdisciplinar como el que aportan los autores.

Por último, hay que aportar que los objetivos planteados son, básicamente, intentar poner de manifiesto que las propuestas del POTAUG para Sierra Nevada han de ser revisadas y replanteadas a fin de actualizarse a las determinaciones de los vigentes PORN y PRUG del Parque, de encontrar su debida articulación con la evolución del resto de la Aglomeración Urbana de Granada, y para adaptarse plenamente a las presentes demandas sociales.

3. Resultados

El Plan se plantea una triple batería de objetivos: objetivos generales a conseguir con su implementación (retos iniciales), objetivos teórico-aplicables (escenario deseado estructurado en bases –proposiciones que definen la situación futura pretendida, incluso aunque no puedan ser plenamente alcanzadas por el Plan–, objetivos –finalidades concretas que se deberán alcanzar con el Plan para acercar la situación diagnosticada al escenario deseado– y estrategias –determinaciones con cuya ejecución se deberán lograr los objetivos–) y objetivos práctico-aplicables (para asegurar la consecución de los anteriores objetivos). De estos objetivos tienen especial incidencia, en cuanto al medio físico y al contexto de Sierra Nevada, los siguientes:

- **Objetivos generales:**

  - Preservar los espacios con valores medioambientales, paisajísticos, productivos, históricos o culturales de la aglomeración y garantizar el aprovechamiento de las potencialidades existentes: Es uno de los objetivos que aglutina mayores esfuerzos, dedicándose importantes partes del Plan tanto al patrimonio ambiental como cultural, con sendos anexos de determinaciones pormenorizadas. Aquí, se reconoce que Sierra Nevada juega un papel crucial para la AUG, siendo, junto a la Vega, uno de los ámbitos con mayor número de espacios expresamente protegidos.

  - Potenciar el uso y disfrute colectivo de la aglomeración, dotándola de un sistema verde, integrado en el esquema de articulación territorial, y ligado a los espacios de valor natural y ambiental existentes: También le dedica una buena parte, pero sólo aborda los espacios libres en suelo no urbanizable y urbanizable, no entrando en la articulación con los espacios libres en suelo urbano. No obstante, supuesto que la mayor parte de Sierra Nevada es no

urbanizable y aporta la mayor extensión de espacios de valor natural y ambiental, este objetivo tendrá gran desarrollo.

- **Objetivos teórico-aplicables:**

  - Base 1. Racionalizar el consumo de los recursos ambientales:

    - Objetivo 1.1. Proteger los espacios con valores naturales y ambientales: El estudio del medio físico arroja cuales son las principales áreas con valores naturales y/o ambientales, así como su valoración relativa a efectos de su inalterabilidad, lo que conlleva mantener dichos valores, compatibilizando su conservación con las demandas que la población les pide. En el caso de Sierra Nevada sobresalen aquellos espacios que ya son reconocidos como espacios naturales protegidos, pero también se le confieren ciertas protecciones a aquellos otros ámbitos que fuera de éstos presentan igualmente ciertos valores naturales y ambientales.

    - Objetivo 1.2. Restaurar los espacios degradados ambientalmente: La acción del hombre sobre el medio físico (vertederos, canteras, roturaciones inadecuadas, sobrepastoreo, etc.), ha degradado espacios que requieren de restauración a fin de evitar consecuencias medioambientales más graves. Así, aunque para Sierra Nevada se plantearon algunas propuestas de intervención, todas ellas deberían compatibilizarse con las previsiones de los respectivos PORN y PRUG del Parque.

    - Objetivo 1.3. Proteger el paisaje de la AUG: Además de ser uno de sus más significativos valores, es un recurso en sí mismo, de ahí que además de protegerse deba plantearse su ordenación integral de cara a su oportuno aprovechamiento. El planteamiento de este objetivo tenía a Sierra Nevada como uno de sus máximos referentes, toda vez que cualquier intervención sobre sus laderas afectaría al fondo escénico del conjunto del ámbito.

    - Objetivo 1.4. Restaurar los espacios dañados paisajísticamente: La acción metropolitana ha alterado, y en algunos casos degradado, el paisaje de la AUG, siendo necesario revertir los daños causados. En Sierra Nevada este objetivo se focalizaría en el tratamiento de las canteras de su piedemonte, notablemente incidentes, caso de las que se encuentran en el cono de la Zubia, término de Cájar, o de las localizadas junto a El Purche, término de Pinos Genil, cuando caduquen las respectivas concesiones.

    - Objetivo 1.6. Restaurar el drenaje superficial de la AUG: La masiva ocupación del suelo por edificaciones e infraestructuras ha dado lugar a la reducción de la capacidad de evacuación del territorio, pudiendo producirse riesgos catastróficos, de ahí que reconstruir el drenaje natural sea una necesidad. Si bien este problema se consideró más propio de los entornos urbanos, algunas de las propuestas harían extensible la intervención aguas arriba, hasta penetrar en Sierra Nevada, de donde parten la mayoría de los cauces que riegan el ámbito.

- **Objetivos práctico-aplicables:**

  - Construcción del Sistema de Espacios Libres:

    - Consolidar el Sistema de Espacios Libres como referente básico para la ordenación y organización de la AUG: Algunos de los espacios libres del sistema han sido debidamente recogidos en la planificación urbanística; otros no, bien porque no han actualizado el planeamiento desde la entrada en vigor del POTAUG, bien porque lo hicieron al poco tiempo de su entrada en vigor y aún no estaba suficientemente asumido. En el caso de Sierra Nevada, el planeamiento urbanístico que ocupa terrenos del Parque sí que recoge el Sistema de Espacios Libres del POTAUG, en primer lugar por el

especial celo puesto por la administración competente en informarlo, y en segundo lugar por la supervisión del cumplimiento de las determinaciones del PORN, el cual los recoge, por parte del organismo competente en su gestión. Algo diferente resulta el tratamiento del Sistema de Espacios Libres del POTAUG en la Sierra Nevada fuera de Parque, pues aquí su reconocimiento ha sido más laxo y, a veces, no coincide exactamente con la delimitación que el POTAUG establecía.

- Complementar el Sistema de Espacios Libres de la AUG con los distintos sistemas municipales de espacios libres: De forma general, no se han articulado los espacios libres de la aglomeración o metropolitanos con los municipales o locales, si bien, de modo a menudo no intencionado en la planificación urbanística, han generado sinergias y continuidades físicas. En Sierra Nevada esto se hace manifiesto en puntos muy concretos, normalmente relacionados con cauces, barrancos o vaguadas, a través de los cuales se interconectan espacios libres locales con los planteados para la AUG. Un buen ejemplo de ello serían las conexiones del Pueblo de Monachil con Los Cahorros o los barrancos de La Zubia y Cájar hacia el Parque de las Canteras.

- Facilitar el acceso desde los núcleos del sistema de asentamientos al Sistema de Espacios Libres: En todos los planeamientos urbanísticos municipales que han sido informados por el órgano competente, se han aplicado las determinaciones del POTAUG y las establecidas en el art. 9 de la LOUA, por lo que se ha instado a favorecer el acceso público desde los asentamientos a los espacios libres adyacentes. En relación a Sierra Nevada estos accesos están plenamente consolidados, aunque habría que matizar que no estrictamente por cumplimiento de las determinaciones del POTAUG, sino porque desde otras instituciones (Vías Pecuarias, PRUG de Sierra Nevada, iniciativas municipales, etc.) se han incitado de *motu proprio*, lo que no impide la posibilidad de haber girado consulta a la propuesta del POTAUG en esta materia.

- Evitar la ocupación de los suelos integrados en el Sistema de Espacios Libres con usos, instalaciones o construcciones inadecuadas: Los distintos Proyectos de actuación en SNU coincidentes con espacios libres del POTAUG son supervisados por el Servicio de Urbanismo, de forma que no se les da el visto bueno cuando contradicen la normativa del POTAUG. Esta supervisión es mucho más exhaustiva en el ámbito del Parque, donde el organismo competente y su servicio de agentes se encargan del escrupuloso cumplimiento de las determinaciones de su PORN y PRUG. Algo parecido sucede en la parte de Sierra Nevada fuera de Parque, pues al ser mayoritariamente forestal ha sido reconocida como suelo no urbanizable especialmente protegido en sus planeamientos generales, restringiéndose al máximo los usos y actividades incompatibles.

- Salvaguardar los valores ecológicos y paisajísticos existentes en el sistema: Es el Servicio de Protección Ambiental quien informa sobre la salvaguarda de estos valores en los planes, programas y proyectos que se aprueban. No obstante, cabría precisar que la cuestión paisajística se encuentra en un cierto limbo jurídico, por cuanto que no cuenta con determinaciones con rango de norma, lo que hace que, paradójicamente, sea la Consejería de Cultura quien más esté incidiendo sobre ello. En el caso de Sierra Nevada esto se hace extensible y manifiesto, particularmente cuando se disponen grandes edificaciones e infraestructuras sobre el territorio. En estos casos, los estudios de impacto ambiental suelen hacer mayor hincapié en las condiciones ambientales que en las paisajísticas, si bien, afortunadamente, cada vez más se hacen notar las voces críticas que denuncian la importancia de evitar o reducir al mínimo el impacto paisajístico de estas construcciones (un buen ejemplo serían las labores de integración paisajística de la Carretera de la Sierra o de la balsa de Pradollano).

- Fomentar la forestación de los suelos pertenecientes al sistema, cuyas características así lo recomienden: Se ha forestado en la zona 1, "suelos afectados al Sistema de Espacios Libres e incluidos en espacios naturales protegidos", en las zonas afectadas

por incendios y en algunas áreas de la zona 5, "suelos afectados al Sistema de Espacios Libres lineales" cuando coinciden con vías pecuarias, cauces y canteras, siendo menos frecuente en el resto. En este sentido, Sierra Nevada ha sido una de las zonas más intervenidas, recabando buena parte de los esfuerzos realizados en tal sentido en todo el espacio de la AUG.

- Aumentar el suelo de dominio público en los espacios integrados en el sistema: Se ha incrementado el suelo de dominio público al incorporar nuevas e importantes infraestructuras a la red viaria de la AUG. Y se ha garantizado este suelo a través de la práctica de deslindes en espacios naturales protegidos, montes públicos, vías pecuarias y cauces. No obstante, aún quedan espacios que potencialmente (por su ubicación y características) pueden adquirir condición de dominio público y otros pendientes de deslindar, proceso que se encuentra activo. En el caso de Sierra Nevada, la política de concertación de montes ha favorecido, si bien no la adquisición de suelo público, la coordinación con los propósitos de gestión públicos, lo que, en definitivas cuentas, viene a suponer la práctica consecución del objetivo.

- Evitar la privatización de suelos pertenecientes al sistema afectos al dominio público de carácter patrimonial de las Administraciones y Entidades Públicas y fomentar la recuperación de los suelos de dominio público ocupados por particulares: Las competencias de inspección desplegadas por ayuntamientos y organismos autonómicos ha coadyuvado a la preservación de los dominios públicos. Sólo en algunos casos, cuando no se ha practicado los correspondientes deslindes, han surgido algunas dudas, más por el hecho de determinar con procesión por dónde discurren los límites de los espacios afectos al dominio público, que por motivo del reconocimiento de su existencia. En Sierra Nevada este conflicto se ha materializado en menor medida que en otras partes de la AUG, no obstante, algún litigio en cuanto a deslinde de vías pecuarias o montes públicos ha existido, sobre todo cuando éste ha supuesto la privación de acceso a determinados parajes.

- Mejorar o construir los canales de interconexión entre los distintos espacios integrados en el sistema: No todos los espacios integrados en el Sistema de Espacios Libres tienen una buena interconexión entre sí, pero la implementación de algunos espacios libres lineales a partir de la red de vías pecuarias, de la red de carriles-bici del Plan Andaluz de la Bicicleta y de las habilitaciones de márgenes de algunos cursos fluviales a partir de su canalización y regeneración, se ha potenciado esta interconexión. En Sierra Nevada este cometido ha corrido a cargo fundamentalmente de las carreteras, pistas forestales, vías pecuarias y rutas senderistas desplegadas sobre la misma, la mayoría en adecuadas condiciones funcionales; por lo que la falta de conexión entre los distintos espacios de su Sistema de Espacios Libres es más debida a la natural distancia y dificultad física de un espacio tan extenso que a la propia red de infraestructuras que le da acceso.

- Construir las infraestructuras necesarias para facilitar el uso público del Sistema de Espacios Libres: Las infraestructuras de comunicación desplegadas sobre la AUG han favorecido el acceso a numerosos espacios libres, igualmente la instalación de infraestructuras y equipamientos en éstos han favorecido su disfrute. Pero quedan muchos espacios libres por cualificar en el ámbito del POTAUG, y Sierra Nevada no es una excepción, aunque en ésta es imprescindible compaginar adecuadamente el uso público con la preservación de las condiciones naturales y paisajísticas del entorno, lo que hace más complejas este tipo de intervenciones.

- Poner en valor socialmente el Sistema de Espacios Libres: La Administración autonómica y estatal ha potenciado los espacios donde es directamente competente (RENPA, vías pecuarias, cauces, etc.), en tanto que la Local ha reforzado aquellos espacios libres que quedan fuera de estos ámbitos, en especial cuando se localizan en áreas de interés para su población. En el caso de Sierra Nevada, la Estrategia de Acción

para la gestión del uso público en la RENPA y el Plan Sectorial de Uso Público del Parque marcan el camino a seguir para el cumplimiento de este objetivo dentro del mismo, por lo que estas acciones están bien definidas y algunas pendientes de su implementación. Sin embargo, fuera de Parque las iniciativas van surgiendo y consolidándose al ritmo de las sensibilidades de las respectivas Corporaciones Municipales, con algunas notables descoordinaciones que dificultan la consecución del proyecto y les resta capacidad sinérgica.

IMAGEN 1
Adecuación de las vías pecuarias que discurren por Sierra Nevada con fines agro-ganaderos y de uso público

Fuente: Juan Garrido (2015).

- Mejora y regeneración ambiental y paisajística:

  - Regeneración de espacios degradados ambientalmente, para que recuperen unas características adecuadas y por tanto útiles para la mejora del entorno, y para evitar que continúe su degradación: Aquellos espacios que suponían un mayor peligro ambiental o un mayor impacto paisajístico, esencialmente por su inmediatez al sistema de asentamientos, han sido intervenidos; no así el resto. Sierra Nevada es un buen ejemplo de ello, pues aquí se han intervenido aquellos cauces que suponían un peligro para las poblaciones que se emplazan aguas abajo; también se han intervenido las zonas incendiadas, así como algunas canteras procediéndose a su sellando.

  - Regeneración de paisajes degradados o deteriorados: En general no se han llevado a cabo actuaciones de regeneración paisajística, excepto de forma puntual en los espacios declarados Patrimonio Mundial de la Humanidad de la UNESCO (Barrio del Albaicín y Sector Alhambra), aunque en ocasiones éstas se han favorecido indirectamente a través de las actuaciones de regeneración ambiental. En Sierra Nevada se han realizado algunas intervenciones en las canteras clausuradas y se han aplicado medidas provisionales en aquellas otras que siguen abiertas. Igualmente se ha procurado que las intervenciones sobre las infraestructuras existentes cumplieran un mínimo de integración paisajística, adoptando tipologías y materiales constructivos lo menos impactantes posible.

  - Regeneración de paisajes degradados por las propias implantaciones urbanísticas en lugares de alto consumo visual y con diseños o volúmenes extraños a la arquitectura y formas de asentamiento tradicionales: Únicamente en algunas intervenciones netamente urbanas se han retocado las edificabilidades de las parcelas para hacer que prevalezcan los espacios ajardinados respecto a los edificados. Sin embargo, en Sierra Nevada siguen prevaleciendo las tramas y tipologías edificatorias de aspecto alpino (Cumbres Verdes, Pradollano, pueblo de Monachil, etc.), sin que, al parecer, existan limitaciones a este modelo o sin que se haya impuesto otros modelos constructivos más coherentes con el lugar.

  - Restauración ambiental y paisajística de relieves destruidos, que a su vez conlleva la de las formas vegetales implantadas en ellos: En el contexto de la AUG se han restaurado algunas canteras (Sierra Elvira, extracción de áridos de la Vega, etc.), pero otras siguen en activo (Sierra Elvira, Montevives, etc.). En el caso concreto de Sierra Nevada sucede lo mismo, es decir, se han intervenido algunas canteras, convirtiéndolas en parques o áreas recreativas, como el caso del Parque de las Canteras de la Zubia, pero otras siguen abiertas e impactando, como el caso de las canteras adyacentes a El Purche y a Cájar.

  - Actuaciones de mejora y regeneración de cauces: Sólo se ha regenerado, y no en toda la longitud prevista, el cauce del río Genil. El resto de cauces están aún pendiente de tales actuaciones, salvo en segmentos muy puntuales. Los que discurren por Sierra Nevada no son una excepción. No obstante, se han efectuado distintos diques de contención de la erosión donde los efectos torrenciales amenazaban a poblaciones o donde la incidencia de incendios forestales lo hacía preciso.

  - Mejora de la red de caminos rurales: El deslinde de vías pecuarias, el despliegue de la red de carriles bici del Plan Andaluz de la Bicicleta, el plan Encamina2, más diversas intervenciones municipales, hace que, en conjunto, la red de caminos rurales se haya mejorado considerablemente en el ámbito de la AUG. Algo semejante sucede con las pistas forestales en Sierra Nevada, donde éstas se han intervenido profusamente para facilitar la movilidad de los servicios de mantenimiento del monte y su uso público; hecho sobre el que se sigue haciendo énfasis en el Plan Sectorial de Uso Público.

- Puesta en valor de elementos singulares: En el contexto de la AUG las intervenciones públicas no se han centrado especialmente en esta cuestión, aunque hay algunas excepciones, sobre todo de carácter municipal y particular, éstas últimas generalmente vinculadas con la hostelería (casas rurales, hoteles, restaurantes, etc.). En Sierra Nevada sucede lo contrario: aquí la iniciativa pública es la que llevado a cabo las escasas intervenciones de puesta en valor de los elementos singulares existentes, sobre todo por parte de los gerentes del Parque, que muchas veces utilizan estos elementos para el fomento del uso público o de los servicios accesorios para el mantenimiento del espacio protegido (por ejemplo, restauración y conversión de casas forestales en aulas de interpretación de la naturaleza, viveros forestales, refugios, etc.).

  Así, una de las grandes aportaciones del POTAUG es el reconocimiento de la influencia de los espacios agro-naturales en la AUG, destacando entre ellos el sector de Sierra Nevada que le atañe, a veces como limitadores de su crecimiento, pero otras veces como compensadores de sus déficits ambientales, y siempre como parte indisociable de una imagen mundialmente reconocida, constituida por la evocativa secuencia de la Vega de Granada en el primer plano, la ciudad de Granada y su cinturón de poblaciones que le acompañan al piedemonte, y Sierra Nevada como gran fondo escénico (SÁNCHEZ DEL ÁRBOL y GARRIDO CLAVERO, 2016). Ello facilitará la definitiva consideración de sus espacios naturales, con Sierra Nevada a la cabeza, como un hecho de comensalismo [comensalítico] para la AUG, si no de simbiosis [simbiótico].

  Al margen del mayor o menor cumplimiento de los objetivos del POTAUG para el espacio de Sierra Nevada, el Plan realiza uno de los más exhaustivos diagnósticos que se han hecho sobre el medio físico de este ámbito. Para ello selecciona una serie de **Zonas Sometidas a Restricción de Usos y Transformaciones** que pueden subdividirse en: Zonas de Valor Productivo, Zonas de Valor Ecológico, Ambiental y/o Paisajísticos, Zonas incluidas en Espacios Naturales Protegidos y Zonas afectadas a la Red Hídrica de la Aglomeración.

- Las **Zonas de Valor Productivo** se circunscribirán exclusivamente a la Vega de Granada, por lo que su incidencia en Sierra Nevada no será más que aquella que se debe a su vecindad y a la transferencia de ciertos efectos ambientales tales como polinización de especies agrícolas, contaminación atmosférica a partir de la quema de restos agrícolas, etc.

- Las **Zonas de Valor Ecológico, Ambiental y/o Paisajísticos**, "zonas sometidas a restricción de usos y transformaciones por poseer valores de carácter ecológico, ambiental y paisajístico" (artículo 3.25 del POTAUG), resultan de gran interés para la AUG por los servicios que prestan o pudieran prestar a ésta. Éstas se subdividen, según su composición biótica, en Sotos, Áreas Forestales Arbustivas Autóctonas, Áreas Forestales Arbóreas Autóctonas, Áreas Forestales de Reforestación y Áreas Agromontanas. El reconocimiento de Sotos en el ámbito de Sierra Nevada es prácticamente inexistente, lo que no quiere decir que no existan, sino que se adscriben a otras zonas más restrictivas. Las Áreas Forestales Arbustivas Autóctonas reconocidas también escasean, aunque se considera una importante franja sobre la margen izquierda del río Huenes; aquí se prohíbe prácticamente cualquier uso que no sea el forestal y así ha sido. Las Áreas Forestales Arbóreas Autóctonas tienen su representación en Sierra Nevada en el entorno de Pinos-Genil y son masas prácticamente estancadas en su evolución; en ellas se abre un poco más la mano y se autorizan, además de los usos forestales, aquellos otros servicios e infraestructuras que pudieran resultar de apoyo para las poblaciones o las explotaciones agro-ganaderas próximas.

Tabla 1
Grado de cumplimiento de los objetivos que plantea el POTAUG para Sierra Nevada

TIPO DE OBJETIVOS	BLOQUES DE OBJETIVOS	OBJETIVOS	CUMPLIMIENTO
Generales	4. Preservar los espacios con valores medioambientales, paisajísticos, productivos, históricos o culturales de la aglomeración y garantizar el aprovechamiento de las potencialidades existentes.		
	5. Potenciar el uso y disfrute colectivo de la aglomeración, dotándola de un sistema verde, integrado en el esquema de articulación territorial, y ligado a los espacios de valor natural y ambiental existentes.		
Teórico-aplicables	Base 1. Racionalizar el consumo de los recursos ambientales:	Objetivo 1.1. Proteger espacios con valores naturales y ambientales.	
		Objetivo 1.2. Restaurar espacios degradados ambientalmente.	
		Objetivo 1.3. Proteger el paisaje de la AUG.	
		Objetivo 1.4. Restaurar los espacios dañados paisajísticamente.	
		Objetivo 1.6. Restaurar el drenaje superficial de la AUG.	
Práctico-aplicables	Construcción del Sistema de Espacios Libres:	Consolidar el Sistema de Espacios Libres como referente básico para la ordenación y organización de la AUG.	
		Complementar el Sistema de Espacios Libres de la AUG con los distintos sistemas municipales de espacios libres.	
		Facilitar el acceso desde los núcleos del sistema de asentamientos al Sistema de Espacios Libres.	
		Evitar la ocupación de los suelos integrados en el Sistema de Espacios Libres con usos, instalaciones o construcciones inadecuadas.	
		Salvaguardar los valores ecológicos y paisajísticos existentes.	
		Fomentar la forestación de los suelos pertenecientes al sistema, cuyas características así lo recomienden.	
		Aumentar el suelo de dominio público en los espacios integrados.	
		Evitar la privatización de suelos de dominio público patrimoniales de las Administraciones y Entidades Públicas y fomentar la recuperación de los suelos de dominio público ocupados por particulares.	
		Mejorar o construir los canales de interconexión entre los distintos espacios integrados en el sistema.	
		Construir las infraestructuras necesarias para facilitar el uso público del Sistema de Espacios Libres.	
		Poner en valor socialmente el Sistema de Espacios Libres.	
	Mejora y regeneración ambiental y paisajística:	Regeneración de espacios degradados ambientalmente, para que recuperen unas características adecuadas y útiles para la mejora del entorno, y para evitar que continúe su degradación.	
		Regeneración de paisajes degradados o deteriorados.	
		Regeneración de paisajes degradados por las propias implantaciones urbanísticas en lugares de alto consumo visual y con diseños o volúmenes extraños a la arquitectura y formas tradicionales.	
		Restauración ambiental y paisajística de relieves destruidos, que a su vez conlleva la de las formas vegetales implantadas en ellos.	
		Actuaciones de mejora y regeneración de cauces.	
		Mejora de la red de caminos rurales.	
		Puesta en valor de elementos singulares.	

	Nulo cumplimiento.		Medio cumplimiento.
	Bajo cumplimiento.		Alto cumplimiento.

Fuente: Elaboración propia a partir del informe de *Valoración del grado de cumplimiento del POTAUG* (SGOTSU, 2016).

Las Áreas Forestales de Reforestación tienen su representación en las laderas de la margen izquierda del río Genil frente a Cenes de la Vega, se trata de unas laderas semi-umbrías de gran potencialidad para albergar masas forestales arbóreas, pero que tras los reiterados incendios sufridos se encuentran bastante deterioradas; los usos y actividades autorizables son prácticamente los mismos que la categoría anterior.

- Por último, las Áreas Agromontanas tienen su representación en las márgenes de los ríos Dílar y Huenes, donde han logrado mantenerse como agricultura prácticamente de subsistencia, si bien han proliferado las viviendas unifamiliares aisladas ya que es autorizable su rehabilitación, circunstancia que se ha aprovechado para multiplicar su número. En definitiva, al contrario de lo que cabría pensar, las Zonas de Valor Ecológico, Ambiental y/o Paisajísticos de Sierra Nevada, pese a que tienen prácticamente representación de todas las categorías, no son muy heterogéneas. Para ellas, la mayor repercusión que el Plan establece para todas estas zonas es que pasan a convertirse en Suelo No Urbanizable de Especial Protección, y en consecuencia quedan plenamente al margen de los procesos urbanísticos de la AUG, circunstancia que no resulta de gran valor en el Parque Natural de Sierra Nevada, donde ya se reconocía esta clasificación, pero sí que es de gran significación en el resto del espacio Sierra Nevada que no recae entre los límites del Parque, donde la amenaza urbanística era manifiesta.

- Las **Zonas afectadas a la Red Hídrica de la Aglomeración**, "todos los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas, con independencia del dominio público o privado de los mismos, que discurran por su ámbito territorial" (artículo 3.4 del POTAUG), tienen entre sus objetivos fundamentales garantizar su seguridad, proteger sus características naturales, velar por su dominio y potenciar su uso público, para lo que se establecen, además de unas determinadas restricciones, unas delimitaciones espaciales muy precisas. En el contexto de Sierra Nevada se reconocen cuatro cauces principales (Genil, Monachil, Huenes y Dílar) y multitud de cauces secundarios. Sobre estos no podrá realizarse ningún uso o transformación, excepto los tendentes a mantener o aumentar su capacidad de evacuación, circunstancia que, por lo general, se ha mantenido, ya que no se han hecho grandes represados ni se han realizado relevantes modificaciones de trazado, si bien siempre cabría apuntar las reiteradas modificaciones sufridas en la cabecera del río Monachil para compatibilizarlo con la práctica deportiva del esquí. Además de estas prescripciones para el cauces, el suelo afectado a la red hídrica principal de la AUG tiene en sus márgenes una doble protección (al margen de la determinada en la legislación de aguas de 5 metros de servidumbre y 100 metros de policía): la zona inmediata a cauce (del cauce a 30 metros) y zona próxima a cauce (de los 30 metros anteriores a 100 metros). En la zona inmediata no podrán levantarse edificaciones, construcciones, cercas o vallados, excepto que se el planeamiento urbanístico clasifique a estos suelos como urbanos o urbanizables. Esto se ha cumplido en prácticamente todo el recorrido de los cauces principales de Sierra Nevada, aunque habría que advertir que se han construido distintas instalaciones para el uso público. En la zona próxima no podrán levantarse edificaciones o construcciones privadas, hecho que por lo general se ha respetado, aunque existen algunas circunstancias límite en las vegas de los principales ríos, sobre todo en su proximidad a núcleo de población.

- Las **Zonas Incluidas en Espacios Naturales Protegidos** se identifican con aquellos sectores del ámbito que coinciden con el Parque Natural de Sierra de Huétor, el Parque Natural de Sierra Nevada y el Parque Nacional de Sierra Nevada. El objetivo para estos espacios es desarrollar e implementar los propósitos de los respectivos PORN y PRUG, evitar la pérdida de sus valores e impedir cualquier forma de urbanización, edificación, uso o transformación en los ámbitos protegidos o en su entorno que pueda suponer la pérdida de sus valores, para lo que todos sus suelos pasan a clasificarse como Suelo No Urbanizable de Especial Protección. En el caso que nos atañe, el cumplimiento de las determinaciones del PORN y PRUG ha prevalecido incluso por encima de aquellos

macroproyectos que un día se plantearon para Sierra Nevada, suponiendo un cierto logro para su preservación, pese a las presiones recibidas. Para ello fue clave que en la última revisión del PORN no se incluyesen las excepciones que se propusieron, batalla que finalmente cayó del lado conservacionista.

Paralelamente, a estas Zonas Sometidas a Restricción de Usos y Transformaciones se les ha unido un **Sistema de Espacios Libres de la AUG**, "constituido por el suelo que debe permanecer básicamente libre de edificación a fin de permitir el contacto de la población con la naturaleza y las áreas rurales, conservar unas condiciones ambientales adecuadas en la aglomeración, mantener la autonomía de las áreas urbanas y salvaguardar las zonas con valores ecológicos y paisajísticos compatibles con las actividades humanas de ocio relacionadas con el medio" (artículo 2.84 del POTAUG). Sus objetivos son, básicamente, consolidar a este sistema como referente para la ordenación y organización del ámbito, complementarlo con los sistemas de espacios libres municipales, facilitar su acceso, continuidad y articulación, salvaguardar los valores ecológicos y paisajísticos existentes y mejorarlos allá donde hayan sido deteriorados, fomentar el uso agrario tradicional, así como la reforestación, aumentar el dominio público, proteger sus valores culturales y ponerlos en valor socialmente. Para ello distingue dos tipos de sistemas, el Sistema de Espacios Libres Lineales y el Sistema de Espacios Libres Extensivos, que se dividen a su vez entre comunes, de valor productivo, de valor ecológico-ambiental e insertos en espacios naturales protegidos. Por último, la organización funcional de todo este sistema de espacios libres articular a través de la configuración de 8 itinerarios y el cierre de la malla con 9 enlaces; todo ello con la idea de que éstos representen toda la diversidad ambiental, ecológica, paisajística y cultural del ámbito de la AUG.

- El **Sistema de Espacios Libres Lineales** tiene reconocidos unos recorridos principales y otros secundarios, además de aquellos tramos que no existen pero debieran constituirse para lograr su continuidad. En Sierra Nevada éstos coinciden con algunas carreteras (como la antigua Carretera de la Sierra, la Carretera del Purche o la Carretera de Cumbres Verdes), algunas de las principales vías pecuarias de las utilizadas para la trashumancia hacia los pastos de las altas cumbres (como por ejemplo el Camino de los Neveros), pistas forestales (como la de La Cortijuela) y senderos (como el del Sulayr). Sobre estos suelos no podrán realizarse otros usos o transformaciones que no sean aquellos que tienen por finalidad facilitar su puesta a disposición para el uso público, quedando prohibidos todos los demás usos; y así se ha cumplido excepto en el caso de las carreteras, que compaginan su uso público con el transporte de vehículos pesados dedicados a la explotación minera de las canteras abiertas en Sierra Nevada.

- El **Sistema de Espacios Libres en suelos incluidos en espacios naturales protegidos** coincide con parte de los parques naturales y nacional que recaen en el ámbito, y en el caso de Sierra Nevada presenta tres grandes localizaciones: las pistas de esquí, el cono de La Zubia y la margen derecha del río Huenes-Los Cahorros. En ellos serán autorizables los usos y transformaciones que establezcan sus respectivos PORN y PRUG y, en cualquier caso, tendrán la consideración de Suelo No Urbanizable de Especial Protección. Ello hace que el cumplimiento del POTAUG se subordine al de la regulación del parque, derivando las presiones soportadas en el cono de la Zubia por presión urbanística y, sobre todo, en las pistas de esquí por presión turística, a la gestión de éste.

- El **Sistema de Espacios Libres en suelos de alto valor ecológico-ambiental** se localiza en entornos que poseen valores excepcionales de carácter ecológico-ambiental, lo que para Sierra Nevada se concretó básicamente en las vegas altas de los ríos Genil, Monachil y Dílar, en las laderas donde se emplaza Monachil pueblo y en el entorno de Los Alayos. En ellos sólo se permiten labores forestales básicas (entresacas, cortafuegos, repoblaciones, etc.), de mejora de las comunicaciones internas y de

construcción de infraestructuras fundamentales, y al igual que en los sistemas precedentes, todos ellos se clasificarán como Suelo No Urbanizable de Especial Protección. Estas restricciones han sido más o menos cumplidas en todos los espacios.

- El **Sistema de Espacios Libres en suelos de alto valor productivo** coincide con buena parte de las Zonas de Excepcional Valor Productivo de la Vega, por lo que no tienen reflejo en Sierra Nevada.

- El **Sistema de Espacios Libres en otros suelos de los espacios extensivos** se circunscribe al resto de espacios libres de la AUG que por la ausencia de valores no tienen cabida en los anteriores sistemas, pero que resultan claves para lograr la configuración de la red de espacios libres de la AUG o permiten la integración de ciertos espacios estratégicos. En el caso de Sierra Nevada tiene tres localizaciones preferentes: el entorno de La Boca de la Pescá, de las canteras de La Zubia-Cájar y de El Purche. Aquí las restricciones son más laxas y tienen cabida prácticamente todos los usos y transformaciones que no deterioren ni su constitución ni su funcionalidad respecto a las características que han de reunir los espacios libres de la AUG, de hecho todas estas zonas cumplen en distinto grado la función de parques de la AUG; la graduación depende de su proximidad a núcleos urbanos y su accesibilidad, resultando que el Parque de las Canteras tiene una gran vocación para el uso y disfrute ciudadano ya que está próximo a núcleo y es fácilmente accesible; el entorno de El Purche comparte accesibilidad pero dista de grandes núcleos próximos; mientras que La Boca de la Pescá no reúne ni uno ni otro requisito y, en consecuencia, es la zona menos vocacional en tal sentido.

- Finalmente, la **organización funcional del sistema de espacios libres** se articula a través de la configuración de 8 itinerarios y el cierre de la malla con 9 enlaces; la idea es que éstos representen toda la diversidad ambiental, ecológica, paisajística y cultural del ámbito de la AUG, de forma que pueda visitarse toda esta heterogeneidad, a la vez que se favorece el efecto corredor entre sus elementos componedores. De los 8 itinerarios previstos para la AUG dos se insertarían plenamente en Sierra Nevada (F: Borde Noroccidental de Sierra Nevada y H: Alto río Monachil) y dos más confluirían en ella (E: Interfluvios Orientales y G: Río Dílar). El itinerario F sería el más prodigo en recorridos (9: Carretera de Cumbres Verdes, Camino de los Leñadores, Camino de Fuente Fría, Camino de los Hundideros, Camino de los Neveros, Camino del Purche a la Cortijuela, Alto Arroyo de Huenes, Arenales del Trevenque y Camino de la Espartera) así como en parajes (9: Cono de la Zubia, Fuente del Hervidero, Ladera occidental del Cerro Huenes, Los Cahorros de Monachil, El Purche-Cerro Sanatorio, Jardín Botánico de la Cortijuela, El Trevenque y el Pico Boca de la Pescá), y sería uno de los más empleados para el uso público, encontrándose en adecuadas condiciones informativas y practicables. El itinerario H tendría un único recorrido (Carretera de Sierra Nevada) y un único paraje (Cabecera del Río Monachil), encontrándose en deficitarias condiciones de movilidad por la omnipresencia de las pistas de esquí. De esta malla de itinerarios resultan cuatro enlaces: el del río Genil con los itinerarios de la Sierra (Enlace E-F-H o Carretera de Sierra Nevada entre Pinos Puente y Choza Altera), el del río Dílar con los itinerarios de la Sierra (Enlace F-G o Solana de la Boca de la Pescá), el de la Vega de Granada con el Cono de La Zubia norte (Enlace A-F-2 o Pasillo de las Canteras) y el de la Vega de Granada con el Cono de La Zubia sur (Enlace A-F-2 o Pasillo del Chorrillo). Los enlaces a través de los cursos fluviales presentan unas adecuadas condiciones de interconexión, pues resultan factibles a través de las infraestructuras disponibles; sin embargo, los enlaces entre la Vega y el Cono de La Zubia están más depauperados en el sentido que los barrancos por donde deberían discurrir no se han habilitado y ello obliga a recorridos urbanos, siempre más complejos y menos identificados con la finalidad de un sistema de espacios libres. Además de este reto, habría que añadir que existen otros recorrido que no conectan la Sierra con la Vega, pero que son igualmente fundamentales para la interconexión de Sierra Nevada, los cuales no aparecen reconocidos en el POTAUG más

que en determinados segmentos; este sería el caso del Sulayr, fundamental para la articulación de Sierra Nevada, pero menos relevante para la articulación de la AUG, más propicia de itinerarios radiales hacia la ciudad de Granada.

Ahora, si bien sendas zonificaciones y sistemas constituyen el núcleo central de las propuestas físico-ambientales del POTAUG, éstas acabarán de complementarse con las **Zonas Objeto de Mejora y Regeneración Ambiental y Paisajística**, donde se plantean las acciones más proactivas del Plan. Las intervenciones previstas tienen rango de directriz, pues deberían realizarse en coherencia con el resto de Administraciones implicadas y completadas a través del Planeamiento Urbanístico General. Para la selección de las zonas se siguieron criterios de degradación ambiental y riesgos que tuvieran su base en procesos antrópicos, que afectasen a espacios tensionados (próximos a espacios de alto valor o a núcleos urbanos) y que pudieran incidir negativamente en las determinaciones del Plan. Mientras que para la elección de los cauces se siguieron criterios de merma de su capacidad de evacuación y de incidencia negativa sobre las determinaciones del Plan, ya que el factor riesgos se aparejaba al Plan de Prevención de Avenidas e Inundaciones en los Núcleos Urbanos Andaluces, ante el que las actuaciones recomendadas por el POTAUG se entendían como complementarias. Así, las intervenciones planteadas para Sierra Nevada fueron:

- **Zonas a cualificar ambiental y paisajísticamente de interés para la aglomeración** (32 espacios de intervención para toda la AUG, de los cuales 9 recaen en Sierra Nevada, sea dentro o fuera de los límites del espacios natural protegido):

– Áreas extensivas a cualificar. Aunque son 24 los espacios sobre los que incidir en toda la AUG, 9 en Sierra Nevada, las actuaciones podrían agruparse en cinco tipos de intervenciones:

  - Diversificación y mejora cualitativa de la masa vegetal + Creación de parajes con altas condiciones perceptuales (espacios 19, 22 y 23): En general no se ha intervenido, aunque tampoco han cambiado las condiciones físico-naturales dadas a la aprobación del POTAUG, por lo que ni se ha avanzado ni se ha retrocedido en su cualificación.

  - Diversificación y mejora cualitativa de la masa vegetal + Estabilización de vertientes y/o conservación de suelos (espacio 21): Se trata de zonas reforestadas con anterioridad sin éxito, no habiéndose acometido ninguna actuación para revertir la situación.

  - Estabilización de vertientes y/o conservación de suelos + Creación de parajes con altas condiciones perceptuales (espacios 15, 17 y 18): No se han hecho intervenciones masivas, aunque sí que se aprecia que en el entorno de El Purche (espacio 17) se ha favorecido la mejora del paraje y se ha potenciado su función paisajística a través de una zona de descanso.

  - Diversificación y mejora cualitativa de la masa vegetal + Reversión al ecosistema climácico (espacio 16): No se ha llevado a cabo ninguna intervención.

  - Estabilización de vertientes y/o conservación de suelos + Fomento de láminas de agua de pequeña entidad (espacio 20): En general se ha intervenido, pero no tanto en el sentido de la propuesta, sino sellando y restaurando algunas de las canteras preexistente en La Zubia, de forma que se ha llegado a constituir un parque metropolitano de cierta importancia. Aún queda por cerrar una pequeña parte de la cantera, lo que el éxito total de la intervención.

– Cauces a cualificar. Aunque son 8 los cauces en los que mejorar sus condiciones naturales y de uso público, ninguna de estas mejoras tendrían lugar en tramos que discurriesen por el sector de Sierra Nevada, sino más bien aguas abajo.

- **Cauces con necesidad de restauración de la capacidad de drenaje superficial** (de los 48 espacios de intervención previstos para la AUG, un total de 14 recaerían en Sierra Nevada, todos ellos afluentes del río Monachil, e incluso éste mismo):

– Río Monachil (14 intervenciones): Se han intervenido buena parte de los cauces, aunque casi en exclusiva en su tramo de contacto con los núcleos urbanos o las grandes infraestructuras del ámbito. En el caso de propio río Monachil se ha procedido a su canalización y encauzamiento, en especial en su discurrir por núcleos urbanos; mientras que en el caso de los afluentes ha sido más frecuente el soterramiento de dichos cauces.

Tabla 2
Grado de cumplimiento de las determinaciones del POTAUG para las distintas zonas y sistemas que afectan a Sierra Nevada

TIPO DE ZONAS Y SISTEMAS BLOQUES DE OBJETIVOS		DETERMINACIONES	CUMPLIMIENTO
Zonas Sometidas a Restricción de Usos y Transformaciones	Zonas de Valor Ecológico, Ambiental y/o Paisajísticos	Áreas forestales arbustivas autóctonas.	
		Áreas forestales arbóreas autóctonas.	
		Áreas forestales de repoblación.	
		Áreas agromontanas.	
	Zonas afectadas a la Red Hídrica de la Aglomeración	Red hídrica principal.	
		Red hídrica secundaria.	
	Zonas Incluidas en Espacios Naturales Protegidos	Parque Nacional/Natural de Sierra Nevada.	
Sistema de Espacios Libres de la AUG	Zonificación del suelo afectado al Sistema de Espacios Libres	Sistema de Espacios Libres Lineales.	
		Sistema de Espacios Libres en suelos incluidos en espacios naturales protegidos.	
		Sistema de Espacios Libres en suelos de alto valor ecológico-ambiental.	
		Sistema de Espacios Libres en otros suelos de los espacios extensivos.	
	Organización funcional del sistema de espacios libres	Itinerarios y enlaces.	
Zonas Objeto de Mejora y Regeneración Ambiental y Paisajística	Zonas a cualificar ambiental y paisajísticamente de interés para la aglomeración	Diversificación y mejora cualitativa de la masa vegetal + Creación de parajes con altas condiciones perceptuales (espacios 19, 22 y 23).	
		Diversificación y mejora cualitativa de la masa vegetal + Estabilización de vertientes y/o conservación de suelos (espacio 21).	
		Estabilización de vertientes y/o conservación de suelos + Creación de parajes con altas condiciones perceptuales (espacios 15, 17 y 18).	
		Diversificación y mejora cualitativa de la masa vegetal + Reversión al ecosistema climácico (espacio 16).	
		Estabilización de vertientes y/o conservación de suelos + Fomento de láminas de agua de pequeña entidad (espacio 20).	
	Cauces con necesidad de restauración de la capacidad de drenaje superficial	Río Monachil (MO-00, MO-01, MO-02, MO-03, MO-04, MO-05, MO-06, MO-07, MO-08, MO-09, MO-10, MO-11, MO-12 y MO-13).	
		Nulo cumplimiento.	Medio cumplimiento.
		Bajo cumplimiento.	Alto cumplimiento.

Fuente: Elaboración propia a partir del informe de *Valoración del grado de cumplimiento del POTAUG* (SGOTSU, 2016).

4. Discusión

Como ha podido observarse, las propuestas de intervención sobre el medio físico de Sierra Nevada, en el contexto de la Aglomeración Urbana de Granada, son numerosas, incluso muy superiores a las que suele ser habitual para un plan de ordenación del territorio de ámbito subregional. Sin embargo, y quizás precisamente por ello, pocas de estas intervenciones se han ejecutado, y cuando se ha hecho, generalmente ha sido a iniciativa de las Administraciones sectoriales competentes, no habiéndose realizado teniendo en cuenta lo que establecía el POTAUG, e incluso en algunos casos hasta desconociéndolo. Así pues, uno de los problemas del POTAUG ha sido su falta de coordinación con otras Administraciones.

Por el contrario, su debida compleción a través del Planeamiento Urbanístico General sí que ha sido más tenida en cuenta, pero, al fin y al cabo, no ha supuesto ninguna determinación en la clasificación y categorización de los suelos, quedándose la mayor parte de las veces en una mera consideración dentro de los respectivos estudios de impacto ambiental o, como es el caso, con la misma clasificación que el PORN del Parque Nacional/Natural de Sierra Nevada ya establecía.

Uno de los aspectos más tenidos en cuenta ha sido la consideración de las Zonas Sometidas a Restricción de Usos y Transformaciones, que precisamente por su carácter restrictivo y limitador han sido las más trascritas al resto de planificación, tanto ambiental como urbanística. A ello ha coadyuvado que la mayor parte de las determinaciones del POTAUG en este sentido tenían el rango de normas, o a lo sumo directrices, lo que pone de manifiesto que las recomendaciones suelen tener poca repercusión en la planificación y la gestión posteriores.

Menos exitoso ha resultado el montaje del Sistema de Espacios Libres de la AUG en Sierra Nevada, ya que, aunque han llegado a constituirse bastantes espacios libres extensivos y muchos espacios libres lineales, aún no han llegado a cumplir su funcionalidad de uso público más que en ámbitos donde ya se venía haciendo ese tipo de uso o éste ha sido reforzado a través de otras iniciativas sectoriales, como las expresadas en el Plan Sectorial de Uso Público del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada. En referencia a ello, podría decirse que la red de itinerarios prevista padece algunas disfunciones que imposibilitan o dificultan su cometido como corredor público y natural, en especial en el intercambio que ha de producir entre la Sierra y la Vega; una relación que cada día se torna más dificultada a partir del cierre de la corona urbana desplegada sobre el piedemonte de Sierra Nevada.

Por último, las intervenciones previstas para las Zonas Objeto de Mejora y Regeneración Ambiental y Paisajística adolecen del problema de que al tratarse de directrices de ejecución multisectorial, unos por otros, apenas han llegado a ejecutarse, a excepción de las planteadas en los espacios naturales protegidos, como es el caso del Parque Nacional/Natural de Sierra Nevada, que, en este caso sí, se han llevado a cabo de una manera más rigurosa merced al exhaustivo seguimiento llevado a cabo por los gestores del espacio natural protegido, quienes, más allá de tener o no un conocimiento del POTAUG en profundidad, al hacer el pertinente seguimiento del PORN, y éste haber tenido en cuenta las normas, directrices y buena parte de las recomendaciones del POTAUG, han cumplido indirectamente con sus determinaciones. Con todo, existen algunos notables éxitos, como la restauración de las Canteras de La Zubia, una vieja reivindicación que por fin ha encontrado visos de solución.

5. Conclusiones

Puede concluirse, en primer lugar, que el POTAUG ha podido cosechar importantes éxitos en materia urbanística, pues a grandes rasgos ha controlado el desarrollo urbanístico desenfrenado de la aglomeración urbana. También podría sostenerse que ha mejorado considerablemente las comunicaciones y la articulación de su ámbito de incidencia al desplegar una importante red de infraestructuras y lograr jerarquizar sus flujos. Sin embargo, no puede decirse lo mismo en materia ambiental, y mucho menos paisajística, pues buena parte de sus propuestas no han llegado a ejecutarse, y algunas de las pocas que se han ejecutado han sido más a cargo de otras

iniciativas, coincidentes con las del POTAUG, pero realizadas bajo el auspicio de otras planificaciones y otros gestores. Este sería el caso de las propuestas de este plan subregional para el ámbito del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada, en el que las principales propuestas del POTAUG desarrolladas lo han sido por coincidir con las de su PORN, PRUG y Plan Sectorial de Uso Público. En estos planes se ha avanzado considerablemente sobre las propuestas del Plan de Ordenación del Territorio, haciendo que, en cierta forma, éste quede un tanto desfasado, sobre todo en cuanto a la zonificación del suelo afectado al sistema de espacios libres, la organización funcional del sistema de espacios libres, las zonas objeto de mejora y regeneración ambiental y paisajística, así como las medidas técnicas a llevar a cabo para ello. Es por ello por lo que el desfase que acusa, así como por otras razones, se acredita la necesidad de actualizar, modificar e, incluso, revisar el POTAUG, al menos en el contexto del espacio natural protegido.

IMAGEN 2
Restauración en el Parque de las Canteras de La Zubia, Zona de Objeto de Mejora y Regeneración Ambiental y Paisajística del POTAUG

Fuente: Juan Garrido y Miguel Ángel Sánchez (2016).

Por otro lado, cabe romper una lanza en favor del efecto que el POTAUG ha logrado realizar en esa conflictiva franja de Sierra Nevada que discurre entre el Parque Nacional/Natural y el suelo urbano y urbanizable de la AUG, zona en la que las medidas conservacionistas del espacio natural protegido ya no producen efecto y en la que la presión urbanística es patente. Aquí, las limitaciones de las zonas sometidas a restricción de usos y transformaciones, una vez transcritas al planeamiento urbanístico general de los respectivos municipios, han establecido una barrera infranqueable, una zona de amortiguamiento, que ha resultado de gran importancia tanto para la preservación de los límites del Parque como para la conservación y puesta en valor de sus valores intrínsecos. Es por ello que podría decirse que el POTAUG ha tenido unos efectos muy favorables en la protección de los suelos de Sierra Nevada no adscritos al Parque Nacional/Natural.

En suma, el POTAUG ha resultado menos relevante en el ámbito del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada, donde la planificación ambiental ha resultado ser más precisa y efectiva; pero ha jugado un papel crucial en la tierra intermedia entre éstos y el suelo urbano consolidado de la AUG, al lograr contener los procesos que la amenazaban o que pudieran suponer la transmisión de impactos y efectos perniciosos para el valioso espacio natural protegido. Por consiguiente, la consideración de ambas herramientas de planificación y las sinergias potenciales o reales entre ambas nos parecen un punto de reflexión y acción interesantes de cara, no sólo a una mejor conservación de los valores naturalísticos y ambientales de Sierra Nevada, sino también en relación a los procesos territoriales cercanos al área protegida, que con las posibilidades abiertas por el POTAUG favorecen una atenuación de los potenciales impactos de un área urbanísticamente tan dinámica como es la Aglomeración Urbana de Granada.

Referencias bibliográficas

- Aguilera, F. (2008): Análisis espacial para la ordenación eco-paisajística de la aglomeración urbana de Granada. Tesis doctoral. Ed. Universidad de Granada.
- Cabrera, D. (2009): Figuraciones de la ciudad región de Granada. Ed. Universidad de Granada.
- Cañete Péraz, J.A., Loznao Maoldonado, J.M. y Sáez Lorite, M. (2005): “Cambios demográficos en la aglomeración urbana de Granada y Plan de Ordenación del Territorio”, Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada, Nº 36 (2005-1), pp. 275-289.
- Conde, F. (1999): Urbanismo y ciudad en la aglomeración de Granada. Culturas e identidades urbanas. Junta de Andalucía (COPT y EPSA).
- Fernández Gutiérrez, F., Nieto Calmaestra, J.A., Jiménez Bautista, F. y Machado Santiago, R. (2001): El área metropolitana de Granada según sus habitantes. Universidad de Almería, Servicio de Publicaciones.
- Garrido Clavero, J. (2017): La incidencia de las políticas públicas en las transformaciones territoriales: El Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo de la provincia de Granada, Tesis doctoral, 2017.
- Menor Toribio, J. (2000): La Vega de Granada: transformaciones agrarias recientes en un espacio periurbano. Universidad de Granada, Instituto de Desarrollo Regional.
- Mesa Garrido, M.A., Entrevista personal, 20 de abril de 2017.
- Sánchez del Árbol, M.A. (1999): "La propuesta de ordenación territorial de la aglomeración urbana de granada", en Cuadernos Geográficos, nº 29, pp.119-135, Universidad de Granada.
- Sánchez del Árbol, M.A. (2001): Repercusiones territoriales del medio bío-físico en el ámbito de la aglomeración metropolitana de Granada (2001). Trabajo de Investigación de Doctorado.
- Sánchez del Árbol, M.A. (2002): “La ordenación territorial del área metropolitana de Granada: una necesidad acuciante” (I y II), en Revista Izquierda y Futuro, Asociación Izquierda y Futuro, nº1 y nº2.
- Sánchez del Árbol, M.A. (2009): “El medio físico del territorio de la Aglomeración Urbana de Granada”, en J. Gómez Zotano y F. Ortega Alba (Eds.): El Sector Central de las Béticas: una visión desde la Geografía Física. Edit. Universidad de Granada, pp.165-190.
- Sánchez del Árbol, M.A. y Garrido Clavero, J. (2015): "Valor y valoración del paisaje de la Vega de Granada", en Paisaje y Territorio. Publicaciones de la Universidad de Granada (en prensa).
- Villegas Molina, F. y Sánchez del Árbol, M.A. (2006): “Dinámica metropolitana y desarrollo económico en el entorno de Granada”, Actas del Congreso de la Asociación Andaluza de Ciencia Regional (Granada, 29-31 marzo de 2006), bajo el título: “Desarrollo regional y territorio: nuevos planteamientos y perspectivas”, en II Ponencia: “Economía, Sociedad y Territorio en la provincia de Granada”. Granada, 29-31 de marzo de 2006.

ANÁLISIS DEL INPUT DE CONOCIMIENTO CIENTÍFICO EN EL CICLO DE GESTIÓN DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS: BRECHAS Y OPORTUNIDADES. CASO DE ESTUDIO: PARQUE NACIONAL HUASCARÁN (PERÚ)

MARÍA D. LÓPEZ-RODRÍGUEZ [a]; HERMELINDO CASTRO NOGUEIRA [a] ; MARCO ARENAS ASPILCUETA [b] ; ELÍAS VALENZUELA QUEVEDO [b] ; RICARDO J. GÓMEZ-LÓPEZ [b] ; ASUNCIÓN CANO [c] ; JAVIER CABELLO PIÑAR [a]
mlopez@caescg.org, hcn068@caescg.org, marenas@sernanp.gob.pe, evalenzuela@sernanp.gob.pe, rgomez@sernanp.gob.pe, acanoe@unmsm.edu.pe, jcabello@ual.es
[a] *Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global-Universidad de Almería,*
[b] *Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado-Ministerio del Ambiente- Gobierno del Perú,*
[c] *Laboratorio de Florística-Departamento de Dicotiledóneas-Museo de Historia Natural-Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi (ICBAR)- Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Nacional Mayor de San Marcos.*

RESUMEN

La práctica de la conservación basada en la evidencia científica constituye un gran reto para mejorar la gobernanza de las áreas naturales protegidas. El objetivo de este estudio fue explorar la interacción entre la comunidad académica y gestora en el entorno institucional del Parque Nacional Huascarán (Perú). La metodología empleada incluyó: (1) análisis y tratamiento estadístico de los registros de información científica recopilados por la institución de gestión, (2) desarrollo de dos talleres participativos para identificar barreras que dificultan la interacción entre la comunidad científica y gestora, (3) revisión de literatura científica para determinar recomendaciones para abordar la brecha ciencia-gestión, y (4) elaboración de encuestas para conocer la percepción social sobre el rol de la ciencia y el trabajo colaborativo en áreas naturales protegidas. El estudio reveló 6 barreras y 5 estrategias específicas que deberían ser abordadas para incrementar el input de conocimiento científico en el ciclo de gestión.

Palabras clave: Áreas Naturales Protegidas; Gobernanza; Interfaz ciencia-gestión; Investigación transcisciplinaria.

1. Introducción

El uso del conocimiento científico en acciones de gestión es clave para conseguir resultados de conservación óptimos que contribuyan a preservar la biodiversidad y promover la sostenibilidad en las áreas naturales protegidas (ANPs). En base a esta premisa, un gran número de investigadores han centrado sus esfuerzos en investigar como conectar el mundo académico con el ámbito de la gestión (p. ej., Pullin & Knight 2003, Sutherland et al. 2004, Cook et al., 2010, Toomey et al., 2016). Algunos estudios se han centrado en analizar los desafíos conceptuales y epistemológicos derivados de una dinámica donde los investigadores poseen información científica y los gestores que toman decisiones de conservación la buscan (p. ej., Roux et al., 2006; Amano et al., 2016). Otros esfuerzos académicos se han destinado a desarrollar avances teóricos y prácticos para mejorar la interacción entre la comunidad investigadora y gestora en el ámbito de la conservación (p. ej., Pullin & Knight 2003, van den Hove 2007, Sutherland et al., 2011, Hegger et al., 2012, Young et al., 2014). Sin embargo, numerosos estudios evidencian que la brecha ciencia-gestión permanece, lo que implica que el conocimiento científico aún se encuentra infrautilizado por parte de las instituciones de gestión (Pullin et al., 2004; Cook et al 2010).

Con objeto de progresar en la reducción de la brecha ciencia-gestión se demanda investigación empírica para mejorar el uso de la información científica dentro de los entornos de gestión (van Kerkhoff & Pilbeam 2017, Toomey et al 2016, Kirchhoff et al 2013). Los gestores no pueden separar el uso de la información científica de los procedimientos operativos que determinan el ciclo de gestión a través del que ellos toman decisiones (Matzek et al., 2014). Esto implica que

las instituciones de gestión precisen de mecanismos institucionales o instrumentos de gestión que les permita incorporar efectivamente insumos científicos a sus acciones de conservación. Diseñar e integrar estos mecanismos en contextos institucionales es un desafío complejo y necesario al que se enfrenta las instituciones de gestión (Pullin y Knight 2001, 2003; Reid 2004).
Una forma práctica de abordar este desafío es a través de la investigación transdisciplinaria basada en el trabajo colaborativo entre investigadores y gestores (Jahn et al., 2012). Este tipo de esquemas de trabajo permiten que los investigadores comprendan el contexto institucional para proporcionar soluciones específicas en respuesta a las necesidades de gestión, y facilita que los gestores integren las propuestas científicas en su ciclo de gestión (Fazey y Mcquie 2005)
El objetivo de este estudio fue explorar la interacción entre la comunidad académica y gestora en el entorno institucional del Parque Nacional Huascarán (Perú). El estudio fue desarrollado en colaboración con gestores del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas en Perú (SERNANP) e investigadores de la Universidad Nacional de San Marcos (Perú). Para llevar a cabo del estudio: (1) exploramos los mecanismos implementados en el entorno de gestión para obtener y aplicar input científico en acciones de conservación y analizamos los insumos científicos que se registraban institucionalmente, (2) desarrollamos dos talleres con investigadores, gestores y actores sociales para identificar colectivamente las principales barreras que obstaculizaban la interacción entre la comunidad académica y gestora, (3) realizamos una revisión de literatura científica sobre recomendaciones para reducir la brecha ciencia-gestión, y (4) elaboramos encuestas a diferentes grupos de interés para explorar las percepciones sociales sobre el rol de la ciencia y el trabajo colaborativo en el contexto del área natural protegida. Como resultado del estudio, identificamos barreras que deberían abordarse y propusimos estrategias para incrementar el input de conocimiento científico en las acciones de conservación en esta ANP.

2. Metodología

2.1 Área de estudio

El Parque Nacional Huascarán (Cordillera Blanca, Andes, Perú) es una de las ANPs más representativas de la red nacional de áreas naturales protegidas de Perú (Fig. 1). Este ANP se encarga de proteger el glaciar tropical más extenso del mundo (Vuille et al., 2008) y proporciona, entre otros, servicios esenciales de regulación y suministro de agua para millones de personas (Josse et al., 2009). Sin embargo, los efectos del cambio climático sobre éste ANP han provocado una recesión glaciar significativa (aproximadamente un 30%) desde 1970, generando un riesgo de desastres naturales y asegurando una futura crisis de agua (SERNANP, 2013). Este escenario demanda acciones de gestión efectivas basadas en el mejor conocimiento disponible y en la práctica de un modelo de gobernanza que contribuya a la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

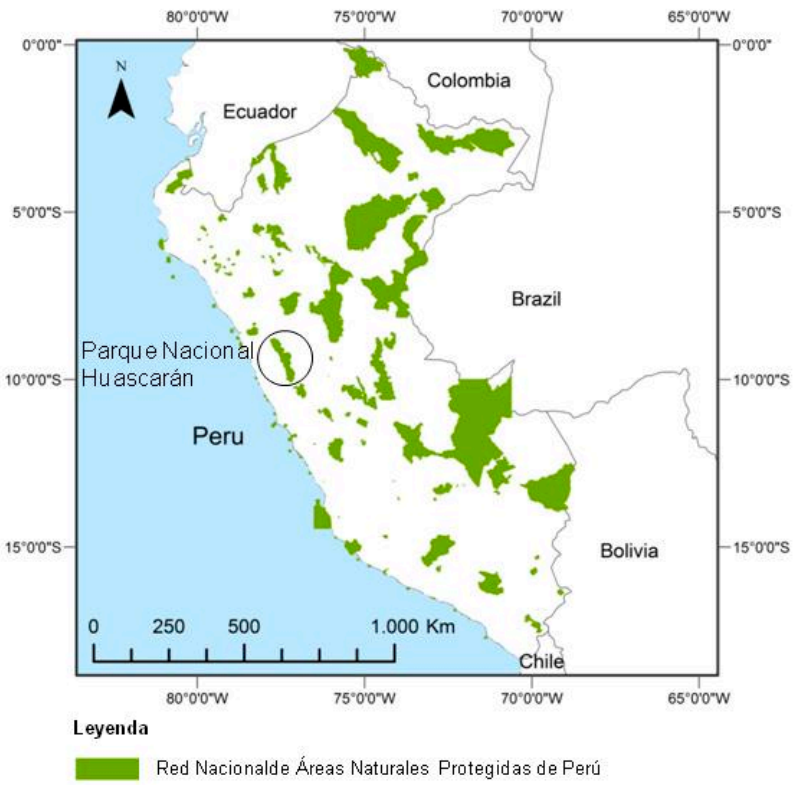
SERNANP es la institución de gestión responsable de establecer los criterios técnicos y los procedimientos administrativos para gestionar esta red de ANPs (Fig. 1). Esta institución apostó por incluir insumos científicos en su ciclo de gestión para realizar una gobernanza cada vez más efectiva de estos espacios e implementó mecanismos institucionales que les ayudarán a alcanzar este objetivo. El presente estudio surge en respuesta al interés de la institución de gestión por mejorar la efectividad de estos mecanismos.

2.2 Análisis de mecanismos a través de los que la institución de gestión obtiene input científico.

A raíz de entrevistas realizadas a personas clave de la institución de gestión y análisis de textos legales, se identificaron dos mecanismos institucionales a través de los que los gestores registraban información científica: (1) un procedimiento legal de carácter obligatorio por el que los investigadores que realizaban estudios en el ANP tenían la obligación de reportar a la institución de gestión el conocimiento científico derivado de la investigación (p. ej., artículos, informes y documentos) (SERNANP 2010), y, (2) otro procedimiento de carácter voluntario a

través de los que los investigadores podían crear grupos destinados a promover y monitorear actividades de investigación que apoyaran planes de gestión y acciones de conservación en el ANP (INRENA 2006). El primer mecanismo requería a los investigadores obtener autorización y pagar una tasa por realizar actividades de investigación dentro del ANP. El segundo mecanismo establecía la participación voluntaria de científicos en grupos de investigación dentro de los Comités de Gestión (órgano consultivo legalmente establecidos dentro del ANP para promover la cooperación de las partes interesadas con la práctica de conservación) (INRENA 2006). El conocimiento científico que se registraba institucionalmente a través de estos mecanismos se recopilaba en una base de datos de la institución de gestión. Para evaluar los insumos científicos recibidos por los gestores, analizamos los registros de 1999 a 2014 en esta base de datos. En el análisis se consideraron las siguientes variables: el número de actividades de investigación desarrolladas en el ANP, el tema principal de las actividades de investigación y el porcentaje de documentos científicos reportados por los investigadores a la institución de gestión. Además, analizamos si existían grupos de investigación creados dentro del Comité de Gestión y las entidades científicas que lideraban estos grupos en 2014.

FIGURA 1.
Red Nacional de Áreas Naturales Protegidas de Perú. Área de estudio: Parque Nacional Huascarán.



Para contextualizar nuestros resultados, contrastamos los documentos científicos publicados en revistas indexadas en una temática ambiental específica con los insumos científicos registrados institucionalmente por la entidad de gestión. Para hacer esto, entrevistamos a dos responsables de desarrollar planes y estrategias de gestión en el área de estudio con objeto de identificar las principales preocupaciones ambientales para las que la institución requería información científica. En base a la temática identificada, desarrollamos un proceso de revisión de literatura en la base de datos '*Web of Science*' para determinar la evidencia científica disponible desde 1999 a 2014. Los criterios de búsqueda incluyeron todos los estudios relevantes relacionados con la temática identificada, incluyendo como palabras clave

adicionales 'Andes' y 'Perú'. La búsqueda se amplió a todo tipo de publicaciones científicas, idiomas y países de afiliación de los autores.

2.3 Talleres para identificar barreras que dificultan la interacción ciencia-gestión

Con objeto de identificar las principales barreras que dificultaban el flujo de información científica y la colaboración entre la comunidad académica y gestora se organizaron dos talleres en el área de estudio (en septiembre y octubre de 2014). Limitaciones presupuestarias condicionaron que se invitaran a participar a 100 personas (50 al taller 1 y 50 al taller 2): (1) científicos de diferentes disciplinas (p. ej., biología, hidrología y sociología) con experiencia en el ANP; (2) gestores de Administraciones Públicas de Perú con competencias legales en ANPs (p. ej. SERNANP, Ministerio de Medio Ambiente) y otros sectores gubernamentales (p. ej., Ministerio de Agricultura), y (3) agentes sociales que trabajaban y vivían dentro y cerca del ANP (p. ej., ONGs, comunidades locales y particulares). En los talleres participaron un total de 58 personas (24 en el taller 1 y 34 en el taller 2) de los que 25 fueron investigadores, 13 gestores y 20 agentes sociales).

Metodológicamente, los talleres se basaron en la creación de procesos de co-aprendizaje y co-producción de conocimiento para generar resultados basados en un equilibrio de intercambios entre grupos de partes interesadas con pluralidad de perspectivas y valores (Hegger et al., 2012). Los talleres fueron facilitados por una investigadora especializada en ciencias transdisciplinares (la primera autora de la comunicación) adoptando un enfoque de intermediación para promover la transferencia de conocimiento entre los participantes y promover la comunicación y el entendimiento entre ellos (Hering 2016). Al comienzo de los talleres, la investigadora explicó su papel neutral en el proceso y aclaró que los talleres tenían como objetivo proporcionar información útil para la institución de gestión. A continuación, se desarrollaron seminarios para analizar desde diferentes perspectivas el rol que la ciencia había desempeñado hasta la fecha en el ANP. Después de los seminarios, comenzaron sesiones para discutir las principales barreras que dificultaban el flujo de información y la colaboración entre la comunidad científica y gestora. Para ello los participantes fueron invitados a explicar y justificar su opinión personal, a la vez que un secretario técnico levantaba actas de las intervenciones. Las respuestas de los participantes fueron escritas sistemáticamente en tarjetas a modo de palabras clave y agrupadas por la investigadora de acuerdo a su grado de similitud. Como resultado, se compiló una lista de palabras clave que reflejaban las principales barreas en la interacción ciencia-gestión. Posteriormente, los participantes se agruparon en cuatro mesas de trabajo con perfiles profesionales heterogéneos. A cada grupo de trabajo se le pidió que priorizara y formulara colectivamente al menos 5 barreras que dificultaban la interacción ciencia-gestión en el ANP. Para ello, dentro de cada grupo de trabajo los participantes designaron un portavoz para guiar el debate, registrar los resultados y presentar los resultados al resto de los grupos. Estos resultados se anotaron sistemáticamente, se agruparon nuevamente según su similitud y se clasificaron de acuerdo con su frecuencia absoluta utilizando el mismo sistema de tarjetas por parte de la investigadora. Finalmente, se desarrolló una sesión plenaria para promover la retroalimentación entre los grupos y consensuar colectivamente las seis barreras más relevantes. Una vez finalizados los talleres, todos los resultados fueron integrados por la investigadora y enviados a los participantes para su aceptación.

2.4 Revisión de literatura científica sobre recomendaciones para reducir la brecha ciencia-gestión

Una vez identificadas las principales barreras ciencia-gestión, exploramos la literatura científica en la base de datos '*Web of Science*' con el propósito de identificar recomendaciones científicas para superar estar obstáculos. Los resultados recopilados se usaron a modo de guía para que los gestores evaluaran reformas potenciales de sus mecanismos institucionales.

2.5 Cuestionario para evaluar la percepción social sobre el rol de la ciencia y el trabajo colaborativo en el ANP

Diseñamos un cuestionario para explorar la percepción social del rol de la ciencia y la predisposición de los diferentes grupos de interés a colaborar para una mejor gobernanza del ANP. En primera lugar, realizamos un cuestionario piloto involucrando a investigadores y gestores relacionados con el estudio para garantizar que las preguntas era fáciles de entender por cualquier tipo de destinatario (Bradburn et al., 2004). El perfil del encuestado incluyó tres grupos de interés: investigadores de diferentes disciplinas, gestores de diversas entidades públicas y agentes locales de una gran variedad de sectores sociales. El cuestionario recopilaba información sobre el perfil profesional de los encuestados y datos de seis preguntas genéricas: (1) ¿Está dispuesto a apoyar la conservación basada en la evidencia científica?, (2) ¿Cree que los Comités de Gestión son un foro apropiado para participar activamente en la gestión del ANP y promover la investigación para apoyar acciones de conservación ?, (3) ¿Cree que la información científica es relevante para tomar decisiones de gestión más efectivas?, (4) ¿Deberían los investigadores desempeñar un rol más activo en las acciones de conservación?, (5) ¿Cree que la ciencia está poco representada en los Comités de Gestión del ANP?, (6) ¿Cree que las plataformas de diálogo entre ciencia, gestión y sociedad pueden contribuir a una mejor gobernanza del ANP?. A los encuestados se les ofreció que eligieran 1 respuesta entre 4 respuestas estándar: sí, no, no sabe/no contesta, y otra. La respuesta identificada como 'otra' se utilizó para clasificar información de interés que no estaba directamente relacionada con el objetivo del cuestionario. Las respuestas de los encuestados se evaluaron utilizando métodos estadísticos estándar y se expresaron como un porcentaje de la muestra total dentro de cada grupo de interés.

3. Resultados

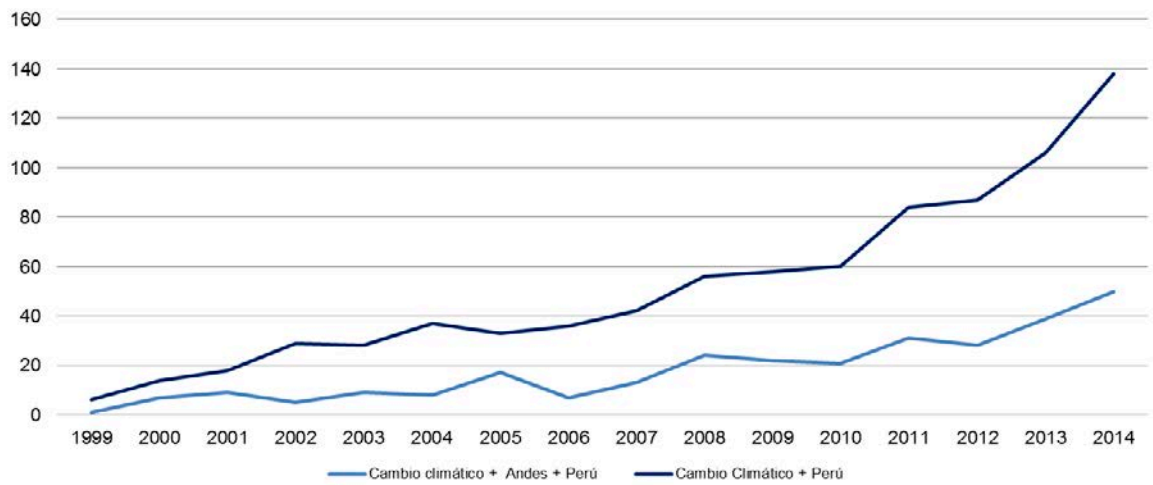
3.1 Insumo científico registrado por la institución de gestión

Veintiséis estudios de investigación estaban registrados en el área de estudio desde 1999 a 2014 en la base de datos de la entidad de gestión. Solo el 10% de los estudios incluían los resultados relacionados con la investigación. Las temáticas de las actividades de investigación estaban relacionadas con la ecología (28% del total), biodiversidad (24%), impacto ambiental (16%), conservación (8%), arqueología (8%), educación ambiental (4%), bioprospección (4%), energía (4%) y evolución, filogenia y taxonomía (4%). A pesar de que los gestores identificaron el cambio climático como la temática más urgente para el que se necesitaba conocimiento científico, ninguna investigación sobre esta temática fue identificada en la base de datos de gestión. Sin embargo, las búsquedas en '*Web of Science'* revelaron 291 y 832 evidencias científicas sobre estudios de cambio climático desarrollado en los Andes Peruanos y Perú respectivamente en el mismo periodo de estudio (Fig. 2). Además, se identificó que el ANP no contaba con ningún grupo de investigación constituido voluntariamente por la comunidad académica para apoyar acciones de gestión en el ANP.

3.2 Principales barreras ciencia-gestión

En los talleres, los participantes identificaron seis barreras principales que obstaculizaban el aporte científico en la práctica de conservación: (1) ausencia de una plataforma consolidada para fomentar el diálogo con investigadores y establecer temas clave de investigación; (2) existencia de procedimientos administrativos para realizar investigaciones dentro del ANP lentos, complejos y sujetos a tasas económicos; (3) información científica sesgada y dispersa para apoyar decisiones de conservación; (4) dificultad para traducir documentos científicos en acciones de conservación por parte de los gestores; (5) escasez de incentivos financieros para respaldar costosas investigaciones en el ANP; y (6) escasez de investigaciones sociales y económicas dentro del ANP.

FIGURA. 2.
Número de documentos científicos identificadas en la base de datos científica '*Web of Science*' de 1999 a 2014 utilizando como palabras clave 'Climate change + Andes + Peru' y 'Climate change + Peru'.



3.3 Recomendaciones científicas para mejorar la interacción ciencia-gestión

Acorde a las barreras definidas previamente, en la literatura científica se identificaron diferentes recomendaciones para abordarlas. La Tabla 1 resume las barreras identificadas, su descripción y recomendaciones encontradas en la literatura científica para abordar estas barreras.

3.4 Percepciones sociales del papel de la ciencia y disposición de los interesados a colaborar

En total se realizaron 76 cuestionarios, de los que 29 fueron completados por investigadores (38% del total), 23 por gestores (30%) y 24 por agentes sociales (32%). La mayoría de los encuestados apoyaron la participación de investigadores en acciones de conservación y expresaron su voluntad de participar en plataformas de diálogo para una mejor gobernanza en las ANPs (Tabla 2). Los resultados mostraron un alto nivel de similitud en las respuestas entre los diferentes grupos de interés.

4. Discusión

El estudio demostró que los mecanismos institucionales implementados en la institución de gestión no promovían eficazmente la compilación y la aplicación del conocimiento científico en la práctica de conservación. A lo largo del estudio, identificamos brechas y oportunidades para aumentar la efectividad de estos mecanismos.

4.1 Estrategias para fortalecer el input científico en el ciclo de gestión

4.1.1 Acoplamiento y sincronización de modelos de comunicación científica basados en aproximaciones pasivas y activas

Se identificó que los mecanismos institucionales implementados por la institución de gestión estaban inspirados en diferentes modelos de comunicación a través de los que la comunidad científica puede interactuar con la gestión: de forma pasiva o activa. Los mecanismos pasivos se refieren a modelos lineales de comunicación a través de los que los investigadores transfieren conocimiento a los gestores a través de documentos, informes u otros documentos científicos. Un ejemplo de este mecanismo pasivo dentro del contexto

institucional fue el procedimiento que requería a investigadores la presentación de informes científicos derivados de las investigaciones realizadas en el ANP. Esta forma de transferir información científica ha sido criticada en la literatura considerándose insuficiente para que los gestores puedan aplicar conocimiento científico en acciones de conservación (Wyborn, 2015). Sin embargo, este tipo de mecanismo representa una condición necesaria para obtener insumos científicos. Por el contrario, los mecanismos activos se basan en establecer una comunicación directa entre investigadores, gestores y otros actores sociales (Fazey & Mcquie, 2005). Esta interacción ayuda a construir una imagen real de los problemas del ANP y facilita que los investigadores puedan alinear su investigación para ofrecer soluciones demandadas por los gestores y/o agentes sociales. En el contexto institucional del área de estudio, los grupos de interés de investigación se percibían como plataformas colaborativas que podrían desempeñar este rol.

Los resultados del estudio confirmaron que tanto los mecanismos pasivos como los activos incluidos en el contexto institucional eran claves para lograr dos condiciones esenciales para promover la práctica de conservación basada en la evidencia científica: disponibilidad de información científica y generación de investigación orientada a apoyar acciones de conservación en el ANP. Sin embargo, los resultados también mostraron que ambos mecanismos debían ser refinados y sincronizados para promover y mantener el concepto de práctica de conservación basada en la evidencia científica en el ciclo de planificación y gestión de forma efectiva.

4.1.2 Información científica disponible y sistematizada en una forma utilizable

Los resultados del estudio mostraron tres síntomas de funcionamiento anómalo en el mecanismo pasivo establecido dentro del contexto institucional. En primer lugar, sólo el 10% del total de documentos científicos proporcionados por los investigadores a la institución de gestión incluía detalles completos de las actividades de investigación. Entre esos documentos, rara vez se encontraron estudios sometidos a procesos de revisión por pares, lo que podría poner en duda la calidad de la información científica. En segundo lugar, los gestores confirmaron en los talleres que la información científica registrada institucionalmente no era proporcionada en un formato usable por ellos lo que dificultaba que ésta pudiera ser utilizada para tomar decisiones de conservación. En tercer lugar, se identificó abundante literatura científica publicada en revistas indexadas que no estaba siendo captada por este mecanismo institucional y que, a su vez, podía haber sido utilizada para apoyar planes y programas de planificación y gestión. Un ejemplo fueron las numerosas publicaciones científicas identificadas sobre el cambio climático en la literatura (p. ej., Vuille et al., 2008) que no estaban registradas en la base de datos de la institución de gestión. Estas tres disfunciones generaron sesgos en la información científica, lo que supone un obstáculo al desarrollo de estrategias adecuadas de conservación basadas en la evidencia científica. Un ejemplo de los sesgos identificados fue que el 50% de las actividades de investigación registradas se concentraban en los ámbitos de las ciencias naturales (ecología y biodiversidad principalmente) mientras que investigaciones en otras ciencias, como las sociales o económicas, no excedían el 4% (p. ej., educación ambiental y bioprospección).

La comunidad científica ha discutido mucho acerca de los factores que influyen en la recopilación y uso de la información científica en contextos institucionales. Tales factores incluyen el tiempo de publicación, la calidad de los datos, la accesibilidad, el coste, los derechos de propiedad intelectual y la propiedad de los datos (Costello & Wieczorek, 2014; Hering, 2016). A pesar de que aún quedan algunos retos pendientes de resolver (p. ej., la rapidez para organizar y analizar datos, la financiación a largo plazo), muchos autores recomiendan generar repositorios *on line* de acceso público a datos de investigación y conocimiento científico en una forma utilizable en los entornos de gestión (Sutherland et al., 2014, Costello & Wieczorek, 2014; Canhos et al., 2015). La construcción y mantenimiento de este tipo de repositorios es complejo y caro pero aporta un gran valor a la hora de

desarrollar políticas y acciones relacionadas con la conservación y el desarrollo sostenible. Algunos ejemplos exitosos de repositorios de este tipo se pueden encontrar en la Comisión Nacional Mexicana para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Saruhkán & Jimenez, 2016), en la red speciesLink de Brasil (Canhos et al., 2015) y en www.conservationevidence.com promovida por la Universidad de Cambridge.

4.1.3 Consolidación y estandarización de modelos de co-producción de conocimiento

Numerosos estudios sostienen que la consolidación de plataforma colaborativas bajo un enfoque de co-producción del conocimiento es uno de los modelos más factibles y exitosos para alinear investigaciones con las necesidades reales de los gestores y las comunidades locales (van den Hove, 2007; Hegger et al., 2012). Este tipo de modelo hace referencia a plataformas dentro del marco institucional donde los investigadores pueden asumir roles activos, participando en grupos transdisciplinarios y trabajando con gestores y actores sociales en el análisis de problemas y planteamiento de soluciones. En el contexto institucional del área de estudio, se identificó que no existía una plataforma colaborativa consolidada destinada a promover la investigación en el ANP bajo este enfoque. Sin embargo, los resultados de los cuestionarios revelaron una buena predisposición a colaborar por parte de los investigadores, gestores y actores sociales encuestados, lo que se reconoce como un impulsor relevante para promover el compromiso entre grupos de interés a varios niveles (Young et al., 2016). Este resultado evidenció que existían condiciones favorables para consolidar una plataforma colaborativa bajo el enfoque de co-producción de conocimiento y, por lo tanto, abordar este desafío se reveló como condición necesaria para avanzar hacia la práctica de la conservación basada en la evidencia científica. Dado que el éxito de la co-producción de conocimiento depende de múltiples factores interconectados (p. ej., actores implicados, contextos, métodos y disponibilidad de recursos), abordar este desafío no es una tarea fácil (Hegger et al., 2012). Para avanzar en esta dirección, se requiere más investigación sobre herramientas y enfoques metodológicos para operativizar de una manera efectiva los modelos de co-producción de conocimiento dentro de las plataformas colaborativas del contexto institucional.

4.1.4 Generación de capacidad institucional para la práctica de la conservación basada en la evidencia científica por parte de investigadores especializados en ciencias transdisciplinares.

En los talleres, los gestores señalaron que uno de los mayores desafíos para la práctica de la conservación basada en la evidencia científica era trasladar la información científica a la acciones de conservación. Esto evidencia que la acumulación de información científica no implica que ésta pueda ser usada directamente para tomar decisiones de conservación (Pullin & Knight, 2001; Matzek et al., 2014). Los documentos científicos incluyen conceptos y lenguajes específicos, y en ocasiones están escritos en un idioma no nativo, lo que condiciona que puedan ser difíciles de entender por gestores. En el marco institucional, esta barrera implicaba que los documentos científicos fueran escasamente utilizados para tomar decisiones de gestión debido a la necesidad de disponer de habilidades para analizar información científica.

Los investigadores especializados en ciencias transdisciplinares disponen de una amplia gama de habilidades profesionales para abordar la brecha ciencia-gestión-sociedad, por ejemplo, identificando insumos científicos útiles para acciones de conservación, traduciendo evidencia disponible en prácticas de conservación, adaptando información científica a contextos específicos y desarrollando investigación dirigida a solventar las brechas de conocimiento científico para la toma de decisiones (Hering, 2016). La eficacia demostrada y la eficiencia de este tipo de investigadores (Cvitanovic et al., 2017) sugirió que esta figura ofrece una de las vías más eficaces para generar capacidad institucional en los gestores mejorando sus habilidades para trasladar resultados científicos a las acciones de conservación. Dado que las habilidades están intrínsecamente arraigadas en el personal y

surgen en contextos específicos dentro de los entornos institucionales, consideramos que es relevante que este tipo de investigadores estén involucrados en las instituciones de gestión para abordar la interconexión de la ciencia dentro del ciclo de gestión.

Tabla 1.
Barreras ciencia-gestión identificadas en los talleres. Cada barrera es descrita y complementada con recomendaciones de la literatura científica para superar estos obstáculos.

Barrera ciencia-gestión	Descripción	Recomendaciones de la literatura científica	Referencias
(1) Ausencia de una plataforma consolidada para fomentar el diálogo con investigadores y establecer temas clave de investigación	En la institución de gestión no se identificó ningún grupo de trabajo para promover la investigación dentro de los comités de gestión.	Se necesitan mecanismos donde reúnan científicos y gestores para aumentar el flujo de información en ambas direcciones. Las plataformas de colaboración entre investigadores y otros actores relacionados con el proceso de gestión son vías para integrar la ciencia en la toma de decisiones y aunar las prioridades de investigación y gestión. Para lograr este objetivo, la implementación de un enfoque de co-producción de conocimiento en plataformas colaborativas se reconoce como el modelo más factible y exitoso.	Pullin & Knight 2003; Hegger et al. 2012; Cornell et al. 2013
(2) Existencia de procedimientos administrativos para realizar investigaciones dentro del ANP lentos, complejos y sujetos a tasas económicos	La ausencia de incentivos en la para colaborar en los procesos de gestión estaba arraigados en la comunidad científica. Los investigadores que participaron en los talleres solicitaron la simplificación de los procedimientos administrativos y la exención de la tarifa para investigar en el ANP.	Identificar la ausencia de incentivos para colaborar en el ámbito de la gestión es el primer paso poder eliminarlos. Se reconoce que se necesitan incentivos para garantizar la colaboración entre los grupos profesionales que participan voluntariamente en plataformas colaborativas vinculadas con la gestión de ANPs.	Cornell et al. 2013; Young et al. 2014
(3) Información científica sesgada y dispersa para apoyar decisiones de conservación	Los gestores manifestaron que la búsqueda de evidencia científica era compleja y requería mucho tiempo debido a la ausencia de una base de datos organizada. También argumentaron que los mecanismos institucionales no proporcionaban información en una forma utilizable por ellos.	Deben superarse las limitaciones en la disponibilidad y el intercambio de datos. Las bases de datos de acceso abierto y sistematizadas para buscar información científica y proporcionar dichos datos en formas utilizable por los gestores son esenciales (aunque no suficientes) para informar planes y acciones de conservación.	Sutherland et al. 2004; Costello and Wieczorek 2014; Canhos et al. 2015 ; Sarukhán and Jiménez 2016
(4) Dificultad para traducir documentos científicos en acciones de conservación por parte de los gestores	Los gestores manifestaron tener dificultad para comprender la información científica, especialmente si los documentos estaban escritos en inglés. El largo periodo de publicación de los resultados de investigación también dificultaba su aplicación temprana en acciones de gestión.	Una de las medidas más eficientes para trasladar de forma efectiva la evidencia científica a las acciones de conservación es involucrar a investigadores con habilidades taransdsiciplinarias para crear capacidad institucional para la práctica de la conservación basada en la evidencia científica.	Hering 2016; Cvitanovic et al. 2017
(5) Escasez de incentivos financieros para respaldar costosas investigaciones en el ANP	El sistema científico de Perú está influenciado por la dependencia de apoyo externo. Los científicos nacionales generalmente colaboran con grupos de investigación extranjeros que están interesados en investigar en esta región megadiversa y que han tenido un fuerte respaldo financiero.	El sistema académico no recompensa la colaboración de los investigadores con la práctica de conservación y, por lo tanto, se necesitan esquemas de incentivos para superar esta barrera. Varios autores sugieren una inversión sostenida como un factor clave para construir y mantener un diálogo constructivo a largo plazo entre ciencia y gestión. Sin embargo, otras motivaciones como el reconocimiento profesional, el apoyo organizacional y la cooperación internacional también se consideran incentivos relevantes por parte de la comunidad investigadora. Para superar esta barrera, se sugiere combinar diferentes tipos de incentivos como estrategia para estimular la participación de investigadores de diferentes disciplinas para mejorar la gobernanza del ANP.	Holmgren & Schnitzer 2004; Cornell et al. 2013; Young et al. 2014; Dedeurwaerdere et al. 2016
(6) Escasez de investigaciones sociales y económicas dentro del ANP	Tradicionalmente, el ANP se ha utilizado como laboratorio para desarrollar investigaciones en ciencias naturales. Sin embargo, otras disciplinas se han desarrollado de formar independiente y no están presentes en el ANP. La investigación social y económica podría proporcionar información valiosa sobre la promoción de actividades económicas y el aprendizaje social para la sostenibilidad en este espacio.		

Tabla 2.
Preguntas realizadas a los encuestados y porcentaje de respuestas.

Preguntas de la encuesta	Porcentaje de respuestas de los encuestados (%)			
	Si	No	Ns/Nc	Otras
¿Está dispuesto a apoyar la conservación basada en la evidencia científica?	96%	2%	2%	0%
¿Cree que los Comités de Gestión son un foro apropiado para participar activamente en la gestión del ANP y promover la investigación para apoyar acciones de conservación?	80%	10%	5%	5%
¿Cree que la información científica es relevante para tomar decisiones de gestión más efectivas?	93%	2%	2%	3%
¿Deberían los investigadores desempeñar un rol más activo en las acciones de conservación?	92%	2%	2%	4%
¿Cree que la ciencia está poco representada en los Comités de Gestión del ANP?	70%	13%	13%	4%
¿Cree que las plataformas de diálogo entre ciencia, gestión y sociedad pueden contribuir a una mejor gobernanza del ANP?	97%	1%	1%	1%

4.1.5 Implementación de esquemas de incentivos para acercar e involucrar a la comunidad científica en la gestión del ANP

Los resultados de los talleres mostraron que la comunidad científica estaba poco incentivada para investigar dentro del ANP e involucrarse en plataformas colaborativas de carácter institucional. Los investigadores expresaron su preferencia por investigar fuera del área de estudio a los complejos procedimientos administrativos y a las tasas económicas que tenían que asumir por realizar investigaciones en el ANP. En opinión de los investigadores, esto fue la base para el número limitado de actividades de investigación reportadas a la institución de investigación y la ausencia de entidades científicas interesadas en crear grupos de interés para promover las investigaciones en el ANP. Dado que la falta de motivación representa un obstáculo importante para la colaboración (Cornell et al., 2013), consideramos que identificar y eliminar las causas que genera esta falta de motivación era el primer paso para fortalecer la colaboración con los investigadores. Igualmente, consideramos necesario la incorporación de esquemas de incentivos dentro del marco institucional para promover la participación e implicación de los investigadores en la práctica de conservación. Algunos ejemplos de los diferentes tipos de incentivos identificados en la literatura científica incluyen reconocimiento profesional, el apoyo logístico mientras se desarrolla la investigación (Holmgren & Shnitzer, 2004) y la utilización de la investigación para tomar decisiones de gestión (Dedeurwaereder et al., 2016). La financiación sostenida para realizar investigaciones también se reconoce como un factor clave para construir y mantener un diálogo constructivo a largo plazo con la academia (Holmgren & Shnitzer, 2004). Sin embargo, su implementación está lejos de desarrollar regiones con recursos limitados. En general, creemos que las instituciones de gestión, en colaboración con la comunidad científica, deberían diseñar estrategias innovadoras para incentivar la participación de los investigadores de acuerdo al equilibrio entre las demandas de la ciencia y las necesidades de gestión. Los resultados de los talleres sugirieron que estas estrategias debían estar focalizadas en incentivar la participación de investigadores de diferentes disciplinas (p. ej., ciencias naturales, sociales y económicas) y estar concentradas en realizar más esfuerzos para recaudar fondos para apoyar la incorporación y consolidación de los insumos científicos en el ciclo de gestión del ANP.

4.2 Investigación transdisciplinaria en contextos institucionales

El estudio presentado fue desarrollado en colaboración con gestores de la institución de gestión con objeto de proporcionar conocimiento científico adaptado al entorno institucional. Este tipo de esquema de trabajo basado en enfoques transdisciplinarios se considera una respuesta científica adecuada para ofrecer soluciones a los gestores dentro de un entorno real

de gestión (Herweg et al., 2012; Jahn et al., 2012; López-Rodríguez, et al., 2015). En la investigación se involucró a personal clave de SERNANP con la capacidad de promover las reformas institucionales y también a investigadores de las instituciones de investigación que trabajaban en ANPs (p.ej. Universidad Nacional de San Marcos). Como punto de partida, realizamos entrevistas con personal clave para alinear los intereses tanto de investigadores como de gestores en términos de ganancias mutuas y objetivos comunes asegurando que el tiempo y esfuerzo invertido en el estudio por ambas comunidades fuera recompensado (PSI-connect 2012). Una vez constatado el interés mutuo, llevamos a cabo un estudio contextualizado en el entorno institucional del área de estudio (Hegger et al., 2012), trasladándonos a las instalaciones de la institución de gestión para realizarlo. Esto jugó un papel esencial para comprender el entorno institucional y en el desarrollo de un estudio basado en la reflexividad y el debate abierto (Herweg et al., 2012; Kirchhoff et al., 2013). Las reuniones iterativas y las reuniones continuadas sobre los métodos y resultados del estudio (Hegger et al., 2012) permitieron que el conocimiento científico que se iba generando estuviera alineado con las bases operativas del ciclo de gestión.

Los resultados de este estudio constituyeron un insumo para adecuar el marco normativo vigente sobre investigación en ANPs, hecho que llegó a concretarse mediante la publicación del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM del 23 de septiembre del 2015 (MINAN, 2015). Esta reforma incorporó varias recomendaciones identificadas en el estudio, como la simplificación de los procedimientos administrativos, la eliminación de la tarifa de investigación en ANPs y la consolidación de plataformas de colaboración con la comunidad científica. El tiempo y los escasos recursos financieros condicionaron la implementación de las estrategias identificadas y la evaluación de su efectividad a largo plazo. Aunque son necesarios mayores esfuerzos para consolidar la práctica de la conservación basada en la evidencia científica en el área de estudio, esta reforma legal constituyó un primer paso para reducir la brecha entre la ciencia y la práctica de conservación, además de representar un ejemplo exitoso de una colaboración productiva entre investigadores y gestores para lograr un impacto instrumental (Rudd 2011) en entornos institucionales.

5. Conclusiones

Este estudio evidencia que explorar los mecanismos a través de los cuales los gestores compilan y aplican la información científica para la práctica de conservación es un enfoque útil para identificar brechas y oportunidades que contribuyan a aumentar su eficiencia. Los resultados muestran que la investigación colaborativa entre investigadores y gestores ayuda a (1) transferir recomendaciones de la literatura académica a los gestores para que el conocimiento científico pueda operar de manera más efectiva en el entorno institucional, y (2) apoyar cambios institucionales que integren estrategias específicas para fortalecer el aporte científico en el ciclo de gestión. Este estudio proporciona una orientación útil para aquellos investigadores y gestores interesados en realizar investigaciones empíricas para conectar los insumos científicos con aspectos operativos del ciclo de gestión en diferentes entornos institucionales.

Referencias bibliográficas

- Amano T, González-Varo, JP Sutherland, WJ. 2016. Languages Are Still a Major Barrier to Global Science. PLOS Biology 14(12): e2000933.
- Bradburn N, Sudman S and Wansink B. 2004. Asking Questions: A Practical Guide to Questionnaire Design. Computers, Environment and Urban Systems 14(1): 72. http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/019897159090052U.
- Canhos DAL, Sousa-Baena MS, de Souza S, Maia LC, Stehmann JR, Canhos VP, De Giovanni R, Bonacelli MBM, Los W and Peterson AT. 2015. The Importance of Biodiversity E-Infrastructures for Megadiverse Countries. PLoS biology 13(7): e1002204. http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1002204.
- Cook CN, Hockings M, and Carter RW. 2010. Conservation in the Dark? The Information Used to Support Management Decisions. Frontiers in Ecology and the Environment 8(4): 181–88.
- Cornell S, Berkhout F, Tuinstra W, Tàbara JD, Jäger J, Chabay I, de Wit B, Langlais R, Mills D, Moll P, Otto IM, Petersen A, Pohl C, van Kerkhoff L. 2013. Opening up Knowledge Systems for Better Responses to Global

Environmental Change. Environmental Science & Policy 28: 60–70. http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1462901112002110 (May 27, 2014).

- Costello MJ, and Wieczorek J. 2014. Best Practice for Biodiversity Data Management and Publication. Biological Conservation 173: 68–73. http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.018.
- Cvitanovic C, Cunningham R, Dowd A-M, Howden, SM, van Putten EI. 2017. Using Social Network Analysis to Monitor and Assess the Effectiveness of Knowledge Brokers at Connecting Scientists and Decision-Makers: An Australian Case Study. Environmental Policy and Governance (January). http://doi.wiley.com/10.1002/eet.1752.
- Dedeurwaerdere T, Admiraal J, Beringer A, Bonaiuto F, Cicero L, Fernandez-Wulff P, Hagens J, Hiedanp J, Knights P, Molinario E, Melindi-Ghidi P, Popa F, Silc U, Soethe N, Soininen T and Luis Vivero J. 2016. Combining Internal and External Motivations in Multi-Actor Governance Arrangements for Biodiversity and Ecosystem Services. Environmental Science and Policy 58: 1–10.
- Fazey I and Mcquie A. 2005. Applying conservation theory in natural areas management. Ecological Management & Restoration. 6(2): 147–49.
- Hegger D, Lamers M, Van Zeijl-Rozema A, and Dieperink C. 2012. Conceptualising Joint Knowledge Production in Regional Climate Change Adaptation Projects: Success Conditions and Levers for Action. Environmental Science & Policy 18: 52–65. http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1462901112000111 (May 28, 2014).
- Hering JG. 2016. Do We Need 'more Research' or Better Implementation through Knowledge Brokering? Sustainability Science 11(2): 363–69.
- Herweg K, Schäfer N and Zimmermann A. 2012. Guidelines for Integrative Training in Inter- and Transdisciplinary Research Settings. Hints and Tools for Trainers of Trainers.
- Holmgren M and Schnitzer SA. 2004. Science on the Rise in Developing Countries. PLoS Biology 2(1): 10–13.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 2006. Resolucion de Intendencia 051-2006 para el reconocimiento y funcionamiento de los Comités de Gestión en Áreas Protegidas. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Perú.
- Jahn T, Bergmann M and Keil F. 2012. Transdisciplinarity: Between Mainstreaming and Marginalization. Ecological Economics 79: 1–10. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.017.
- Kirchhoff CJ, Lemos MC and Dessai S. 2013. Actionable Knowledge for Environmental Decision Making: Broadening the Usability of Climate Science. Annual Review of Environment and Resources 38(1): 393–414. http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84887439250&partnerID=tZOtx3y1.
- López-Rodríguez MD, Castro AJ, Castro H, Jorreto S, Cabello J. 2015. Science-Policy Interface for Addressing Environmental Problems in Arid Spain. Environmental Science and Policy 50: 1–14.
- Matzek V, Covino J, Funk JL and Saunders M. 2014. Closing the Knowing-Doing Gap in Invasive Plant Management: Accessibility and Interdisciplinarity of Scientific Research. Conservation Letters 7(3): 208–15.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2015. Decreto Supremo para promover el desarrollo de investigación en Áreas Protegidas. Perú: El Peruano, Ministerio del Ambiente, 27 setiembre de 2015.
- PSI-connect. 2012. Collaborative Tools and Processes for Connecting Policy and Science. Hand on approach. Final Report, 1-24 (psiconnect.eu)
- Pullin AS and Knight TM. 2001. Effectiveness in Conservation Practice: Pointers from Medicine and Public Health. Conservation Biology 15(1): 50–54. http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2001.99499.x.
- Pullin AS and Knight TM. 2003. Nature Conservation Support for Decision Making in Conservation Practice: An Evidence-Based Approach. Journal for Nature Conservation 90: 83–90.
- Pullin AS, Knight TM, Stone DA and Charman K. 2004. Do Conservation Managers Use Scientific Evidence to Support Their Decision-Making? Biological Conservation 119(2): 245–52.
- Reid WV. 2004. Bridging the Science-Policy Divide. PLoS Biology 2(2): 169–71.
- Roux D, Rogers KH, Biggs HC, Ashton PJ, Sergeant A. 2006. Bridging the Science – Management Divide : Moving from Unidirectional Knowledge Transfer to Knowledge Interfacing and Sharing. Ecology and Society 11(1).
- Rudd MA. 2011. How Research-Prioritization Exercises Affect Conservation Policy. Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology 25(5): 860–66. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21790784 (May 28, 2014).
- Sarukhán J and Jiménez R. 2016. Generating Intelligence for Decision Making and Sustainable Use of Natural Capital in Mexico. Current Opinion in Environmental Sustainability 19: 153–59. http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877343516300069.
- SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado del Peru). 2010. Resolución Presidencial Nº25-2010-SERNANP para promover la investigación dentro de las Áreas Protegidas. Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado, Ministerio del Ambiente. Perú.
- SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado del Peru). 2013. Los Impactos Del Cambio Global En Las Áreas Naturales Protegidas Y Sus Zonas de Influencia: El Caso Del Parque Nacional Huascarán Y La Cuenca Del Río Santa. Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado, Ministerio del Ambiente. Lima; Perú.
- Sutherland WJ, Pullin AS, Dolman PM, and Knight TM. 2004. The Need for Evidence-Based Conservation. Trends in Ecology and Evolution 19(6): 305–8.
- Sutherland WJ, Fleishman E, Mascia MB, Pretty J and Rudd MA. 2011. Methods for Collaboratively Identifying Research Priorities and Emerging Issues in Science and Policy. Methods in Ecology and Evolution 2(3): 238–47. http://doi.wiley.com/10.1111/j.2041-210X.2010.00083.x (May 28, 2014).
- Toomey AH, Knight AT, and Barlow J. 2016. Navigating the Space between Research and Implementation in Conservation. Conservation Letters 0(October): 1–7.
- van den Hove S. 2007. A Rationale for Science–policy Interfaces. Futures 39(7): 807–26. http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016328706002060 (May 28, 2014).

- van Kerkhoff L and Pilbeam V. 2017. Understanding Socio-Cultural Dimensions of Environmental Decision-Making: A Knowledge Governance Approach. Environmental Science & Policy 73(September 2016): 29–37. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901116305962.
- Vuille M, Francou B, Wagnon P, Juen I, Kaser G, Mark BG and Bradley RS. 2008. Climate Change and Tropical Andean Glaciers: Past, Present and Future. Earth-Science Reviews 89(3–4): 79–96.
- Wyborn C. 2015. Connectivity Conservation: Boundary Objects, Science Narratives and the Co-Production of Science and Practice. Environmental Science & Policy 51(AUGUST 2015): 292–303. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901115000921.
- Young JC, Waylen KA, Sarkki S, Albon S, Bainbridge I, Balian E, Davidson J, Edwards D, Fairley R, Margerison C, McCracken D, Owen R, Quine CP, Stewart-Roper C, Thompson D, Tinch R, van den Hove S and Watt A. 2014. Improving the Science-Policy Dialogue to Meet the Challenges of Biodiversity Conservation: Having Conversations rather than Talking at One-Another. Biodiversity and Conservation 23(2): 387–404. http://link.springer.com/10.1007/s10531-013-0607-0 (May 28, 2014).
- Young JC, Searle K, Butler A, Simmons P, Watt AD and Jordan A. 2016. The Role of Trust in the Resolution of Conservation Conflicts. Biological Conservation 195(March): 196–202. http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320715302093.

EL MODELO DE GESTIÓN DEL DESARROLLO EN LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA Y SU IMPLEMENTACIÓN EN LOS ESPACIOS DE MONTAÑA: EL CASO DE SIERRA NEVADA.

ALEJANDRO RUIZ-RUIZ; LAURA PORCEL-RODRÍGUEZ; YOLANDA JIMÉNEZ-OLIVENCIA
alexruiz2@correo.ugr.es, lporcel@ugr.es, yjimenez@ugr.es
Universidad de Granada

RESUMEN

Los espacios de montaña han sido tradicionalmente un lugar preferente para la designación de áreas protegidas. Dichos espacios afrontan situaciones de abandono y despoblamiento ligados a una fuerte crisis de sus bases productivas. La gestión de las áreas protegidas no ha jugado hasta el momento un papel muy relevante en el impulso al desarrollo de las comunidades locales. Esta comunicación se centra en la inclusión del desarrollo como factor clave de las Reservas de la Biosfera del Programa MaB y en los espacios protegidos de la red andaluza, comprobando sus implicaciones prácticas a través del caso de estudio del Espacio Natural Protegido de Sierra Nevada y su Plan de Desarrollo Sostenible.

Palabras clave: Montañas, áreas protegidas, desarrollo territorial, reservas de la biosfera, Sierra Nevada

ABSTRACT

Mountain spaces have traditionally been a preferred place for the designation of protected areas. These spaces face situations of abandonment and depopulation linked to a strong crisis in their productive bases. The management of protected areas has not played a relevant role in impulsating local development so far. This communication is focused on the inclusion of development as a key factor in the Biosphere Reserves of the MaB Program and in the protected areas of the Andalusian network, verifying its practical implications through the case study of the Protected Natural Area of Sierra Nevada and its Sustainable Development Plan

Keywords: *Mountains, protected areas, territorial development, biosphere reserves, Sierra Nevada*

1. Introducción: montaña y áreas protegidas

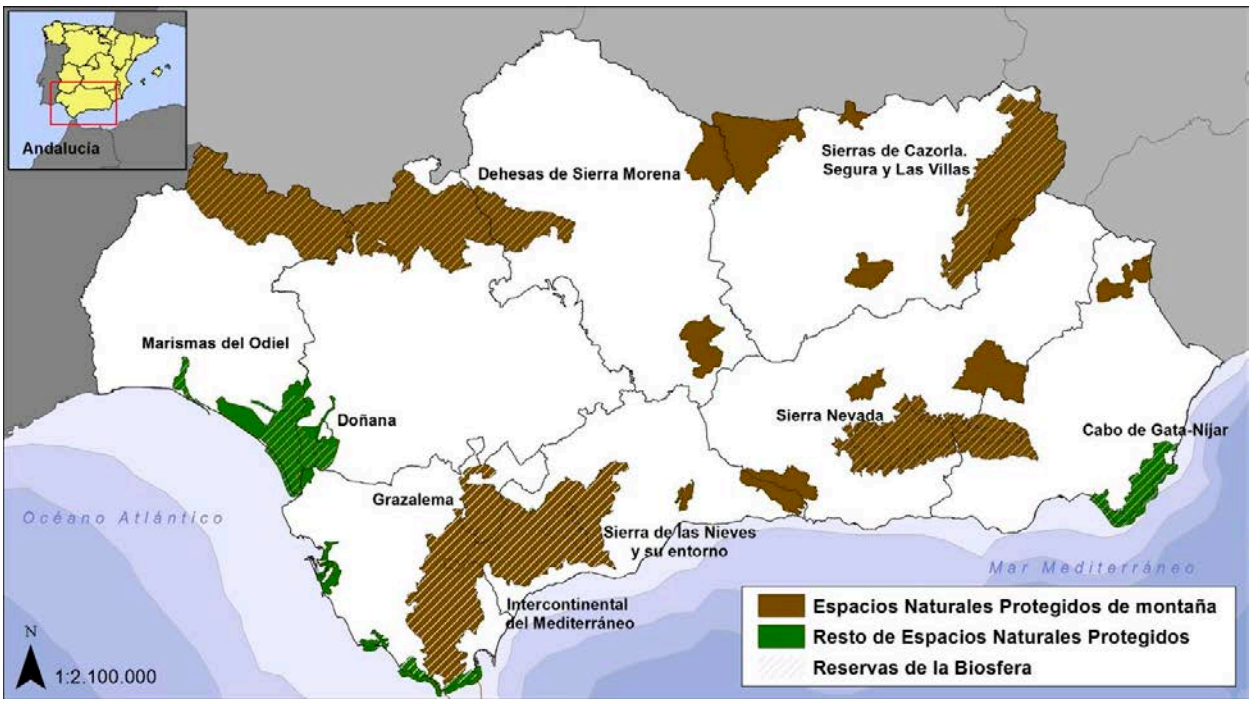
Es evidente que los condicionantes geográficos de los espacios de montaña han ejercido históricamente como factores limitantes para el desarrollo de las actividades económicas de la sociedad local, dando lugar a la construcción de sistemas socio-territoriales complejos y ajustados a los frágiles equilibrios ecológicos de la montaña. El aislamiento de las montañas por una parte y la constitución de modelos singulares de gestión de los recursos y de ordenación del espacio por otra, han hecho posible la conservación de ecosistemas con un alto grado de naturalidad, el sostenimiento de altos niveles de biodiversidad y la reproducción de recursos naturales clave. A ello habría que sumar el capital cultural acumulado en el territorio y en el paisaje, vinculado a las estructuras y dinámicas propias de los socio-sistemas resultantes del manejo tradicional de los recursos.

Como fruto de estas singularidades los territorios de montaña, que atesoran extraordinarios valores y recursos naturales, han sido objeto de localización prioritaria de los espacios protegidos. Este reconocimiento como lugares de alta calidad ambiental ha otorgado nuevas funciones a la montaña al tiempo que las viejas funciones que éstas tenían atribuidas como espacios de vida para sus pobladores han ido decayendo.

La conservación ha sido además motivo de nuevas mutaciones a las que han debido adaptarse las poblaciones locales en el contexto de la larga crisis económica, social y cultural que afecta a estos medios rurales especialmente desfavorecidos.

En el caso de España en general y de Andalucía en particular la presencia de las montañas en la configuración de la red de espacios protegidos es muy relevante. Considerando únicamente las figuras de Parque Natural, Parque Nacional y Reserva de la Biosfera, que constituyen las piezas clave de dicha red, en Andalucía la superficie protegida ascendería a 1.890.294 ha, de las cuales 1.530.688 ha, un 80,98 %, corresponden a las distintas sierras que se extienden por la región[121].

FIGURA 1
Parques Nacionales, Parques Naturales y Reservas de la Biosfera de Andalucía



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía del IECA

La figura 1 nos muestra la elevada incidencia territorial de las áreas protegidas de montaña en Andalucía.

El hecho de que un porcentaje muy elevado de los espacios naturales se encuentren situados en zonas de montaña nos obliga a pensar que las políticas de conservación y ordenación de los recursos y, en definitiva las de planificación ambiental, juegan hoy un papel extraordinariamente relevante en la ordenación de los territorios de montaña. Es por ello que, más allá de visiones de la conservación de carácter aislacionista, cada vez más cuestionadas, la gestión de los espacios protegidos debe asumir un papel relevante en el impulso económico de los municipios a los que afectan sus determinaciones, e incluso en la proyección de las regiones que los acogen.

Si bien es cierto que el objeto fundamental de las áreas protegidas es la conservación, no es posible hoy trabajar de espaldas a las necesidades del desarrollo rural. De hecho, la gestión de los espacios protegidos viene asumiendo en la práctica, aunque en desigual medida según los casos, que un desarrollo territorial de carácter integral es necesario para las áreas protegidas en general y para las de montaña en particular. Por supuesto, en la medida en que dicho desarrollo se demuestre eficiente en lo ambiental, en lo económico y en lo social, es decir, resulte sostenible.

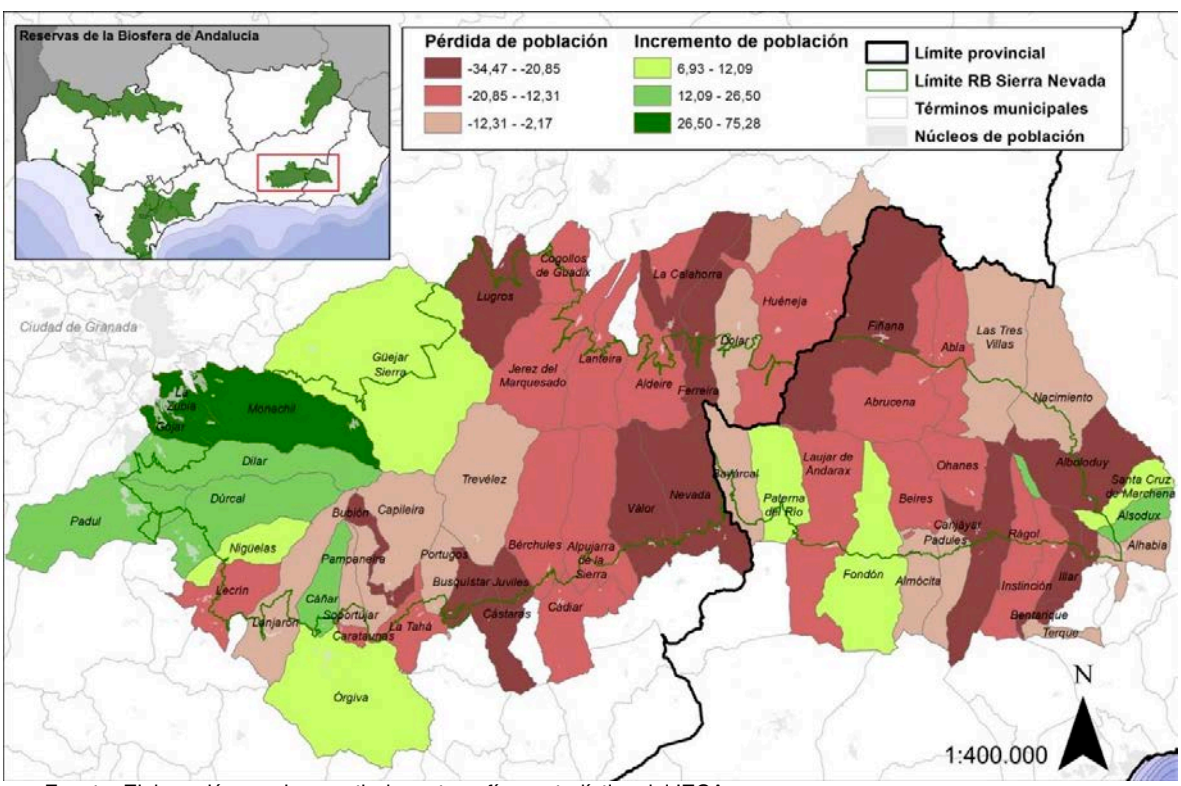
[121] Cálculo de superficies sin solapamientos.

La difícil situación socio-económica de los municipios que forman parte de las áreas protegidas de montaña puede evaluarse a partir del cálculo de toda una serie de indicadores de desarrollo territorial. Entre los más significativos de estos indicadores están los que nos hablan de despoblamiento. La pérdida continuada de efectivos de población y el envejecimiento profundo de las comunidades que viven en las áreas protegidas de montaña significa una descapitalización de las localidades en cuestión y es uno de los signos más significativos de las dificultados de supervivencia a la que estas comunidades y sus economías se enfrentan.

En esta comunicación nos centramos en el contexto andaluz para estudiar la relación entre la gestión de las áreas protegidas y la necesidad de impulso al desarrollo en las áreas de montaña. En Andalucía la mayoría de los municipios situados en parques de montaña de interior se ven afectados por una importante disminución de la población mientras que los parques con ubicaciones costeras, así como los que resultan fácilmente accesibles a las ciudades de Granada o Córdoba, han experimentado un notable crecimiento de sus efectivos demográficos (Voth 2016).

Sierra Nevada constituye una referencia importante en el marco de los espacios protegidos andaluces, ya que su perímetro delimita el más eminente de los edificios de la montaña mediterránea española, el único, por lo demás, en el que se ve ampliamente representada la alta montaña en Andalucía. Su condición de macizo interior la coloca en el conjunto de aquellos que presentan un débil dinamismo demográfico, resultado de la precariedad de sus bases económicas. Considerando los 20 últimos años su población no ha cesado de disminuir en la mayoría de los municipios que la integran, con pérdidas que se mueven entre el 20 y el 35% en los peores casos (véase figura 2). Por su parte las dinámicas de crecimiento más fuertes se relacionan preferentemente con la influencia que sobre distintos municipios ejerce la ciudad de Granada y su área metropolitana. Las dinámicas regresivas no han sido revertidas por efecto de las sucesivas declaraciones que ha conocido la sierra desde 1986, momento en el que pasó a ser reserva de la biosfera, para convertirse en parque natural en 1989 y en parque nacional diez años más tarde.

FIGURA 2
Evolución de la población 1996-2016



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía y estadística del IECA

Es la condición de reserva de la biosfera la que hemos querido destacar en este trabajo en la medida en que los objetivos del programa MaB (Man and the Biosphere) para esta figura de protección, comprometen a los espacios reconocidos como tales tanto con la conservación como con el desarrollo.

2. Aportación del programa MaB al fomento del desarrollo sostenible en espacios de alto valor ambiental

2.1 *Análisis de los sucesivos documentos del MaB y su posicionamiento respecto al desarrollo socioeconómico de los municipios de las RB.*

El programa MaB constituye uno de los mayores ejemplos a nivel global de preservación de los ecosistemas a través de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera (RMRB). Este programa nace en los años 70 con el objetivo de conciliar el desarrollo socioeconómico y la preservación de la biodiversidad. Con estos principios las reservas se distinguen del modelo de protección del medio ambiente impuesto desde la creación de los ENP, al considerar también el aspecto económico de las reservas como objetivo del programa. Esta dimensión múltiple del programa MaB se traduce en las tres funciones que deben cumplir las reservas: conservación, desarrollo y apoyo logístico a la investigación.

En el marco del congreso internacional sobre reservas de la biosfera celebrado en Minsk en 1983 se aprueba su primer Plan de Acción, instrumento de planificación estratégica que rige las líneas de actuación de la red. Sin embargo es en el decenio posterior al congreso en el que se dan los principales avances en lo que se refiere al equilibrio entre conservación y desarrollo al entrar en escena el desarrollo sostenible con el Informe Brundtland y la Cumbre para la Tierra de Río de 1992. En ambos se incide en el vínculo entre la conservación de ecosistemas y la necesidad de un desarrollo adecuado de las sociedades. El paradigma del desarrollo sostenible será central en las estrategias y planes del programa MaB y se convertirá en el término que mejor represente sus aspiraciones y objetivos.

Estos cambios se ven reflejados en la Estrategia de Sevilla y el Marco Estatutario de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera, aprobados en 1995, que constituyen un hito en la gestión de la red, y cuyas directrices y aportaciones siguen teniendo vigencia en lo fundamental. La estrategia introduce entre sus directrices ampliar la red para abarcar nuevos espacios más transformados, impulsar la participación local en la gestión de las reservas y tener más en cuenta aspectos humanos y culturales de las mismas. Estas directrices dan una idea del creciente interés por dotar a estos espacios de recursos económicos que aseguren el bienestar de sus habitantes, generalmente a través de la puesta en valor del patrimonio cultural y del uso de herramientas de participación que den voz a estas comunidades.

Las directrices se desarrollan en propuestas agrupadas en tres objetivos, que se corresponden con las tres funciones de las Reservas de la Biosfera. Es en el segundo de estos objetivos donde se desarrolla la función de desarrollo sostenible, por lo que es la más relevante en este caso. La tabla 1 refleja las propuestas de ese objetivo en función de su contenido, clasificándolas en los siguientes tipos: participación, desarrollo, nuevos factores (que hace referencia al reconocimiento de valores culturales y humanos y la inclusión de espacios transformados dentro de la RMRB), administración y conservación. La tabla distingue también a qué escala se aplicarían cada una de las propuestas.

Analizando esta tabla podemos comprobar cómo las propuestas más directamente vinculadas al objetivo de desarrollo sostenible, es decir las de los tipos participación y desarrollo, son las más numerosas. Por otra parte ambos tipos ascienden a un total de 5, por lo que podemos considerar que se identifica el desarrollo no sólo con el aumento de ingresos del ámbito, sino también con el empoderamiento de sus habitantes. También es destacable que sólo una propuesta haga referencia a la inclusión dentro de las red de áreas transformadas y que la conservación, aunque es desarrollada en el primer objetivo, aparece en tres ocasiones dentro

del segundo, recalcando que la actividad económica de las reservas queda supeditada a la conservación de hábitats naturales. Por otra parte las propuestas centradas en la administración pretenden integrar la gestión de las reservas en la ordenación territorial del estado en el que se encuadren.

Tabla 1.
Propuestas del Objetivo II de la Estrategia de Sevilla

Tipo de propuesta	Internacional	Nacional	Reserva
Participación	1	1	3
Desarrollo	-	2	3
Nuevos factores	-	1	-
Administración	-	1	1
Conservación	-	2	1

Fuente: Elaboración propia a partir de UNESCO (1996)

Haciendo balance podemos considerar como principales aportaciones de la Estrategia de Sevilla la introducción de la participación pública, el énfasis dado al desarrollo económico y la consideración de nuevos factores a valorar en la designación de reservas dentro de la esfera de las actividades antrópicas. Las siguientes estrategias y planes de acción se mantuvieron fieles a estas indicaciones y se dedicaron a construir sobre la base de la Estrategia de Sevilla.
El siguiente momento de revisión de la red tuvo lugar en Madrid con la aprobación del plan de acción para el periodo 2008-2013. En este documento se destacan nuevas situaciones que condicionan los principios de la estrategia de Sevilla, por un lado el cambio climático representa un nuevo terreno de discusión para el desarrollo sostenible, por otro el aumento de la superficie urbanizada conlleva un deterioro de los ecosistemas y una pérdida de diversidad natural y cultural. Además en el periodo transcurrido entre la aprobación de la estrategia de Sevilla y el plan de acción de Madrid se configura el marco teórico de los servicios ecosistémicos, introducido en la evaluación de los ecosistemas del milenio. Este nuevo enfoque se emplea para reformular el objetivo de desarrollo sostenible como “el esfuerzo de diseñar y desarrollar una combinación específica para cada lugar de servicios del ecosistema (apoyo, aprovisionamiento, regulación y cultura), que posibiliten el bienestar medioambiental, económico y social de las comunidades residentes e interesadas” (UNESCO 2008). Este nuevo marco permite concretar la aspiración de incentivar actividades compatibles con la conservación, de forma que el nuevo plan de acción apuesta por atraer inversiones en las funciones ecosistémicas de aprovisionamiento, regulación del clima o de la erosión y la conservación de ecosistemas por su valor cultural.

Los planes de acción instan a las redes nacionales de reservas a que elaboren sus propios planes, para el periodo que comprende el plan de acción de Madrid se elabora en España el plan de acción de Montseny. En materia de desarrollo este plan introduce el fomento de actividades agropecuarias tradicionales, instando a dar prioridad a los espacios naturales protegidos a la hora de conceder subvenciones y ayudas agrícolas. También se propone evaluar el impacto económico de las reservas de la Biosfera, impulsar la economía de calidad y el tejido productivo de las reservas. A grandes rasgos podemos afirmar que el compromiso con el desarrollo es más explícito en el plan de la red española que en el de la red global.

2.2 El nuevo marco de la Estrategia del Programa MaB (2015-2020) y el nuevo plan de acción de Lima

La nueva estrategia del programa MaB abarca el periodo 2015-2025 y no innova demasiado sobre el plan de acción de Madrid sino que se dedica a concretar algunos de sus supuestos en

la metodología de gestión y evaluación de las reservas. La estructura de la estrategia parte de unos objetivos centrados en las funciones de las reservas de la biosfera, para los cuales se definen unos resultados esperados que se concretan en ámbitos de actuación y, estos a su vez en ejes de acción estratégicos.

El segundo de estos objetivos se centra en la función de desarrollo, en la que se introducen dos novedades. Por un lado se avanzan algunas líneas sobre el modelo económico propuesto para las reservas al destacarse el turismo responsable, las empresas ecológicas y en general las economías de calidad, como actividades potenciales clave de estos espacios en un marco de comercialización basado en la diferenciación del producto. Por otro se intentan materializar las inversiones en aquellos servicios ecosistémicos que quedan fuera de la esfera económica proponiendo mecanismos que aseguren el pago por parte de quienes disfrutan estos servicios fuera de la reserva.

Sin embargo no encontramos una correspondencia entre estos objetivos y los ámbitos de actuación y ejes de acción estratégicos. El desarrollo de una economía de calidad tan sólo se concreta en la homogeneización de la marca de calidad de productos de las reservas y no existe una mayor concreción en cuanto a las compensaciones por el uso de servicios ecosistémicos. En realidad en estos apartados de la estrategia las novedades que cobran mayor relevancia son otras: la gobernanza como modelo de gestión y la incorporación del sector privado como agente determinante en la toma de decisiones, resaltando la importancia de acceder a financiación externa. Es en este último punto en el que se centra la mayor parte del documento, por lo que pese a los avances dados en la función de desarrollo con los objetivos antes mencionados es en la introducción del sector privado, en el énfasis dado a la recaudación y en la aparición de la gobernanza donde encontramos las principales aportaciones de la estrategia del programa MaB para el periodo 2015-2025.

Por su parte el plan de Acción de Lima consiste en una matriz de acciones, ordenadas por los ámbitos de actuación definidos en la estrategia, que con una orientación basada en resultados dirigirá la actuación de la red en este periodo. El plan de acción presenta las mismas características que la estrategia, en lo que corresponde al modelo económico de las reservas y al pago por los servicios ecosistémicos no existen más directrices sino que se repite lo ya dicho en los objetivos, mientras que el acceso a financiación del sector privado aparece en la mayoría de ámbitos de actuación de una manera u otra, estando además uno de ellos dedicado exclusivamente a esta materia.

En el marco español el plan correspondiente a la estrategia del MaB es el de Ordesa-Viñamala. Este plan se reafirma en lo ya aprobado en el plan de Montseny e innova en ciertas cuestiones. Por un lado, al impulso que ya se venía dando a empresas ecológicas y sociales, se le añade ahora la valoración positiva de dichas empresa de cara a su concurrencia a los concursos públicos. Por otra parte se fomenta el uso de marcas de calidad diferentes a la de la propia reserva, además de integrar la marca RMRB (Red Mundial de Reservas de la Biosfera) y mantener las propias de la red nacional del país. Siguiendo las directrices de la estrategia del programa MaB también se hace hincapié en la colaboración con el sector privado, en parte asesorando sobre maneras de mantener actividades productivas sostenibles. Finalmente se busca concretar los mecanismos de valoración de servicios ecosistémicos que permitan cuantificar el pago que quienes se benefician de dichos servicios deberán abonar para su mantenimiento.

3. La gestión del desarrollo en los documentos de planificación de las Reservas de la Biosfera de montaña de Andalucía

3.1. Instrumentos de planificación para la gestión de las Reservas de la Biosfera en Andalucía. Gestión del desarrollo en los PORN-PRUG

La ley 4/1989 de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres

introdujo los Planes de Ordenación de Recursos Naturales (PORN) y los Planes Rectores de Uso y Gestión (PRUG) como principales instrumentos para la delimitación y gestión de espacios naturales. El primero de ellos es el de mayor importancia y el que está presente en un número mayor de espacios protegidos a nivel estatal (Troitiño et al. 2005), ya que funciona como instrumento coordinador de la ordenación territorial, urbanística y sectorial, actuando como principal elemento estructurante del territorio protegido. Sus indicaciones deberán ser respetadas por todos los instrumentos con incidencia en el territorio, constituyendo el nivel más restrictivo en cuanto a ordenación territorial. Por su parte el PRUG parte de los planteamientos del PORN y regula el uso del espacio protegido y las actuaciones a realizar para su mantenimiento, mejora o conservación.

Dados los contenidos de cada uno de estos planes, cualquiera de ellos, sino ambos, podrían incluir la dimensión socioeconómica del espacio natural protegido contemplando sus problemáticas y potencialidades y promoviendo la gestión integral del mismo. Sin embargo ambos planes tienden a ignorar la cuestión del desarrollo, centrándose en la conservación de la biodiversidad y aplicando criterios exclusivamente naturalistas, sin considerar en muchos casos el carácter cultural del territorio protegido ni la vinculación entre las actividades tradicionales y los equilibrios de los ecosistemas y de los paisajes.

Esto es especialmente cierto en el caso de los PORN, que rara vez mencionan el desarrollo económico, pero tampoco los PRUG suponen una mejoría patente, ya que si bien en algunos de ellos el desarrollo socioeconómico es un objetivo para la gestión del espacio protegido, este no llega a desarrollarse y se limita a una mera declaración de intenciones sin consecuencias reales.

Estos planes en su formulación habitual aún persisten en una visión limitada y limitante de los espacios naturales protegidos, dadas las interacciones de estos espacios con regiones mucho más amplias y su carácter multidimensional.

3.2. Los Planes específicos del modelo andaluz, los Planes de Desarrollo Sostenible (PDS)

Dadas las deficiencias mencionadas en materia de desarrollo en la planificación de espacios naturales algunas comunidades han incluido planes de desarrollo socioeconómico o planes de desarrollo integral. Andalucía fue la comunidad pionera en esta materia, ya que en la ley 2/1989 de Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía se mencionan los planes de desarrollo integral como parte de la planificación de un Parque Natural. Estos planes venían a ser una compensación para los habitantes de los Parques Naturales que percibían la protección del espacio como una limitación al desarrollo de actividades económicas y permitían incluir el desarrollo sostenible como una parte fundamental de la gestión de las áreas protegidas. La propia ley que da origen a la declaración de los Espacios Naturales Protegidos de Andalucía, apuesta por aplicar la conservación de manera que permita el desarrollo como se refleja en su exposición de motivos:

“En general, la idea de conservación debe entenderse en sentido amplio, por lo que, inherente a la misma, tiene que ir aparejada el fomento de la riqueza económica, de forma que el aprovechamiento ordenado de los recursos naturales redunde en beneficio de los municipios en que se integren y, en definitiva, de nuestra Comunidad Autónoma”

A pesar de estas y otras referencias que en dicha ley se hacen al desarrollo socioeconómico muchos de estos planes no se aprobaron sino mucho tiempo después de la declaración de los distintos espacios protegidos. En el caso de Sierra Nevada su designación como Parque se realiza en 1989 y el primer plan de desarrollo sostenible, que es el nombre dado a los planes de desarrollo integral tras su cambio en 1998, data de 2004. En 2011 se aprobó la formulación del segundo plan, sin embargo a día de hoy, aunque se cuenta con un borrador definitivo, éste no ha sido aprobado formalmente.

Los primeros PDS de los Parques Naturales andaluces fueron aprobados hace más de una década de modo que ya no están vigentes y la gran mayoría de los parques se encuentra actualmente elaborando el segundo plan. Es un caso distinto el de Doñana, que aprobó su plan de desarrollo sostenible mucho antes que los demás y hoy cuenta con uno nuevo.

Dado que el horizonte temporal de estos planes es de 6 años en la mayoría de ellos (si bien algunos se plantean como de duración indefinida) podemos comprobar que no sólo no se cumple el plazo establecido sino que éste llega a duplicarse o casi triplicarse. En el caso de algunos de los planes en desarrollo sólo se ha iniciado su formulación por imperativo legal, siendo la intención original de la administración prorrogar los existentes ya que en la mayoría de situaciones no se ha producido un avance significativo en los objetivos propuestos y ya que los PDS no cuentan con un presupuesto propio. La elaboración de nuevos planes no implicaría nuevas ayudas ni subvenciones.
Pese al reconocimiento que estos planes y la RENPA en general otorgan al desarrollo de los espacios naturales protegidos aún persiste en buena medida el modelo tradicional de conservación en sentido estricto y limitante. Los PDS, si bien constituyen un buen punto de partida para lograr un desarrollo sostenible, deben partir de un compromiso más fuerte con la población local, lo cual pasa en primer lugar por cumplir los plazos propuestos.

3.3 El Plan de Acción de RBIM (Reserva de la biosfera intercontinental del Mediterráneo)

La red de Reservas de la Biosfera también considera documentos de planificación específicos para su gestión. Estos planes se denominan Planes de Acción, y cubren los mismos aspectos que la batería de documentos que acompañan a un Parque Natural (PORN, PRUG y PDS) por lo que en Andalucía, donde existe una correspondencia casi total entre Reservas de la Biosfera y Parques Naturales estos documentos son empleados a su vez como Planes de Acción.

Sin embargo existe una excepción en el caso de la Reserva de la Biosfera Intercontinental del Mediterráneo (RBIM). Este espacio no sólo no se corresponde con un Parque Natural sino que abarca un espacio mucho mayor situado entre Andalucía y Marruecos. Esta circunstancia obliga a elaborar un Plan de Acción específico, ya que no se trata de un caso en el que puedan emplearse el resto de instrumentos existentes en la legislación española y andaluza.
Al tratarse de un ámbito tan extenso y complejo, los principales pasos dados en materia de gestión, y reflejados en los dos planes de acción aprobados hasta el momento, se centran en la consecución del fortalecimiento institucional y en la consolidación del órgano de gestión. El desarrollo socioeconómico aparece a través de ciertas propuestas generales que encajan con las directrices del programa MaB, como son las relacionadas con la producción diferenciada y de calidad o el incentivo al turismo rural, el apoyo a la agroindustria o a las actividades tradicionales sostenibles. En general, y dada la escala de planificación que impone la gran extensión de la RBIM, se plantea que las acciones para incentivar el desarrollo deben arbitrarse en otros planes de menor escala. Por lo demás, es importante destacar que la trascendencia de las actuaciones que se lleven a cabo en este tipo de reservas intercontinentales radica en que contribuyen a extender prácticas sostenibles más allá de las fronteras de un solo estado y pueden ser un marco idóneo para la práctica de la cooperación al desarrollo.

4. La implementación de actuaciones para el impulso al desarrollo

4.1 El seguimiento al PDS de Sierra Nevada

En el marco del Plan de Desarrollo Sostenible del Parque Natural de Sierra Nevada, aprobado en 2004, se recogieron las distintas actuaciones realizadas en materia de desarrollo entre 2006 y 2009. Estos datos fueron publicados en la página web de la RENPA como un informe de seguimiento del plan y nos permiten distinguir las actuaciones sobre las que se está incidiendo en mayor medida y a través de qué mecanismos.

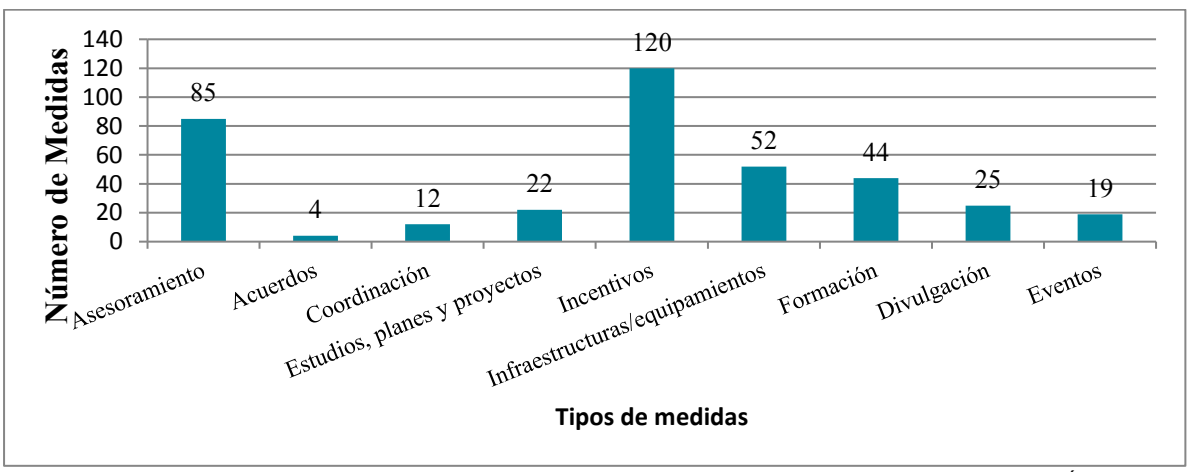
El informe distingue el tipo de medida y el programa en el que se encuadra. En este caso nos hemos limitado a analizar el programa 3, correspondiente al fomento del sistema productivo local, al ser este sector el más vinculado al desarrollo socioeconómico. Si bien existen más programas con una incidencia tangencial en el desarrollo sostenible, por ser el sistema productivo el que tradicionalmente ha quedado relegado de la gestión de espacios protegidos constituye el mejor punto de aproximación posible.

En el programa 3 el total de medidas es de 383, con una inversión total de casi 20 millones de euros. Sin embargo un hecho importante a tener en cuenta es la gran cantidad de medidas que no requieren una inversión adicional, por lo que el reparto de los fondos resulta muy heterogéneo entre todas las iniciativas contempladas.

4.2 Análisis general de las ayudas al sistema productivo local

En la figura 3 podemos comprobar el número de medidas según la tipología de la ayuda. El informe de seguimiento del PDS distingue 9 tipos de ayudas al sistema productivo: asesoramiento, acuerdos, coordinación, estudios, planes y proyectos, incentivos, infraestructuras/equipamientos, formación, divulgación y eventos.

FIGURA 3
Número de medidas por tipologías en el PDS de Sierra Nevada y porcentaje sobre el total

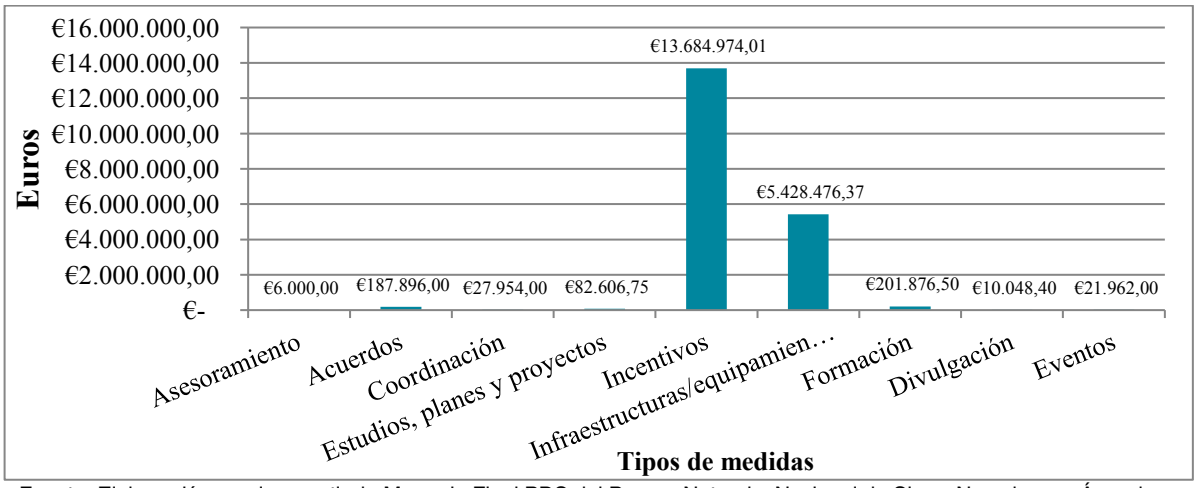


Fuente: Elaboración propia a partir de Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica (2011).

Como podemos comprobar destacan los incentivos, con una ventaja de 35 acciones sobre el segundo tipo de ayudas, que serían las de asesoramiento. Algo más lejos encontramos las infraestructuras y equipamientos y la formación, apareciendo el resto de propuestas en una proporción mucho menor. A partir de estos datos podemos caracterizar el modelo de desarrollo del PDS como centrado en los incentivos económicos a ciertos modelos de producción y la asesoría a actores del territorio que precisan información o asesoramiento.
Es necesario comprobar no sólo el número de ayudas sino también el peso de dichas medidas.

Por ejemplo, la presencia reiterada de la asesoría está justificada por el uso de recursos ya existentes, que no precisan inversión adicional, y por ser una necesidad continuada en el tiempo, mientras que otro tipo de medidas como la construcción de nuevas infraestructuras puede responder a una necesidad puntual y necesita movilizar una mayor cantidad de recursos. Las inversiones por tipos de ayudas pueden ser una buena aproximación para conocer el peso de cada uno de ellos y poder hacer una valoración más cercana a la realidad de las medidas llevadas a cabo. La figura 4 refleja el gasto en euros del total de cada tipo de iniciativa.

FIGURA 4
Inversión por tipo de medida. PDS de Sierra Nevada (2006-2009)



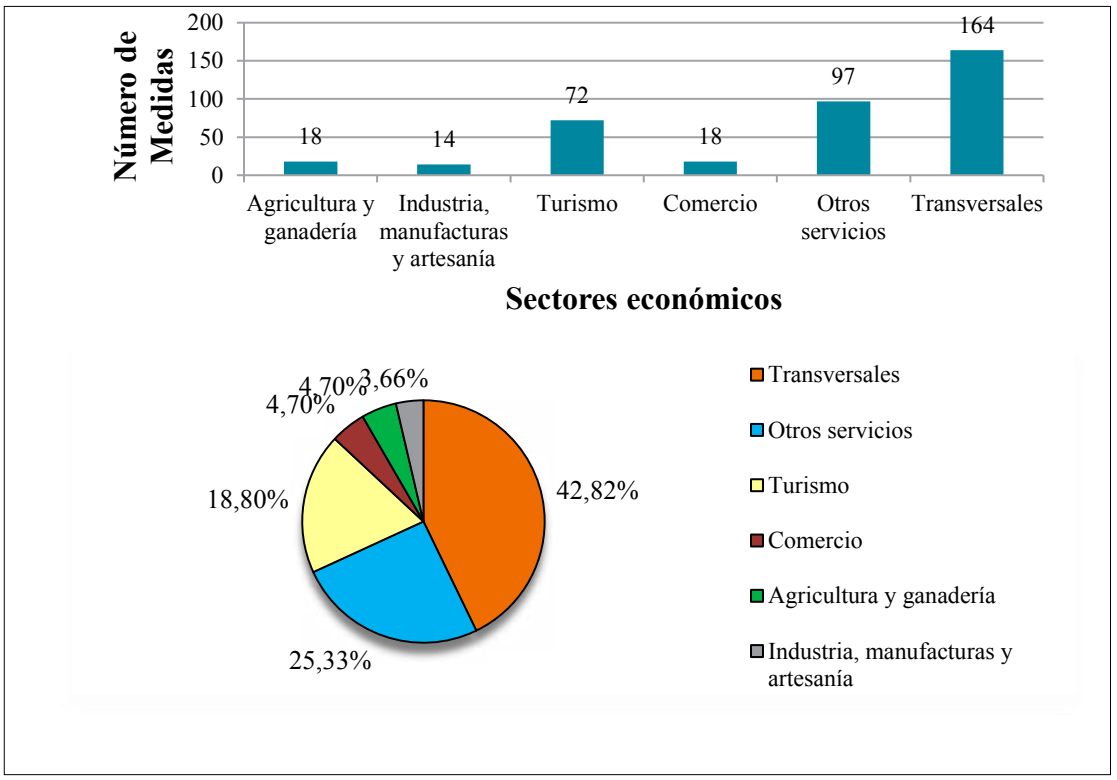
Fuente: Elaboración propia a partir de Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica (2011).

Estos datos reflejan cómo la práctica totalidad de la inversión se reparte en forma de incentivo o de financiación de nuevas infraestructuras y equipamientos, mientras que la inversión en el resto de iniciativas es prácticamente residual.

Para acercarnos al modelo económico que está siendo incentivado en el parque se han clasificado las medidas por sector económico al que afectan. La clasificación propuesta incluye seis categorías, cuatro de ellas referidas a sectores económicos específicos y los otros dos correspondientes a medidas más generales de difícil clasificación. Los sectores económicos considerados serían la agricultura y ganadería, la industria, manufactura y artesanía, el turismo y el comercio. El quinto tipo, denominado “otros servicios” hace referencia a servicios en su mayoría públicos con influencia tangencial en el resto de sectores y entre los que destaca la implantación de centros que faciliten el acceso a las TIC (Centros Guadalinfo). Finalmente el sexto tipo se refiere a medidas que afectan a todos los sectores por lo que se denominarán “transversales”, un ejemplo de este tipo de medidas es el impulso a marcas de calidad, las cuales pueden aplicarse a múltiples bienes y servicios producidos en el espacio natural protegido de Sierra Nevada.

En la figura 5 aparece representado el número de medidas del PDS según la clasificación descrita. La primera conclusión que podemos sacar es que la gran mayoría de medidas (casi un 70%) no se corresponden a un sector concreto sino que afectan al modelo productivo en general. Entre estas medidas generalistas las transversales tienen un peso mayor en cuanto a número de actuaciones que las calificadas como otros servicios. Si miramos los tipos que sí se corresponden con un sector económico es el turismo el que destaca ampliamente por encima de los demás con entre 4 y 5 veces más medidas que el resto de sectores.

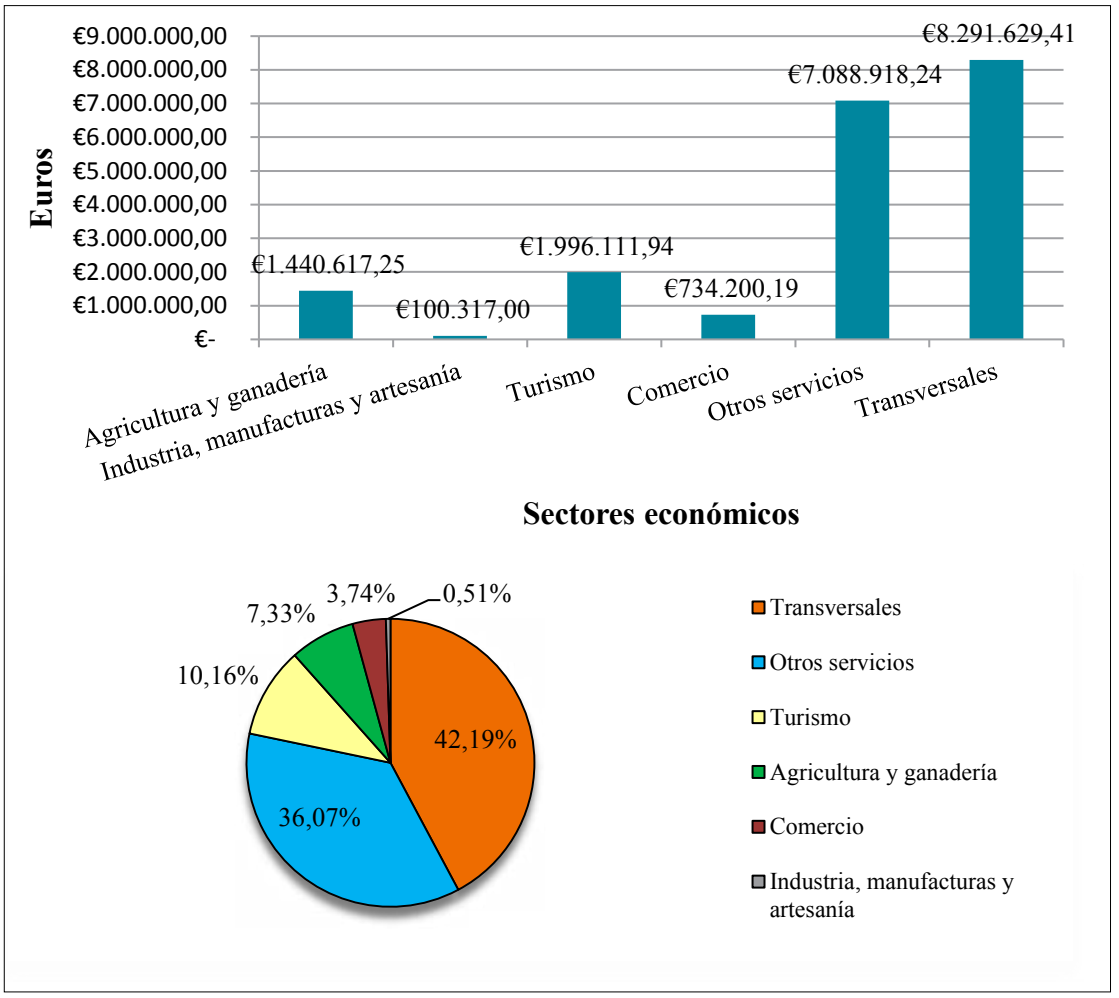
FIGURA 5
Número y % de medidas por sector económico en el PDS de Sierra Nevada (2006-2009)



Fuente: Elaboración propia a partir de Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica (2011).

Si combinamos estos datos con la inversión total por sectores (figura 6) la diferencia entre el turismo y el resto de sectores económicos disminuye, por lo que de las 72 iniciativas correspondientes a dicho sector una parte importante se dará sin inversión adicional. También destaca la pérdida de peso del sector de la industria, que ya era residual de por sí. Por otra parte la diferencia entre los tipos correspondientes a sectores específicos y los que no se ha acrecentado debido al gran peso de las inversiones en otros servicios. Ello se justifica por el peso del gasto en los centros Guadalinfo.

FIGURA 6
Inversión por sectores económicos. PDS de Sierra Nevada (2006-2009)



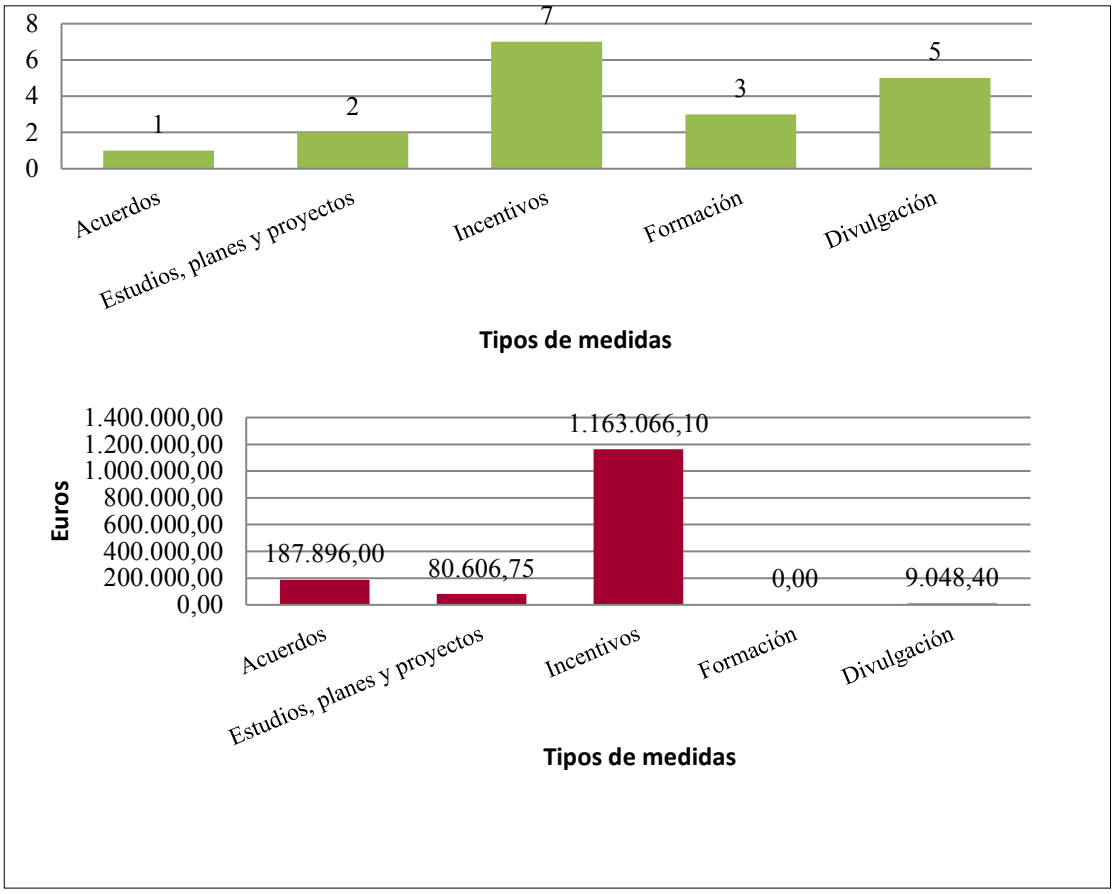
Fuente: Elaboración propia a partir de Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica (2011).

4.3 Análisis de las ayudas al sistema productivo local por sector económico y tipo

El análisis pormenorizado de cada sector de actividad nos permite conocer qué tipo de ayuda se está empleando en cada uno de ellos, lo que nos acercará un poco más al modelo productivo que se viene incentivando a través de la gestión del espacio natural.

4.3.1 Agricultura y Ganadería

FIGURA 7
Número de Medidas e Inversión en el sector de la Agricultura y la Ganadería

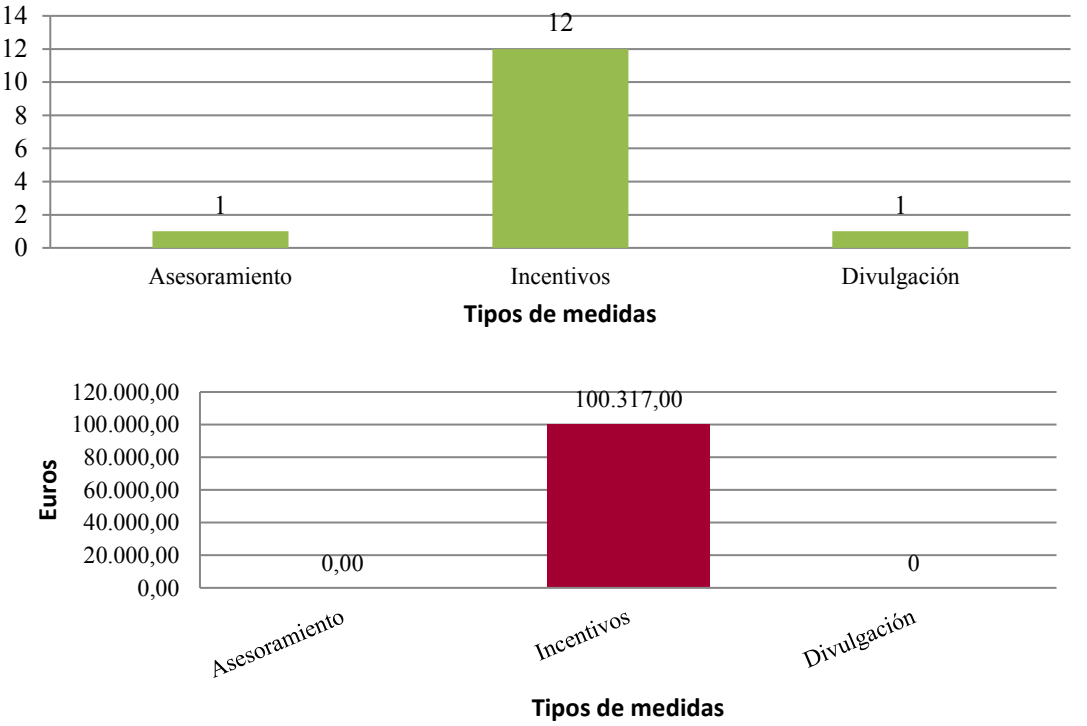


Fuente: Elaboración propia a partir de Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica (2011).

En este sector las medidas han ido enfocadas a los incentivos, a la divulgación y a la formación, de entre los que destacan los incentivos levemente en número de iniciativas pero no muy lejos de las medidas de divulgación. Son también destacables las ausencias, ya que no se han realizado trabajos de construcción de nuevas infraestructuras ni equipamientos, ni se han celebrado eventos específicos del sector ni se ha prestado asesoría en ningún caso. El análisis de los datos de inversión en euros refuerza la conclusión de que son los incentivos la principal forma de ayuda a la agricultura y ganadería prestada en estos tres años.

4.3.2 Industria, Manufacturas y Artesanía

FIGURA 8
Número de Medidas e Inversión en el sector de la Industria, Manufacturas y Artesanía

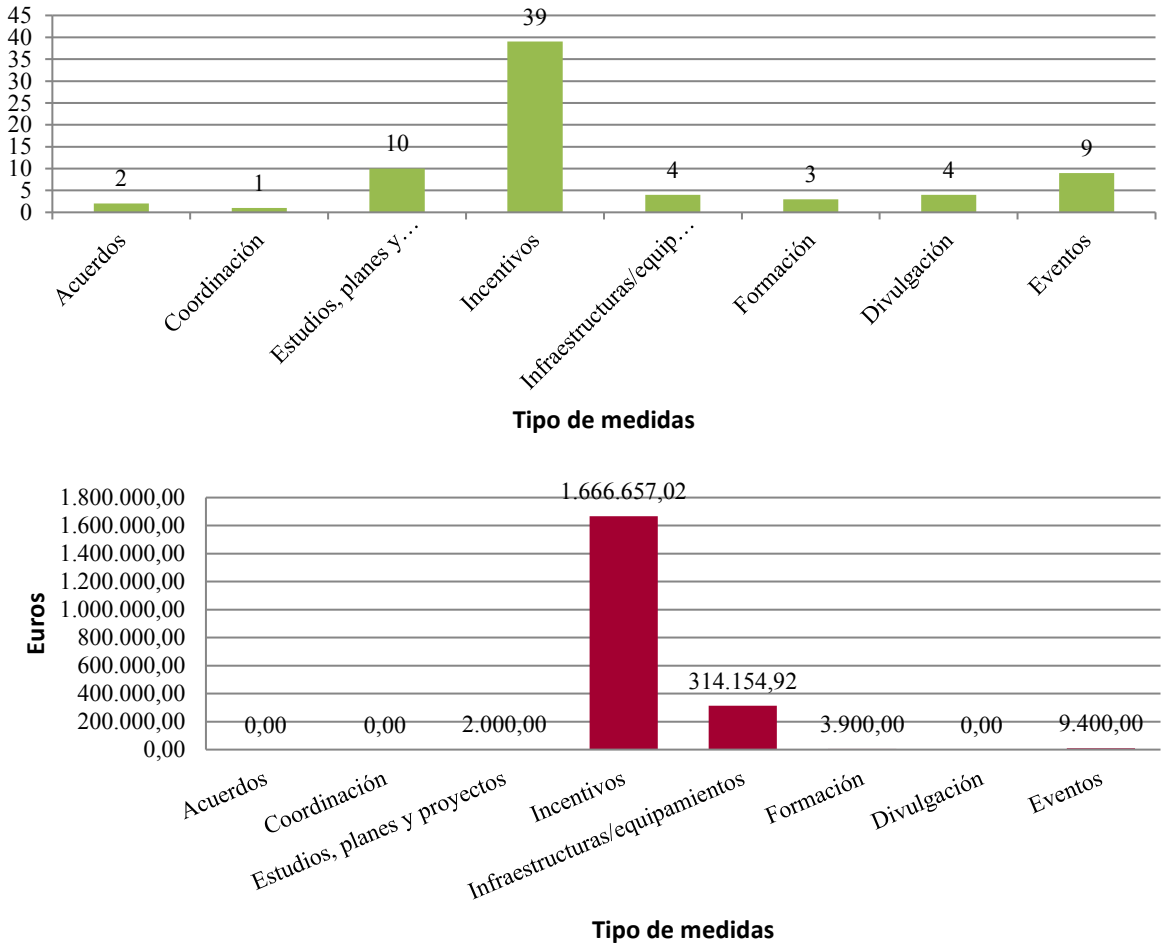


Fuente: Elaboración propia a partir de Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica (2011).

En este sector la preferencia por los incentivos como forma de ayuda al desarrollo socioeconómico está muy clara ya que hay una amplia diferencia entre el número y el peso de éstos con respecto al resto de medidas, que además no presentaron ninguna inversión. Por otra parte es importante destacar que la inversión en incentivos al sector secundario queda muy lejos del nivel alcanzado por el sector primario. La industria, la manufactura y la artesanía son con diferencia las actividades que reciben menos ayudas. Esto nos habla además de posibles deficiencias en el apoyo a la agricultura y la ganadería, en la medida en que no se fomentan suficientemente las industrias transformadoras agroalimentarias en la zona.

4.3.3 Turismo

FIGURA 9
Número de Medidas e Inversión en el sector del Turismo

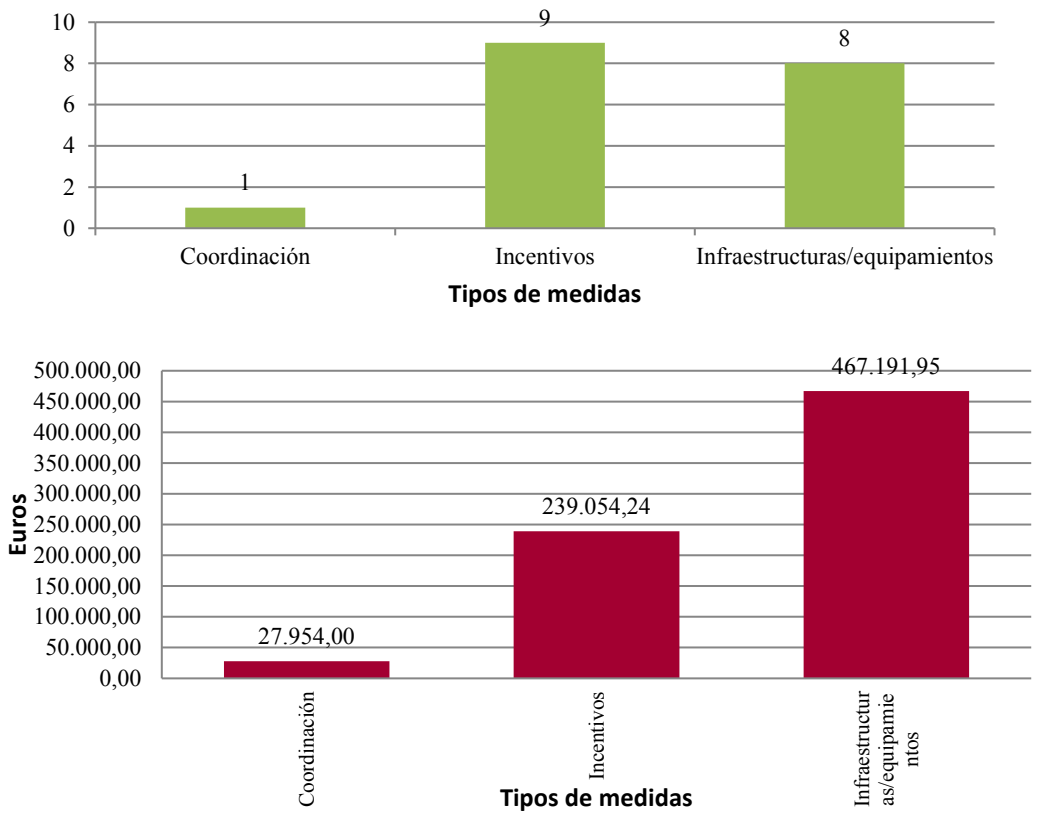


Fuente: Elaboración propia a partir de Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica (2011).

Si comparamos este sector con los anteriores podemos comprobar el énfasis dado al turismo rural y de naturaleza en la gestión del desarrollo socioeconómico. El número de iniciativas y su variedad es muy superior a las que se implementaron en el resto de sectores e incluye nuevas infraestructuras. Los datos de inversión en euros introducen un matiz a esta superioridad ya que sólo los incentivos y los nuevos equipamientos incluyen inversiones destacables, siendo la inversión en el resto de casos muy cercana a cero o directamente cero.

4.3.4 Comercio

FIGURA 10
Número de Medidas e Inversión en el sector del Comercio

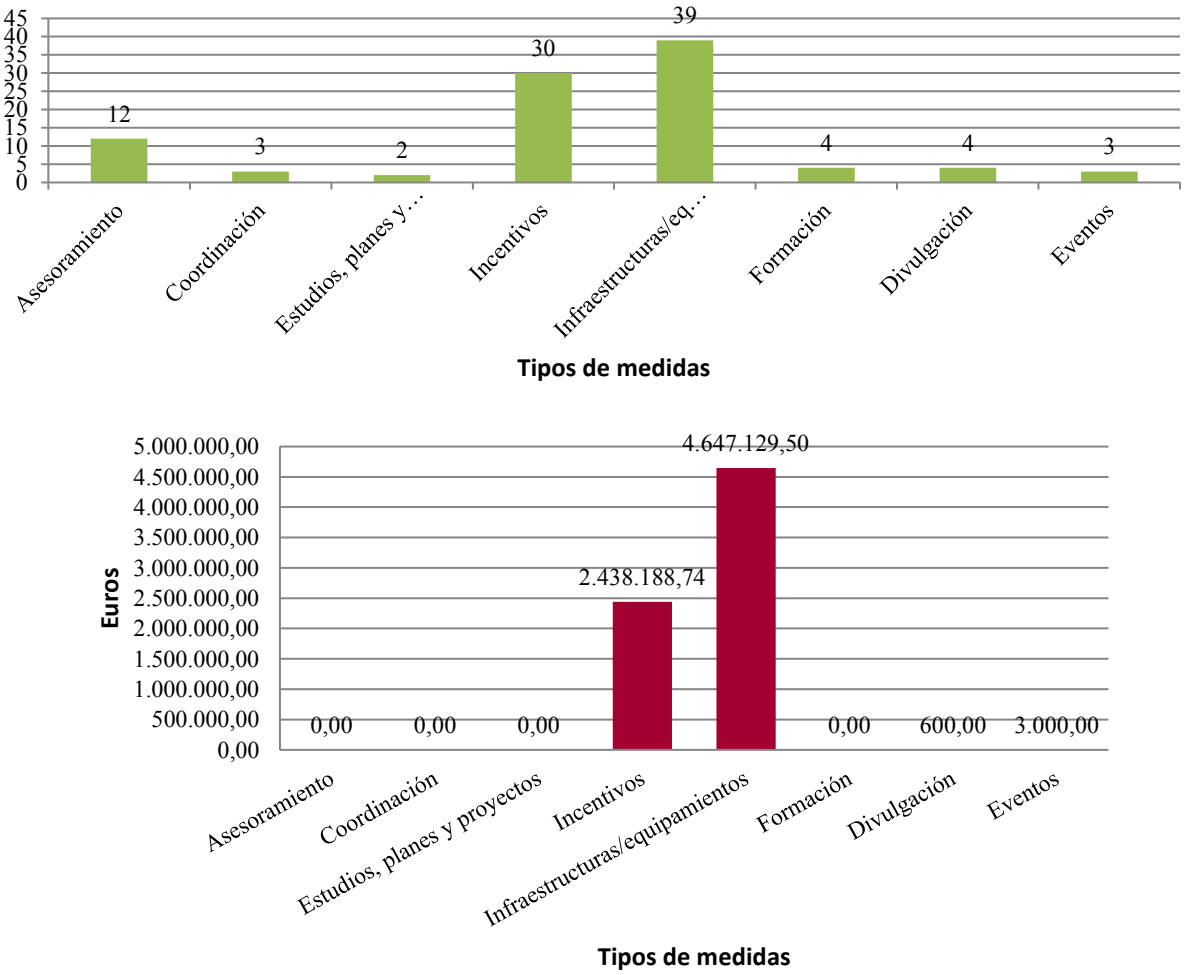


Fuente: Elaboración propia a partir de Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica (2011).

El sector comercial no es foco de un gran número de medidas pero éstas son de gran importancia por la cantidad de la inversión y el peso de las infraestructuras sobre el total de las ayudas. Estas ayudas consisten en el arreglo de mercados de abastos y calles comerciales, lo que facilita la venta de productos locales en el propio ámbito.

4.3.5 Otros Servicios

FIGURA 11
Número de Medidas e Inversión en Otros Servicios

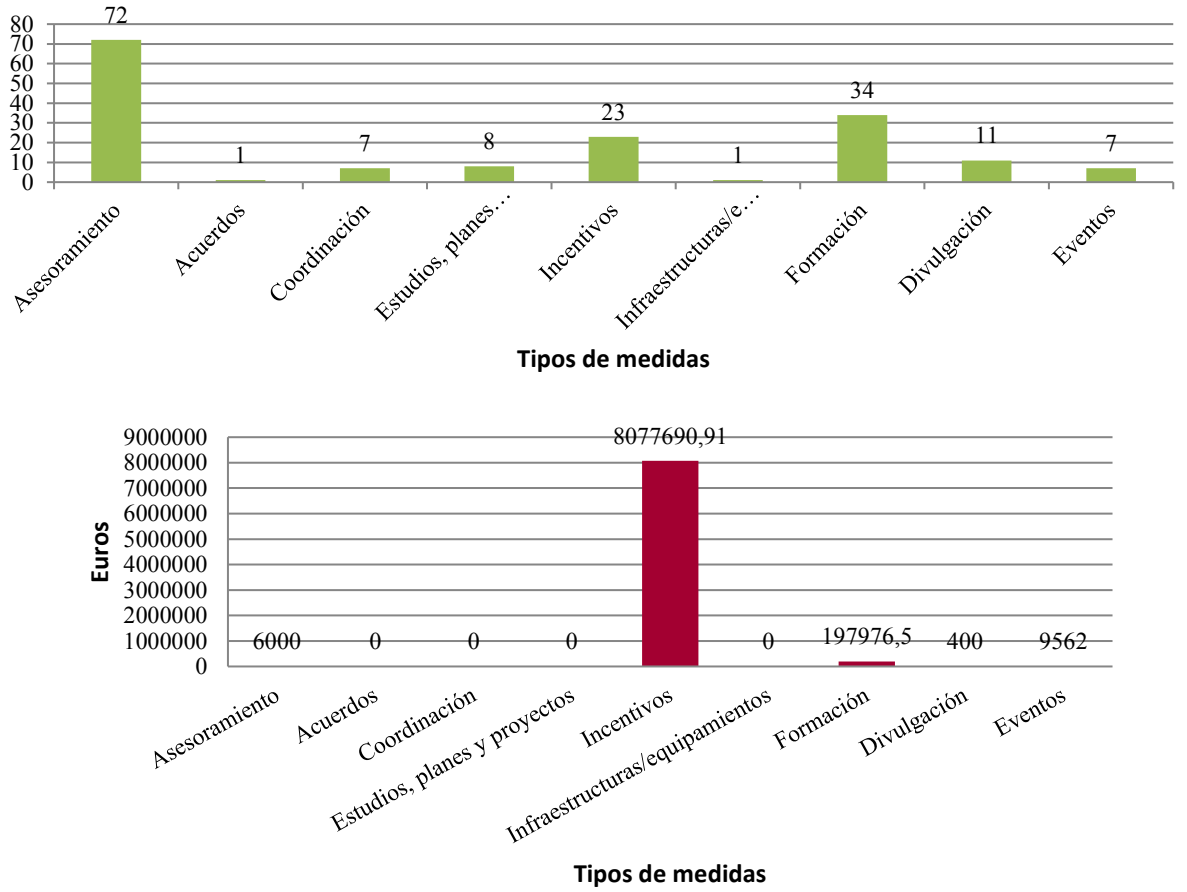


Fuente: Elaboración propia a partir de Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica (2011).

En esta tipología de medidas encontramos diversos servicios de asesoría a empresas y ciudadanos entre los que destaca la implantación de las TIC a través de los centros Guadalinfo. La totalidad de la inversión en infraestructuras de este sector se corresponde con la creación o mejora de dichos centros y una parte importante de los incentivos están centrados en la aplicación de las TICs en el tejido productivo y social del espacio natural protegido

4.3.6 Transversales

FIGURA 12
Número de Medidas e Inversión Transversales



Fuente: Elaboración propia a partir de Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica (2011).

Las medidas contempladas en este apartado abarcan una gran cantidad de ayudas que afectan a todo el modelo productivo, como consecuencia de ello aspectos como la asesoría y la formación representan la mayoría de acciones. Sin embargo esta distribución no se mantiene en los datos de inversión, ya que salvo en el caso de los incentivos la mayoría de acciones no requieren fondos adicionales.

5. Conclusiones

Los espacios de montaña constituyen espacios singulares por sus valores naturales pero también por su posición como territorios periféricos en el sistema económico global. En las últimas décadas las montañas han pasado a ser consideradas como lugares preferentes de protección y de turismo natural. El estudio de indicadores socioeconómicos como el despoblamiento revelan la incapacidad de estas actividades para sostener por sí solas un desarrollo suficiente que satisfaga las necesidades de la población local y mantenga la cohesión territorial. Modelos de gestión como el que proponen el programa MaB o la RENPA en Andalucía intentan ofrecer alternativas a esta situación a través del paradigma del desarrollo sostenible con ejemplos prácticos como la RMRB y la RENPA.

A lo largo de esta comunicación se ha destacado la gestión del desarrollo por parte de ambas redes, centrándonos en el caso de Sierra Nevada y su PDS. Las medidas contenidas en el programa 3 de dicho plan muestran el gran peso del turismo en el modelo productivo del espacio

natural protegido al concentrar gran parte de la inversión y los recursos. Por su parte el menor impulso dado a la industria es el reflejo de un modelo económico descompensado hacia los servicios, interrumpiendo la cadena de comercialización de productos agrícolas locales. Es destacable a su vez que la mayoría de inversiones en infraestructura y equipamientos corresponda a la rehabilitación de mercados y establecimientos hosteleros y a la construcción de centros Guadalinfo, sin que se hayan hecho esfuerzos reseñables en el resto de sectores.
En conclusión, si bien tanto el programa MaB como la RENPA tienen en consideración en sus planteamientos el desarrollo socioeconómico de las poblaciones residentes en espacios protegidos, la tendencia actual muestra una especialización de los espacios de montaña hacia el turismo rural y de naturaleza en detrimento de otros sectores tradicionales como la agricultura y la ganadería, con una gran relevancia en la construcción de los paisajes y ecosistemas que hoy se quieren conservar.

Referencias bibliográficas

- Comité Español del Programa MaB; Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN). (2017). *Plan de Acción de Ordesa-Viñamala 2017-2025 para la Red Española De Reservas De La Biosfera*.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía (enero 2018). *Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA)*. Recuperado de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.f497978fb79f8c757163ed105510e1ca/?vgnextoid=007fee9b421f4310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnextchannel=3bdd61ea5c0f4310VgnVCM1000001325e50aRCRD
- Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2004). Plan de Desarrollo Sostenible del Parque Natural de Sierra Nevada.
- Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2011). Memoria Final PDS del Parque Natural y Nacional de Sierra Nevada y su Área de Influencia Socioeconómica.
- Frys, W. and Nienaber, B. 2011. Protected areas and regional development: conflicts and opportunities –presented on the example of the Unesco Biosphere Reserve Bliesgau. *European Countryside*: vol. 3, issue 3: 208-226.
- Gamper, C., Heintel, M., Leitner, M. and Weixlbaumer, N. 2007. Nature Parks and Regional Development in Austria: A Case Study of the Nature Park Ötscher-Tormäuer. In *Protected Areas and Regional Development in Europe. Towards a New Model for the 21st Century*, ed. Mose, I., 75-98. England: Ashgate Publishing Limited.
- Garayo-Urruela, J.M. 2001. Los espacios naturales protegidos: entre la conservación y el desarrollo. *Lurralde Investigación y Espacio*: 24 (2001): 271-293.
- Gómez-Moreno, M.L. 2016. Montañas mediterráneas y espacios protegidos en España: oportunidades y amenazas para su desarrollo local. En *Profesionales y herramientas para el desarrollo local y sus sinergias territoriales. Evaluación y propuestas de* futuro, ed. Martínez-Puche, A., Amat, X., Sancho, I and Sanchiz, D., 621-637. Sant Vicent del Raspeig: Universitat D´Alacant
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. 2017. *Datos Espaciales de Referencia de Andalucía para escalas intermedias-DERA*. Recuperado de https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. 2017. *Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA): Padrón Municipal de Habitantes, años 1996 y 2016*. Recuperado de: http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/iea/resultadosConsulta.jsp?CodOper=104&codConsulta=72066
- Jiménez, Y., Caballero, A., & Porcel, L. (2017). Conservation-Development duality: The Biosphere Reserve Sierra de Grazalema after 40 years in the MAB programme. European Journal Of Geography, 8(2), 35-54
- Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección. Boletín Oficial del Estado. Nº 201, de 23 de agosto de 1989, págs 27071 a 27129.
- Mose, I. and Weixlbaumer, N. 2006. Protected Areas as a Tool for Regional Development?. In *Exploring the Nature of Management. The Third International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas*, ed. Siegrist, D., Clivaz, C., Hunziker, M. and Iten, S., 149-154. Rapperswil: University of Applied Sciences.
- Oficina del Programa MaB de la UNESCO en España; Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN). (2009). *Plan de Acción de Montseny 2009-2013 de la Red de Reservas de la Biosfera Española (RRBE)*.
- Parque Natural Sierra de Grazalema, 2005. Asistencias Técnicas Clave. En *Estudio sobre la evolución socioeconómica de los municipios que integran el área de influencia socioeconómica de los veinticuatro parques naturales de Andalucía*. Sevilla: Ed. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Work document.
- Rodríguez-Martínez, F. 2001. Las montañas andaluzas en la encrucijada del desarrollo rural. *Ería*: 54-55: 125-139.
- Rodríguez-Martínez, F. 2001. Las montañas andaluzas en la encrucijada del desarrollo rural. *Ería*: 54-55: 125-139.
- Secretaría del Programa MaB en España (coor). 2014. *Guía de Reservas de la Biosfera Españolas. Armonía hombre-naturaleza*. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Servicio de Coordinación y Gestión RENPA. 2017. *Anuario de Indicadores de la Red de Espacios Naturales*

Protegidos de Andalucía 2016. Sevilla: Dirección General de Gestión del Medio Natural y Espacios Protegidos Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía.

- Tolón Becerra, A., & Lastra Bravo, X. (2008). Los Espacios Naturales Protegidos. Concepto, evolución y situación actual en España. *M+A. Revista Electrónic@ De Medioambiente.*, *5*, 1-25.
- Troitiño Vinuesa, M. (1995). Espacios Naturales Protegidos y Desarrollo Rural: Una Relación Conflictiva. *Boletín De La AGE*, *20*, 23-37
- Troitiño Vinuesa, M., de Marcos García-Blanco, F., García Hernández, M., del Río Lafuente, M., Carpio Martín, J., de la Calle Vaquero, M., & Abad Aragón, L. (2005). Los Espacios Protegidos en España: Significación e Incidencia Socioterritorial. Boletín De La A.G.E, 39, 227-265.
- UNESCO; RMRB. (2016). *Plan de Acción de Lima para el Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO y su Red Mundial de Reservas de Biosfera (2016-2025)*.
- UNESCO (1996). Reservas de biosfera: La Estrategia de Sevilla y Marco Estatutario de la Red Mundial. UNESCO, Paris.
- UNESCO. (2008). *Plan de Acción de Madrid para las Reservas de Biosfera (2008-2013)*.
- UNESCO. (2015). *Estrategia del Programa el Hombre y la Biosfera para el periodo 2015-2025*. París.
- Villa, A. 2010. Servicios Ecosistémicos en las Reservas de la Biosfera de Andalucía, España: expresiones culturales y turísticas. In *Reservas de la Biosfera. Su contribución a la provisión de servicios de los ecosistemas*, ed. Araya Rosas, P. and Clüsener-Godt, M., 101-118. Francia: UNESCO.
- Voth, A. (2016). Recent trends and future of protected areas in southern Spain. In Hammer, T., Mose, I., Siegrist, D., & Weixlbaumer, N., Parks of the Future. Protected Areas in Europe Challenging Regional and Global Change (125-136). München: Oekom Verlag.

DISTINTOS ENFOQUES DE PARTICIPACION SOCIAL EN LOS PLANES DE DESARROLLO RURAL

ITZIAR BARINGA-REMENTERIA ZABALETA; ARTITZAR ERAUSKIN-TOLOSA
itziar.barinagarementeria@ehu.eus, artitzar.erauskin@ehu.eus
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

RESUMEN

Sobre los espacios rurales existen distintas visiones e intereses que deben ser considerados en los planes de desarrollo rural. Sin embargo, los resultados obtenidos a través de procesos participativos difieren dependiendo de la implicación y responsabilidad de los participantes, así como del método de participación empleado. Este trabajo (1) revisa brevemente las teorías de los enfoques participativos en los planes de desarrollo rural; (2) desarrolla un marco conceptual para el análisis; y (3) presenta una aplicación empírica del marco mediante el uso de datos obtenidos de un estudio de caso. Es decir, se parte de un estudio de evaluación de planes de desarrollo rural para el municipio de Mutriku (País Vasco) aplicando el método de Evaluación Multicriterio Social, y se comparan los resultados con los obtenidos de un análisis multivariable aplicado a una encuesta realizada a una muestra representativa del municipio.

Palabras clave: Participación; desarrollo rural; participación cualitativa; participación cuantitativa; Evaluación Multicriterio, análisis multivariable

ABSTRACT

On rural areas' development plans different views and interest should be considered. In addition, the results obtained through participatory processes differ depending on both the involvement and responsibility of the participants and the method of participation used. This paper (1) briefly reviews theories of participatory approaches in rural areas' development plans; (2) develops a conceptual framework for the analysis; and (3) presents an empirical application of the framework by use of data obtained from a case study. In this study, we compare the results obtained by a Social Multicriteria Assessment method (qualitative method) with those results of a multivariate method (quantitative method) which have been part of an evaluation study of rural development plans for the municipality of Mutriku (Basque Country).

Keywords: *Participatory approaches; rural development; Multicriteria evaluation, multivariate analysis*

1. Introducción

Las zonas rurales de las regiones industrializadas europeas han sufrido importantes cambios en las últimas décadas debido a la transformación de los modelos agrícolas y forestales y la presión urbanística. Los espacios rurales ya no se valoran únicamente por su función de productores agrícolas, sino que ofrecen distintas alternativas de uso, a menudo en conflicto entre sí. Además de la función agrícola los espacios rurales ofrecen servicios ambientales, sociales y culturales fundamentales (Power, 2010).

A su vez, las políticas de desarrollo rural han ido adoptando un enfoque intersectorial y una visión más orientada al territorio, prestando atención a la relevancia de los servicios ecológicos y culturales que producen tanto los ecosistemas agrarios como forestales (Marsden & Sonnino, 2008; van der Ploeg, Jan Douwe & Marsden, 2008). Así, el desarrollo rural en Europa ha evolucionado gradualmente de tener un enfoque únicamente centrado en la agricultura hacia un desarrollo más integrado, que incluye un vasto vector de actores no agrarios (Horlings &

Marsden, 2014; Marsden & Sonnino, 2008). La conveniencia de la implicación de la sociedad en la gestión de los recursos naturales, y entre estos de los espacios rurales, es una cuestión reconocida (Pretty, 2003; Reed, 2008; Ribot, 2002), siendo la participación de los actores implicados uno de los pilares de la buena gobernanza (O'Farrell & Anderson, 2010; Wilson, 2008).

Los argumentos que justifican la participación social en las decisiones sobre políticas de desarrollo rural son diversos. Por un lado, la participación social en la definición de las políticas públicas enriquece y aumenta la calidad de los procesos de decisión aportando conocimiento del entorno y de los distintos intereses que confluyen en el mismo. Así, la inclusión del conocimiento local en los procesos de evaluación mejora la planificación de territorios rurales al considerar aspectos específicos relacionados con el paisaje, la cultura o las características del medio (Tress & Tress, 2003; Zoppi & Lai, 2010). Por otro lado, la valoración integral de los espacios rurales requiere múltiples fuentes de conocimiento para abarcar procesos complejos que ocurren a distintas escalas temporales y espaciales (Fish, Ioris, & Watson, 2010a). Es por tanto importante integrar diferentes tipos de conocimiento e información, como el conocimiento de expertos y de los actores sociales locales (Raymond et al., 2010; Stringer & Reed, 2007; Whitfield, Geist, & Ioris, 2011). Además, la interdependecia entre los sistemas naturales y la sociedad muestra que las decisiones participativas tienen mayor probabilidad de éxito que la gestión autoritaria. La colaboración entre distintas escalas de actores sociales e institucionales ayuda a interpretar y gestionar adecuadamente los sistemas socioecológicos complejos y dinámicos (Schultz, Duit, & Folke, 2011). Si los procesos de decisión son transparentes y así lo perciben los participantes, su mayor aceptación aumenta la eficiencia de los acuerdos y medidas, y refuerzan la legitimidad de los mismos (Bergseng & Vatn, 2009; Rauschmayer, Berghöfer, Omann, & Zikos, 2009; Schultz et al., 2011). De forma adicional, la participación de los ciudadanos en los procesos de decisión contribuye al aprendizaje social (Garmendia & Stagl, 2010) y al empoderamiento de la ciudadanía (Pahl-Wostl, Mostert, & Tàbara, 2008; Tàbara & Pahl-Wostl, 2007).

Por tanto, la combinación de procesos participativos ascendentes (*bottom up*) junto a la implicación de las instituciones (*top down*), se perfila como elemento indispensable para la gestión de los recursos naturales y la consecución de modelos de desarrollo sostenible local (Kok, Biggs, & Zurek, 2007, Stenseke, 2009). La Política Agraria Común europea (PAC), con el enfoque LEADER, apuesta por esta línea, impulsando los procesos participativos entre actores institucionales, técnicos, económicos y sociales a escala local a la hora de establecer las bases de las políticas de desarrollo rural y la consiguiente planificación del suelo no urbano.

Esta comunicación está estructurada de la siguiente manera: en el apartado 2 se revisa la literatura sobre la participación social en los procesos de evaluación de los planes de desarrollo rural. En el apartado 3 se presenta un marco teórico para el estudio de estos procesos participativos. En el apartado 4 se aplica el marco teórico al caso de la evaluación de planes de desarrollo rural para el municipio de Mutriku (País Vasco) y se presentan los resultados obtenidos. Finalmente, en el apartado 5 se recogen las principales conclusiones.

2. ¿Quién y cómo participa en la evaluación de los planes de desarrollo rural?

Los actores sociales asumen distintos roles en los procesos participativos, participando como consumidores, productores o expertos en la materia. Siguiendo este enfoque se puede definir un actor social como alguien con un interés específico personal o profesional en el objeto de estudio (Kahane, Loptson, Herriman & Hardy, 2013). Es importante la inclusión de todos los actores sociales relevantes desde el punto de vista de la calidad de la información, así como desde el punto de vista de la sostenibilidad, considerando que todas las opiniones e intereses tienen derecho a participar (Deneulin, 2009). Diversos autores señalan la necesidad de que los procesos de participación cuenten con un amplio abanico de participantes de diversas áreas (Kok et al., 2007; Patel, Kok & Rothman, 2007; Scholes y Biggs, 2004).

Por tanto, la participación social en las decisiones sobre recursos naturales plantea cuestiones básicas a considerar como son el grado o la intensidad del proceso de participación, la selección de los actores sociales participantes y el modo o método de participación empleado (Videira et al., 2006; Zografos, 2010). Estas cuestiones están relacionadas entre sí y determinarán la calidad y legitimidad de los procesos participativos (Reed, 2008).

La primera de ellas es el grado de implicación y las consecuencias de los procesos participativos. En los procesos de participación complejos, existiendo un amplio abanico de posibilidades en cuanto a la contribución de los participantes se refiere; desde la mera comunicación a los actores sobre las decisiones tomadas por los decisores hasta la implicación en la ejecución y revisión de los acuerdos tomados (Carnoye & Lopes, 2015; Cornwall, 2008). Desde que Arnstein (1969) planteó la escalera de participación, han sido numerosos los estudios sobre los grados y la responsabilidad de los participantes en las decisiones y posterior ejecución de las mismas. El grado de participación está relacionado con la responsabilidad que se otorga a los actores sociales, y en última instancia con la forma de distribuir el poder sobre las decisiones.

En segundo lugar se encuentran las cuestiones estrechamente relacionadas entre sí: la selección de actores sociales participantes y el método de participación. La selección de los participantes es determinante para la eficacia del proceso participativo, y plantea la cuestión de la legitimidad de los actores para participar y tomar decisiones. Varios autores (Cornwall, 2008; Kolinjivadi, Gamboa, Adamowski & Kosoy, 2015) señalan que existen procesos en los que un grupo social ejerce influencia sobre el resto imponiendo su criterio, la asimetría en la información entre los participantes o la auto exclusión de ciertos sectores sociales por su debilidad o imposibilidad de participar. De igual modo alertan del peligro que existe en las negociaciones sobre planificación de desarrollo rural, donde sistemáticamente quedan fuera de los procesos participativos actores relevantes debido a su incapacidad o a su debilidad. La selección de los participantes es por tanto decisiva y debe ser acorde con los objetivos y la naturaleza del proceso participativo. Reed et al. (2009) subrayan la importancia de realizar un análisis previo de los actores sociales y no improvisar en su elección.

La tercera cuestión a considerar es la relativa al tipo de información que se pretende obtener a través de los procesos participativos. Así se puede hablar de métodos cuantitativos o métodos cualitativos de participación. Para los procesos participativos cualitativos se seleccionan previamente los actores participantes, con el objetivo de que todos los intereses y sensibilidades queden representados. A través de estos métodos de participación además de datos y cifras se obtiene información cualitativa referente al objeto de estudio.

Los procesos de participación cualitativos como entrevistas en profundidad o grupos de trabajo ofrecen la posibilidad de profundizar en el problema que se trata, y de obtener información amplia y detallada. Del mismo modo, estos métodos ofrecen el tiempo suficiente a los analistas y actores sociales para pensar, aprender a lo largo del proceso y adaptarse a la complejidad de los procesos de evaluación (O´Neill, 2001).

Este tipo de metodologías participativas permite conocer las relaciones que existen entre los actores, el posicionamiento de estos frente a distintas alternativas y la posibilidad de crear coaliciones o conflictos (Reed et al., 2009). Las dinámicas de grupo son adecuadas para acercar posturas extremas y buscar acuerdos intermedios y consensos, así como para dotar al proceso de la transparencia necesaria y son especialmente adecuados para la resolución de problemas complejos, en los que es necesario un proceso de conocimiento mutuo y adaptación al proceso (Gamboa & Munda, 2007; Reed, 2008; Reed et al., 2009).

Los métodos cuantitativos ofrecen la ventaja de disponer de información objetiva y la posibilidad de aplicar técnicas estadísticas robustas y ampliamente contrastadas.

En este trabajo se pretende abordar la cuestión sobre la legitimidad para participar en la toma de decisiones sobre desarrollo rural y usos del suelo rural. La participación social en las políticas de

desarrollo está aceptada tanto a nivel académico como a nivel político, pero el grado y modo de participación siguen siendo motivo de debate. El método de participación social en las políticas de desarrollo rural dependerá del sujeto social que se considere legitimado a tomar decisiones sobre las alternativas de desarrollo y por consiguiente futuros usos del suelo, es decir, el debate de si el sujeto legitimado a tomar dichas decisiones es toda la población o son los actores con influencia e intereses en el suelo rural.

Para profundizar en dicha cuestión, la combinación de distintos métodos de participación y el contraste entre los resultados obtenidos se presenta como una herramienta sumamente válida. Los numerosos trabajos de investigación tanto a nivel teórico (Lyam, Jong, Sheil, Kusumanto & Evans, 2007) como de trabajos aplicados (Carmona-Torres et al., 2016; Garmendia & Stagl, 2010; Kok et al, 2011; Partidario et al., 2009) muestran el interés de este tipo de estudios.

3. Estudio de caso

El proceso de evaluación de alternativas de desarrollo rural se ha realizado sobre el suelo rural de un municipio costero del País Vasco, Mutriku, coincidiendo con la elaboración por parte de la administración local del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU). Este municipio se sitúa en el extremo occidental de la provincia de Gipuzkoa y ocupa una extensión de aproximadamente 2.800 hectáreas. Debido a su particular emplazamiento, con una orografía muy montañosa y valles estrechos, y al no estar en el eje de las principales vías de comunicaciones, el grado de desarrollo industrial de este municipio ha sido menor en comparación con el resto de los municipios del área. De modo que, el suelo rural de Mutriku ha mantenido básicamente el paisaje tradicional de las zonas rurales de media montaña del País Vasco. El bosque ocupa gran parte del suelo rural de Mutriku, el 75,76% de la superficie (Inventario Forestal de 2010) habiendo aumentado notablemente las especies alóctonas en las últimas décadas. Sobresalen los macizos de Izarraitz, Andutz y Arno, siendo este último Zona de Especial Conservación (ZEC) debido al gran valor de la encina atlántica que abunda en ese lugar.

Los principales problemas que se han identificado en esta zona rural para el desarrollo sostenible son:

- El progresivo abandono de la actividad agraria. Las tierras de cultivo se han reducido de 492 hectáreas cultivadas en 1954 a 55.91 hectáreas en 2012, mientras la superficie de bosque de coníferas ganaba lugar. La actividad agraria se ha reducido notablemente, y la mayoría de las explotaciones son de agricultores que trabajan de forma mixta en la agricultura y en la industria u otras actividades laborales. Así mismo, se observa una elevada tasa de envejecimiento de los agricultores, y el relevo generacional no está garantizado. El descenso de la actividad agraria ha supuesto un importante cambio en el paisaje, donde el caserío tradicional está a punto de desaparecer y con ello toda una cultura y una forma de vivir.
- Muchas de las tierras tradicionalmente empleadas en la agricultura y ganadería han pasado a ser bosques de coníferas. En 1954 los bosques de coníferas ocupaban 484,9 hectáreas y en 2012 1.176 hectáreas. Este cambio de uso de la tierra supone un importante cambio en el paisaje provocando desacuerdos y debate en la población.
- Las explotaciones agrarias actuales dependen en gran medida de las subvenciones públicas, desarrollando actividades dirigidas a dichas ayudas en gran medida. La existencia de importantes núcleos industriales en el valle provoca una actividad agraria complementaria de las rentas obtenidas en la industria.
- Escases de tierras aptas para la agricultura y dificultad de acceso a las mismas. Debido a la orografía del lugar las tierras para la agricultura son las de los fondos de los valles, siendo muy escasas. Estas tierras soportan una gran presión urbanística al estar en un valle industrializado y cerca de ciudades densamente pobladas (Eibar, Elgoibar o Ermua). Además, existe una cultura entre la gente de los caseríos y propietarios de mantener las tierras en la familia y no cederlas a terceros. Estos motivos dificultan el acceso a las tierras a emprendedores agrícolas y a las nuevas explotaciones.

- La proximidad de núcleos urbanos y la estrecha relación existente entre la zona rural analizada y las zonas urbanas cercanas, y las redes sociales existentes entre habitantes rurales y urbanos constituyen un mercado potencial interesante para un modelo de agricultura dirigido a la población urbana que busca la calidad en los productos y procesos productivos respetuosos con el medio ambiente. Sin embargo se percibe necesidad de mayor conciencia social sobre las diversas funciones de la agricultura y las zonas rurales para que estos mercados urbanos se desarrollen.

4. **Resultados**

Se ha realizado una valoración de alternativas de desarrollo rural combinando dos metodologías participativas. En primer lugar se realizó un proceso de evaluación utilizando la metodología de Evaluación Multicriterio Social (EMCS). Posteriormente se contrastaron los resultados con los obtenidos a través de aplicar el método de Análisis de Componentes Principales sobre la información recogida en una encuesta realizada a una muestra representativa de la población del municipio de Mutriku. La aplicación de dos métodos distintos métodos de participación social permiten observar las similitudes y diferencias obtenidas.

4.1. Evaluación Multicriterio Social para alternativas de desarrollo rural

4.1.1. Metodología de la Evaluación Multicriterio Social

La Evaluación Multicriterio Social es uno de los métodos de la familia de la Evaluación Multicriterio, diseñada para la resolución de problemas socio-económicos**.** La Evaluación Multi-Criterio (EMC) es una metodología de uso común en la planificación territorial (Orea & Villarino, 2013). La EMCS se caracteriza por introducir una perspectiva integradora y participativa dirigida a facilitar la búsqueda de soluciones en situaciones como las relacionadas con la gestión de recursos naturales o la planificación territorial. Sus fundamentos metodológicos pueden resumirse de la siguiente manera (Munda, 2004, 2008):

- Inclusión de la dimensión social a través de la incorporación de mecanismos de participación. De esta forma consigue incorporar al proceso de decisión los múltiples valores legítimos existentes en la sociedad.
- Uso de diferentes tipos de conocimiento: el conocimiento de los expertos, el de los gestores públicos y el de los actores sociales.
- Metodología multidiciplinar. Incorporación de las distintas dimensiones de los sistemas socio-económicos. Considera aspectos y áreas diversas a través de distintas disciplinas científicas.
- Naturaleza transdisciplinar. Afronta la inconmensurabilidad técnica integrando los diferentes tipos de información disponibles. La EMCS es un método que permite utilizar tanto información cuantitativa como cualitativa gracias a la teoría de los conjuntos borrosos o fuzzy sets.
- Desarrollo transparente. Las asunciones realizadas deben ser claramente explicitadas y conocidas por todos los participantes en el proceso.
- Las matemáticas como elemento esencial. La ordenación de las alternativas evaluadas en la Matriz de Impacto Multicriterio se deriva de la resolución de un algoritmo.

A través de la EMC se evalúan las distintas posibilidades (alternativas) ante un problema, considerando aspectos importantes de diferentes ámbitos (criterios). Este método por lo tanto tiene en cuenta que en los procesos de toma de decisiones, la estructuración de los problemas resulta tan importante como la evaluación de las alternativas (Roy, 2005).

El proceso de evaluación comienza con un análisis institucional, en el que se define el problema y se identifican los actores sociales implicados. En las fases posteriores, mediante un proceso participativo se seleccionan los criterios y se definen las posibles

alternativas. Finalmente aplicando un método de agregación, se evalúan las alternativas y se ofrece un ranking de las mismas, ordenadas según su idoneidad. Una de las características de la EMCS es que además de la evaluación técnica mencionada, también permite realizar una evaluación social para conocer el posicionamiento de los distintos grupos sociales respecto a las distintas alternativas planteadas y el riesgo de conflicto que conlleva cada una de las alternativas, lo que permite completar el proceso de evaluación.

El equipo investigador selecciona a los actores participantes. En la selección se pretende abarcar a todos los agentes e instituciones relacionados con el suelo rural objeto de estudio, así como recoger todos los intereses y sensibilidades sobre los posibles planes de desarrollo para la zona objeto de estudio. En la EMCS la información obtenida a través de la participación social cualificada es un input para la concreción del problema y la definición de los criterios de evaluación y las posibles alternativas de desarrollo.

La EMCS ha sido aplicada en problemas de diversa naturaleza (del agua, políticas de sostenibilidad urbana, desarrollo regional, regadío de tierras de labor, planificación y gestión de áreas protegidas, etc.) siempre dentro del enfoque de la sostenibilidad (Etxano, 2015). Cabe citar, por ejemplo aplicaciones en la provisión y gestión Es por tanto un método robusto y contrastado, cuya utilidad y aplicabilidad queda patente en los numerosos estudios sobre casos reales en los que se ha aplicado.

4.1.2. Proceso participativo

Se seleccionaron actores sociales relacionados con la zona rural, que pudieran aportar información de interés y estuvieran capacitados para participar en un proceso de evaluación de esta índole. Se clasificó a los actores participantes en cuatro grupos según sus intereses basándose en anteriores trabajos de investigación (Kok et al., 2007): actores institucionales (representantes municipales y de la Diputación), actores técnicos (pertenecientes a organismos y entidades de desarrollo rural), económicos (propietarios de tierras en el suelo rural y trabajadores agrarios y forestales) y actores sociales (usuarios del suelo rural con fines deportivos y de ocio). El proceso de identificación de los actores ha fue progresivo según se iba profundizando en el análisis institucional y en la definición del problema.

Es importante que el proceso participativo comience con el inicio del proceso de evaluación, y se distribuya a lo largo de todo el proceso (Reed, 2008). En este trabajo de investigación el proceso participativo se puso en marcha durante la presentación pública del proyecto, en enero de 2014, y comenzó con las primeras entrevistas en profundidad. Se organizaron dos dinámicas de grupo o *focus groups*, uno para la definición de criterios y otro para las alternativas y finalmente, se presentaros los resultados técnicos obtenidos para que fueran contrastados y poder completar el proceso de evaluación.

Se realizaron 32 entrevistas en profundidad entre febrero de 2014 y mayo de 2015, reuniéndose varias veces con los actores de mayor interés. La fecha y hora de las entrevistas se acordaron según preferencias y necesidades de los entrevistados, y el entrevistador se desplazó en todos los casos al lugar propuesto por el entrevistado. De esta forma se creó una relación de confianza entre el entrevistador y el entrevistado, y se obtuvo un conocimiento profundo sobre los intereses, deseos y expectativas de los distintos actores sociales.

Las entrevistas se realizaron con un guión abierto y flexible, y disponiendo siempre de un margen amplio de tiempo. Se diseñaron dos guiones distintos para las entrevistas. En el primero se plantean las cuestiones generales de la investigación como la definición del problema, los aspectos importantes a considerar para el desarrollo o las posibles alternativas de futuro. El segundo tipo de entrevistas se diseño para la evaluación de ciertos criterios y la definición de las alternativas y estaba dirigido a técnicos y expertos en desarrollo rural.

Una vez que el equipo de investigadores dio por concluido el análisis institucional e identificación de los principales problemas para el desarrollo rural, en junio de 2014 se organizó un taller para la elección de los criterios de decisión. En este primer taller, los actores sociales invitados discutieron sobre la problemática a la que se enfrenta el suelo rural para el desarrollo, y se seleccionaron seis aspectos relevantes a considerar en los planes de desarrollo. Estos aspectos son la base de los criterios de evaluación que posteriormente definió el equipo de investigación. En un segundo taller, en enero de 2015, una vez contrastados y aceptados los criterios mencionados, los actores sociales discutieron y debatieron sobre las posibles alternativas de desarrollo planteadas por el equipo de investigadores. En las dos convocatorias se comenzó la reunión con una presentación sobre los temas a tratar y el orden en el que serían trabajados. Después de la presentación miembros del equipo de investigación promovieron el debate, con el objetivo de que los actores reflexionaran y maduraran sus opiniones. En una segunda parte de las dinámicas, se agrupo en dos grupos pequeños a los actores para que estos pudieran expresar sus opiniones de forma más relajada y con mayor comodidad. La agrupación se realizo según lo planificado antes de celebrar la dinámica de grupo para que estos fueran heterogéneos y contemplaran todas las distintas sensibilidades presentes en el proceso. En cada grupo dos investigadores dinamizaban y dirigían el debate. Finalmente, cada subgrupo presento las ideas debatidas y los temas que se consideraron más relevantes, conformando una lista de criterios más importantes en la primera reunión y de posibles alternativas de desarrollo en la segunda.

Cabe señalar la relevancia de la participación social en la definición de las alternativas, obligando al equipo de investigación a replantear la propuesta inicial. En este caso por tanto, se puede asegurar que la participación social fue decisiva por el conocimiento concreto de la problemática, las posibles limitaciones y alternativas que presenta la zona objeto de estudio.

Se convocó a los actores participantes por última vez en julio de 2016 para presentar los resultados de la evaluación técnica. El objetivo de esta presentación además de dar a conocer dicha evaluación era la de recabar información para su contraste. Cabe señalar la diferente reacción de los actores sociales y el debate y discusión que suscitaron los resultados técnicos.

4.1.3. Resultados

Criterios de Evaluación

Para evaluar las distintas alternativas de desarrollo es necesario seleccionar y definir un grupo de criterios de evaluación*. Ese grupo de criterios es la base del proceso de evaluación.*

La identificación y selección de los criterios comenzó con el análisis institucional y las entrevistas en profundidad. Posteriormente, en el primer focus group, se platóa una lista de criterios provisional para que fueran contrastados por los actores sociales y debatir sobre ellos y acordar su definición y forma de valoración. En el segundo focus group se contrastaron los criterios ya definidos presentados por el equipo investigador para su definición definitiva.

Los criterios son la expresión técnica de los intereses, expectativas y deseos de los actores sociales, y deben representar las múltiples dimensiones del problema. Los criterios son la herramienta a través de la cual se comparan las alternativas desde distintos puntos de vista. En la EMCS todos los criterios tienen el mismo peso o importancia relativa. Por tanto es importante que el grupo de criterios recoja todos los aspectos que se consideran relevantes para el proceso de evaluación.

Se acuerdó un grupo de seis criterios que reflejan los aspectos más relevantes a considerar para el futuro desarrollo rural. Este grupo de criterios refleja aspectos económicos, ecológicos y sociales quedando patente la multifuncionalidad de los espacios rurales y asunción de dicha realidad por parte de la sociedad. Los criterios considerados más importantes para la evaluación de los planes de desarrollo fueron las rentas de actividades agrarias, el coste público por subvenciones agrarias, la biodiversidad, el paisaje, el arraigo a la tierra y el consumo de productos locales.

- **Rentas de actividades agrarias.** Recoge las rentas provenientes de actividades agrícolas y forestales. El objetivo que refleja es el desarrollo de actividades agrícolas sostenibles y rentables, que no dependan de ayudas públicas, así como la creación y mantenimiento del empleo rural. Se valora en euros.
- **Coste público**. Refleja las ayudas son actualmente parte importante de las rentas que percibe el sector agrario. El objetivo de este criterio es destinar esas ayudas a potenciar modelos agrarios sostenibles, y minimizarlas en lo posible. Se valora en euros.
- **Biodiversidad.** Este indicador mide la diversidad de flora y fauna del espacio rural y su calidad. El objetivo que se persigue es potenciar modelos agrícolas y forestales que conserven la biodiversidad propia del lugar. Se valora a través de un índice zoogeográfico calculado *had oc* para este trabajo de investigación (Latasa, Lozano, Barinaga-Rementeria, Etxano & García, 2017).
- **Paisaje.** El paisaje rural es un bien social y natural muy valorado por la sociedad. El objetivo es preservar el paisaje tradicional formado por caseríos dispersos, cultivos y bosques, armonioso y ecológicamente equilibrado por su valor ecológico y recreativo. Se valora a través de un índice que recoge aspectos naturales y culturales calculado *had oc* para este trabajo de investigación (Lozano & Latasa, 2015).
- **Arraigo al mundo rural.** Refleja el valor de la cultura, tradiciones y saber hacer rural. El objetivo es que esa cultura perviva y su importancia en el mantenimiento del equilibrio rural sea valorada por la sociedad. Se valora cualitativamente.
- **Consumo de productos locales**. Este criterio recoge el consumo que se realiza en el municipio de productos agrarios producidos en el espacio rural. El objetivo es valorar estos productos por su calidad y la sostenibilidad de la producción y comercialización local, y potenciar su consumo. Se valora cualitativamente.

Alternativas

Se plantearon tres escenarios principales de desarrollo rural: mantener las dinámicas actuales, potenciar nuevos modelos agrícolas y ganaderos sostenibles y potenciar un modelo forestal basado en especies autóctonas. Estos tres escenarios se concretaron en cinco alternativas y se evalúan según los criterios establecidos. Cada una de las alternativas propone un modelo de desarrollo con distintos usos del suelo rural. Estas alternativas fueron cartografiadas y reflejadas en mapas mediante SIG, de forma que además de la evaluación, era posible ver el impacto de los distintos usos del suelo en cada una de ellas[122]. La tabla 1 recoge las principales características de cada alternativa.

La EMCS señaló las alternativas A2.b, potenciación alta de nuevos modelos agrícolas, y A3.b, potenciación alta de bosques autóctonos, como las más idóneas respecto a los criterios de decisión establecidos (ver tabla 2.). Estas dos alternativas no son comparables entre sí, no es posible establecer que una de ellas sea más adecuada que la otra para todos los criterios. La alternativa A2.b, la que plantea una potenciación alta de nuevos modelos agrícolas obtiene mejor valoración en los criterios de arraigo a la tierra y de coste público, y la alternatiba A3.b, la que plantea una potenciación alta de bosques autóctonos obtiene mejor valoración en los criterios de biodiversidad y paisaje.

[122] Por motivos de espacio no se han incluido los mapas en la presente comunicación.

Tabla 1.
Descripción de las posibles alternativas de desarrollo rural

ALTERNATIVA 1: Mantenimiento de las dinámicas actuales *(Business as usual)*
Esta alternativa refleja el escenario futuro en caso de mantener las dinámicas generales de las últimas dos o tres décadas. Se prevé una paulatina reducción de la actividad agraria y el mantenimiento o proliferación de bosques de coníferas. No se prevén cambios en los usos del suelo, ni modificaciones legislativas ni de planeamiento municipal.
ALTERNATIVA 2.a: Potenciación media de nuevos modelos agrarios
En este escenario se plantea potenciar y desarrollar explotaciones agrarias dirigidas a la producción de productos ecológicos y de calidad, que sean rentables sin depender de las subvenciones. Esta alternativa conlleva desarrollar y potenciar la demanda de los consumidores hacia estos productos a través de la concienciación y favoreciendo los mercados cortos de comercialización. En esta alternativa se plantea recuperar para el sector primario todas las tierras utilizadas en los años 50 actualmente en desuso. Se trata de 51,9 Ha que actualmente están clasificadas como matorral. En concreto, se plantea iniciar en estos terrenos dos explotaciones de productos ecológicos, dos invernaderos, una nueva explotación de frutales, una explotación de ovino y otra de vacuno para carne En relación a la superficie arbolada, se mantienen las políticas y usos actuales.
ALTERNATIVA 2.b: Potenciación alta de nuevos modelos de agrarios
Esta alternativa parte de la alternativa 2.a., pero para reflejar una mayor potenciación de nuevos modelos agrícolas se plantea una explotación ganadera más que en la anterior en terrenos que actualmente son ocupados por plantaciones forestales.
ALTERNATIVA 3.a: Nuevos modelos agrarios y potenciación media del bosque autóctono
Además de la potenciación de nuevos modelos agrarios detallados en la alternativa 2a, en el escenario 3.a. se aboga por un cambio de política forestal a favor de una mayor superficie de especies autóctonas en detrimento de las plantaciones (pino radiata, eucalipto). Se plantea la conversión de las 299,9 hectáreas de pino actuales del ZEC de Arno hacia especies autóctonas.
ALTERNATIVA 3.b: Nuevos modelos agrarios y potenciación alta del bosque autóctono
Al igual que en caso anterior, esta alternativa se basa en la potenciación de nuevos modelos de agricultura y ganadería de la alternativa 2b. Para el sector forestal se propone la conversión de especies alóctonas a especies autóctonas de 377,7 Ha dentro y fuera del ZEC.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.
Evaluación técnica de las alternativas

Ranking de alternativas según su grado de idoneidad
Alternativa más adecuada ……..A2.b. ……A3.b.
En segundo lugar ……..A2.a ……A3.a.
Alternativa menos adecuada …….A1.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.
Coaliciones de actores sociales y sus preferencias sobre alternativas

Nivel de Preferencia	**Coaliciones de actores sociales**		
	Sindicato EHNE Sindicato ENBA	Diputación de Gipuzkoa-Posiciones tradicionales Agricultores tradicionales	Diputación de Gipuzkoa – Posiciones ecologistas Ayuntamiento de Mutriku Debemen, Oficina Comarcal Agraria, Geoparque, HAZI Agricultores innovadores Grupos ecologistas Asociaciones lúdicas y deportivas
Alto	A 2.b A 2.a A 3.a A 3.b	A 2.a A 2.b A 1 A 3.a	A 3.b A 3.a A 2.b A 2.a
Bajo	A 1	A 3.b	A 1

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3 se observa la evaluación social realizada a través del EMCS. Una de las dos alternativas técnicamente más adecuadas, la A3.b. que plantea una potenciación alta de bosques autóctonos presenta un elevado riesgo de conflicto social. Esta alternativa, es la más inadecuada para el grupo de actores sociales conformado por las posiciones

tradicionales de las instituciones públicas y los agricultores tradicionales. La alternativa A2.b, la que plantea una potenciación alta de nuevos modelos agrícolas y mantener las políticas forestales actuales, muestra una mayor aceptación entre los distintos grupos sociales, y por tanto, un menor riesgo de conflicto.

4.2. Análisis multivariante

4.2.1. Recogida de datos

Para la recogida de datos se optó por un cuestionario estructurado que fue realizado de forma presencial, de una duración media de 20 minutos, dirigida a la población18 años de Mutriku. La labor de campo se realizó durante el mes de noviembre del 2015. Tomando como referencia la población de 5.325 habitantes, se procedió a realizar una muestra aleatoria de 262 personas residentes en el municipio. Finalmente, la encuesta fue segmentada conforme a la edad, sexo y zona/barrio de residencia (rural-urbano).

4.2.2. Estadística descriptiva de las variables socioeconómicas

En la tabla 4.se describen las variables socioeconómicas utilizadas en la encuesta junto con los correspondientes estadísticos descriptivos. La edad media (50,15 años) y el género (53% hombres y 43% mujeres) de los encuestados está en consonancia con la descomposición promedio de la edad y género de la población de Mutriku**.** Las otras dos variables explicativas consideradas en la encuesta han sido ESTUDIOS (para el nivel de educación del encuestado, 1 es el nivel más bajo y 6 el más alto) y ENTORNO (toma el valor 1 si el encuestado vive en un área urbana y 2 si el encuestado vive en un área rural).
Como este estudio se centra en el efecto de la variable ENTORNO, la relación entre esta variable y las otras variables socioeconómicas se analizó más detalladamente. Si la variable ENTORNO comparte una gran cantidad de información con otra variable socioeconómica (por ejemplo, si las personas que viven en áreas rurales también tienen una educación más alta o si gran parte de la población rural es hombre), el coeficiente estimado para la variable ENTORNO podría estar capturando el efecto de otra variable (posiblemente) no incluida en el modelo final. De modo que llevamos a cabo una prueba T para la diferencia de medias entre urbano y rural para las variables EDAD y ESTUDIOS. Los valores *p* recogidos en la tabla 1 sugieren que la hipótesis nula de medias iguales no puede ser rechazada. Por otro lado, la dependencia entre la variable ENTORNO y la variable SEXO se analizó en paralelo utilizando el coeficiente de contingencia de Spearman. Este método proporciona una medida fácilmente interpretable del grado de asociación entre dos variables basada en la prueba estándar de ji cuadrado para determinar la independencia. Como se muestra en la última columna de la tabla 1, este coeficiente, que va de cero a uno, demuestra una baja dependencia entre el ENTORNO y el GENERO.

Tabla 4.
Estadísticos descriptivos

	Media	Mínimo	Máximo	Incluidos	Casos excluidos	Desviación estándar	Prueba T	Spearman
SEXO	1,53	1	2	262	0	,500		-0,101
EDAD	50,15	18	90	262	0	16,442	0,388	
ESTUDIOS	3,79	1	6	257	5	1,586	-1,531	
ENTORNO	1,15	1	2	262	0	,357		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. TRATAMIENTO DE DATOS SPSS V.24.

4.2.3. Definición de variables

El cuestionario plantea aspectos clave para las estrategias de desarrollo del medio rural y actividad agraria. De cara al desarrollo futuro del entorno rural se pide valorar los 5 posibles escenarios o alternativas previamente identificados. Para esta valoración las preguntas del cuestionario se han agrupado en 6 dimensiones clave previamente identificados, los criterios de evaluación, con un total de 36 preguntas. Mediante el análisis factorial se ha procedido construir un factor o un instrumento de medida para cada una de las 6 dimensiones. Para ello aplicando la técnica del análisis de componentes principales se han combinado las respuestas de las diferentes preguntas o ítems en formato Likert de 11 puntos, desde 0 (mínima importancia) hasta 10 (máxima importancia), correspondientes a la dimensión pertinente.

- **Dimensión 1; Rentabilidad de las actividades agrarias:** Se construyó una escala con 9 ítems referidos a un conjunto de medidas/acciones que podrían contribuir a una gestión rentable de los espacios agrarios cara al futuro.
- **Dimensión 2; Consumo Local**: Se diseñó un instrumento con 6 afirmaciones referidas a un conjunto de acciones destinadas a fomentar la producción y el consumo de productos locales como uno de los vectores importantes de la soberanía alimentaria.
- **Dimensión 3; Arraigo al territorio:** La escala diseñada con 6 ítems, referidos a la importancia que a las medidas destinadas a frenar o evitar el desarraigo y posible abandono de la población rural.
- **Dimensión 4; Biodiversidad:** Se diseñó una escala de 8 ítems relacionados con la biodiversidad y calidad medioambiental.
- **Dimensión 5; Paisaje:** Se construyó una escala con 3 ítems una serie de afirmaciones relacionadas con el paisaje.
- **Dimensión 6; Coste Público:** Se construyó una escala con 4 afirmaciones relacionadas con la responsabilidad y el gasto público en el sector agrario y en el entorno rural.

4.2.4. Resultados

Criterios clave del entorno rural de Mutriku

Mediante el análisis factorial se ha procedido construir un factor o un instrumento de medida para cada una de las 6 dimensiones (tabla 5.). Para ello aplicando la técnica del análisis de componentes principales se han combinado las respuestas de las diferentes preguntas o ítems en formato Likert de 11 puntos, desde 0 (mínima importancia) hasta 10 (máxima importancia), correspondientes a la dimensión pertinente (la tabla 5 recoge el valor alpha de Conbrach, el composite reliability y las cargas de los factores).

El coeficiente alpha de Conbrach mide la consistencia interna, es decir, el grado en que los ítems de la dimensión están correlacionados entre ellos, y si los ítems están altamente correlacionados sugiere que existe una variable común (Cronbach, 1951). Se observa, a la vista de lo expuesto en la Tabla 5, que queda contrastada la fiabilidad o consistencia interna de las escalas ya que el valor alpha de Conbrach es mayor que 0,7, valor mínimo recomendado para la combinación de ítems en un único factor (Cortina, 1993). Además, el índice de fiabilidad compuesta, mayor que 0,6 para todos los factores, excede el valor mínimo recomendado por Bagozzi y Yi (1988).

Tabla 5.
Dimensiones clave del entorno rural de Mutriku

Variable	Items	Media	Desviación estándar	Cargas factoriales	α de Cronbach	índice de fiabilidad compuesta	niveles medios
Rentabilidad	P204 P205 P206 P207 P208 P209 P210 P211 P212	7,86 7,63 6,63 7,88 8,44 7,41 7,98 8,13 7,18	1,556 1,750 2,593 1,606 1,504 2,178 1,742 1,478 2,162	,768 ,781 -,055 ,674 ,696 ,418 ,660 ,729 ,278	0,697	0,813	7,68
Consumo Local	P213 P214 P215 P216 P217 P218	8,30 8,55 8,59 8,56 8,47 7,85	1,340 1,204 1,227 1,319 1,380 1,815	,857 ,839 ,831 ,802 ,802 ,209	0,798	0,881	8,39
Arraigo	P219 P220 P221 P222 P223 P224	8,08 8,34 7,15 8,22 8,11 8,85	1,734 1,352 1,934 1,338 1,412 1,143	,356 ,736 ,740 ,848 ,803 ,645	0,767	0,85	8,13
Biodiversidad	P225 P226 P227 P228 P229 P230 P231 P232	8,47 7,91 7,42 6,71 7,83 8,38 8,20 8,24	1,471 1,402 2,086 2,517 1,597 1,274 1,521 1,809	,502 ,665 ,527 ,466 ,610 ,679 ,666 ,709	0,732	0,822	7,89
Paisaje	P233 P234 P25	8,76 8,34 8,63	1,341 1,558 1,320	,817 ,808 ,774	0,718	0,843	8,57
Coste	P237 P238 P239 P240	6,34 7,07 7,15 8,18	1,859 1,753 1,401 1,646	,829 ,800 ,675 ,794	0,781	0,858	7,33

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.
TRATAMIENTO DE DATOS SPSS V.24. MÉTODO DE EXTRACCIÓN: ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.

Atendiendo al estudio de Morandeira, Elizagárate y García (2017) se calculan los niveles medios de las dimensiones por medio de las medias y teniendo en cuenta las desviaciones típicas en cada uno de los ítems incluidos. Observando la tabla 5, la puntuación más alta es otorgada con un 8,57 al Paisaje seguida de la Producción y Arraigo con una puntuación de 8,39 y 8,13 respectivamente.

Por otro lado, se ha creado un índice de medida de las dimensiones clave del entorno rural de Mutriku. Se han obtenido las puntuaciones que vienen recogidas en la tabla 6, clasificadas respecto a cuatro intervalos y teniendo en cuenta la necesidad de considerar de forma separada las distintas dimensiones (Morandeira et al., 2017).

Tabla 6.
Nivel de las dimensiones clave del entorno rural de Mutriku

Dimensiones	Puntuación	Categoría			
		Nada bueno	Poco bueno	Bastante bueno	Muy bueno
RENTABILIDAD	0; 90	X	X	69,12	X
PRODUCCION	0; 60	X	X	50,34	X
ARRAIGO	0; 60	X	X	48,78	X
BIODIVERSIDAD	0; 80	X	X	63,12	X
PAISAJE	0; 30	X	X	25,71	X
COSTE	0; 40	X	X	29,32	X

Fuente: elaboración propia.

Tal y como se puede observar, todas las dimensiones clave del entorno rural de Mutriku logran una categoría bastante buena sin ser necesario separar ninguna de ellas.

Alternativas de desarrollo rural

La alternativa que propone nuevos modelos agrícolas y la potenciación alta del bosque autóctono, la alternativa A3.b, ha sido la mejor valorada en general. Además, la población rural de Mutriku encuestada lo valora en mayor medida que la población urbana del mismo municipio. Por otra parte, la alternativa de mantener las dinámicas actuales, la alternativa A1., es el escenario peor valorado. Siendo la valoración del individuo rural menor que para la del individuo urbano (ver tabla 7.).

Tabla 7.
Medias de las alternativas del medio rural y actividad agraria de Mutriku

	General		Urbano		RuraL	
Alternativa	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
A1	6,42	1,931	6,52	1,991	5,87	1,454
A2.a	7,42	1,482	7,34	1,501	7,85	1,309
A2.b	7,10	1,872	7,18	1,779	6,69	2.307
A3.a	7.74	1,590	7,77	1,581	7,59	1,650
A3.b	**8,23**	1,859	**8,13**	1,856	**8,79**	1,794
N válido (por lista)	255		216		39	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. TRATAMIENTO DE DATOS SPSS V.24.

Con el objetivo de estudiar si existen diferencias entre los valores asignados a las alternativas planteadas por los diferentes públicos se ha llevado a cabo un análisis de prueba de U de Mann-Whitney para cada alternativa (ver tabla 8).

En este caso, no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias para las alternativas A2a, A2b y A3a dado que el nivel de significación alcanzado es superior al mínimo usual de $p > 0.05$. Por lo que podemos afirmar que no existen diferencias significativas entre los

valores medios asignados por los urbanos y rurales a estas tres alternativas del medio rural y actividad agraria de Mutriku. Sin embargo, para las alternativas A1. y A3.b las diferencias en las medias presentadas son significativas.

Tabla 8.
Prueba de U de Mann-Whitney para dos muestras independientes sobre las alternativas del medio rural y actividad agraria de Mutriku

Alternativa	Nº casos	U de Mann-Whitney	Sig. Asintóntica (bilateral)
A1	218 39	3075,50	0,005
A2a	217 39	3549,5	0,102
A2b	219 39	3868	0,341
A3a	219 39	4062	0,617
A3b	219 39	3207	0,011

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. TRATAMIENTO DE DATOS SPSS V.24.

5. Conclusiones

Se ha realizado un proceso de evaluación comparando los resultados obtenidos a través de dos métodos de participación. Los resultados del proceso de evaluación muestran una serie de criterios para la evaluación de las alternativas y el ranking de las posibles alternativas de desarrollo rural.

A través del proceso participativo desarrollado en la EMC se seleccionaros seis criterios considerados fundamentales para el desarrollo rural: las rentas agrarias, el coste público que suponen las ayudas al medio rural, la biodiversidad, el paisaje, el arraigo a la tierra y el consumo de productos locales. Posteriormente, el análisis multivariante realizado sobre la encuesta a la población de Mutriku corrobora la aceptación social de estos criterios, así como la valoración similar que se da a los mismos. Es importante señalar que los criterios seleccionados recogen aspectos ecológicos, económicos y sociales, lo que indica que la sociedad concibe los espacios rurales como proveedores de funciones no solo económicas, también ecológicas y sociales. Queda patente con la elección de los criterios de evaluación la necesidad de incluir aspectos de distintas dimensiones para la consecución de modelos de desarrollo rural sostenible.

Respecto a las alternativas de desarrollo evaluadas, la EMCS concluye en primer lugar que la peor de las alternativas es la que plantea continuar con las dinámicas actuales. Continuar con el progresivo abandono agroganadero es la menos adecuada de las opciones bajo cualquier supuesto analizado. En segundo lugar, de todas las alternativas evaluadas las más adecuadas son la A2.b y la A3.b, alternativas ambas que suponen renovar y activar el modelo agrícola actual hacia una agricultura más ecológica y de mayor calidad. La alternativa A2.b propone potenciar de forma intensa un modelo de agricultura dirigido a productos ecológicos y de calidad, manteniendo el actual modelo forestal. La alternativa A3.b implica una potenciación moderada del nuevo modelo agrario mencionado y un cambio en el modelo forestal, impulsando de forma intensa especies autóctonas. Estas dos alternativas muestran dos modelos distintos de desarrollo rural, ambos dentro del paradigma del desarrollo sostenible, pero potenciando dos visiones del mismo.

La alternativa A2.b obtiene mejor valoración en los criterios de arraigo a la tierra y coste público y aboga por un modelo de desarrollo donde se potencia la actividad agraria y un medio rural humanizado. La alternativa A3.b obtienen peor valoración en los criterios que reflejan la dimensión social pero mucho mejor en biodiversidad y paisaje. Esta segunda alternativa plantea un medio rural de alto valor ecológico, donde priman los criterios ecológicos y la presencia humana es menor. Las dos alternativas muestran el mismo grado de idoneidad técnica, habiéndose garantizado la robustez de este resultado con los análisis de sensibilidad realizados.

La evaluación técnica se completa con la evaluación social, que indica que de las dos alternativas más adecuadas técnicamente la A2.b debe ser considerada la solución de compromiso. Además de ser técnicamente una de las mejor valoradas, también es la que mayor aceptación social y menor riesgo de conflicto muestra. Por el contrario, según la evaluación social realizada en la EMCS, la alternativa A3.b, aun siendo técnicamente una de las dos mejores, muestra un alto grado de riesgo de conflicto. Para un grupo de actores sociales es la alternativa preferida, pero es la peor valorada para otro de los grupos, que llega a vetar dicha alternativa.

Sin embargo, a través de una encuesta representativa, los resultados sobre las alternativas más adecuadas para el futuro del medio rural no coinciden plenamente. Si se consulta a toda la población, la peor de las alternativas es la que plantea continuar con las dinámicas actuales, resultado que coincide con el obtenido en la EMCS. La alternativa que obtiene mejor valoración es la A3.b, alternativa que plantea nuevos modelos agroganaderos y una alta potenciación de bosques autóctonos, modelo en definitiva donde se priman los aspectos ecológicos.

De este trabajo se deduce que las alternativas de desarrollo más adecuadas difieren según el método de participación social empleado y los actores participantes. La EMCS muestra como una de las técnicamente más adecuadas la alternativa mejor valorada por la población en general, la que aboga por un modelo forestal basado en especies autóctonas y menor presencia humana en el medio rural (la alternativa A3.b). Pero debido a que uno de los grupos de actores sociales veta dicha alternativa, se desecha en la evaluación general, mostrándose como la solución de compromiso la alternativa que plantea un modelo de desarrollo donde primen aspectos humanos y culturales (la A2.b).

En las políticas de desarrollo rural por tanto, la elección del método de participación social empleado y la elección de los actores participantes son cuestiones decisivas, que influye en los resultados de los procesos de evaluación. En el caso analizado ha salido a relucir un conflicto latente existente en Gipuzkoa y en toda la cornisa Cántabrica sobre el modelo forestal, conflicto entre los defensores del actual modelo, grupo en el que se encuentran la mayoría de los propietarios de las tierras rurales, y los defensores de un modelo forestal más ecológico. Este resultado abre el debate sobre la capacidad de ciertos grupos de actores de influir en los procesos participativos sobre decisiones de políticas rurales, así como de la elección y selección de los actores legítimos para decidir sobre el futuro del medio rural.

Referencias bibliográficas

- Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners, 35*(4), 216-224.
- Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science, 16*(1), 74-94.
- Bergseng, E., & Vatn, A. (2009). Why protection of biodiversity creates conflict–Some evidence from the nordic countries. *Journal of Forest Economics, 15*(3), 147-165.
- Carmona-Torres, C., Parra-López, C., Sayadi, S., & Chirosa-Ríos, M. (2016). *A public/private benefits framework for the design of polices oriented to sustainability in agriculture: An application to olive growing* doi:https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.07.010 "
- Carnoye, L., & Lopes, R. (2015). Participatory environmental valuation: A comparative analysis of four case studies. *Sustainability, 7*(8), 9823-9845.
- Cornwall, A. (2008). Unpacking 'Participation': Models, meanings and practices. *Community Development Journal, 43*(3), 269-283.
- Cortina, J. M. (1993). What is coefficient alpha? an examination of theory and applications. *Journal of Applied Psychology, 78*(1), 98.

- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika, 16*(3), 297-334.
- Deneulin, S. (2009). *An introduction to the human development and capability approach: Freedom and agency.* Routledge.
- Etxano, I. (2015). Revisión conceptual y análisis de casos reales en el marco de la Evaluación Multi-criterio Social (EMCS): enseñanzas para aplicaciones futuras. *III Congreso Latinoamericano y Caribeño de Ciencias Sociales*. FLACSO. Ecuador, Quito.
- Fish, R. D., Ioris, A. A., & Watson, N. M. (2010). Integrating water and agricultural management: Collaborative governance for a complex policy problem. *Science of the Total Environment, 408*(23), 5623-5630.
- Gamboa, G., & Munda, G. (2007). The problem of windfarm location: A social multi-criteria evaluation framework. *Energy Policy, 35*(3), 1564-1583.
- Garmendia, E., & Stagl, S. (2010). Public participation for sustainability and social learning: Concepts and lessons from three case studies in europe. *Ecological Economics, 69*(8), 1712-1722.
- Horlings, L. G., & Marsden, T. K. (2014). Exploring the 'New rural paradigm' in europe: Eco-economic strategies as a counterforce to the global competitiveness agenda. *European Urban and Regional Studies, 21*(1), 4-20. doi:10.1177/0969776412441934
- Kahane, D., Loptson, K., Herriman, J., & Hardy, M. (2013). Stakeholder and citizen roles in public deliberation. *Journal of Public Deliberation, 9*(2)
- Kok, K., Biggs, R. O., & Zurek, M. (2007). Methods for developing multiscale participatory scenarios: Insights from southern africa and europe. *Ecology and Society, 12*(1)
- Kok, K., van Vliet, M., Bärlund, I., Dubel, A., & Sendzimir, J. (2011). Combining participative backcasting and exploratory scenario development: Experiences from the SCENES project. *Technological Forecasting and Social Change, 78*(5), 835-851.
- Kolinjivadi, V., Gamboa, G., Adamowski, J., & Kosoy, N. (2015). Capabilities as justice: Analysing the acceptability of payments for ecosystem services (PES) through 'social multi-criteria evaluation'. *Ecological Economics, 118*, 99-113.
- Latasa, I., Lozano, P. J., Baringa-Rementeria, I., Etxano, I., & García, O. (2017). Tokiko eskalan balorazio zoogeografikoa egiteko proposamen metodologikoa eta balorazioaren emaitzak. mutrikuko (euskal herria) hiri antolamenduko plan orokorraren eredua. *Lurralde, 40*, 193-222.
- Lozano, P. J., & Latasa, I. (2015). Valoración biogeográfica de los paisajes del suelo rústico e mutriku (guipúzcoa) de cara a su ordenación y gestión. *Pendiente De Publicación,*
- Lynam, T., De Jong, W., Sheil, D., Kusumanto, T., & Evans, K. (2007). A review of tools for incorporating community knowledge, preferences, and values into decision making in natural resources management. *Ecology and Society, 12*(1)
- Marsden, T., & Sonnino, R. (2008). *Rural development and the regional state: Denying multifunctional agriculture in the UK* doi:https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.04.001
- Morandeira Arca, J., de Elizagarate Gutiérrez, V., & García Castro, D. (2017). Aproximación a las consecuencias de la orientación al mercado en el servicio público de fomento de la economía social vasca. *CIRIEC-España, Revista De Economía Pública, Social y Cooperativa,* (89)
- Munda, G. (2004). Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research, 158*(3), 662-677.
- Munda, G. (2008). *Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy* Springer.
- O'Farrell, P. J., & Anderson, P. M. (2010). Sustainable multifunctional landscapes: A review to implementation. *Current Opinion in Environmental Sustainability, 2*(1), 59-65.
- O'Neill, J. (2001). Representing people, representing nature, representing the world. *Environment and Planning C: Government and Policy, 19*(4), 483-500.
- Orea, D. G., & Villarino, M. T. G. (2013). *Evaluación de impacto ambiental* Mundi-Prensa Libros.
- Pahl-Wostl, C., Mostert, E., & Tàbara, D. (2008). The growing importance of social learning in water resources management and sustainability science. *Ecology and Society, 13*(1)
- Partidário, M. R., Sheate, W. R., Bina, O., Byron, H., & Augusto, B. (2009). Sustainability assessment for agriculture scenarios in Europe's mountain areas: Lessons from six study areas. *Environmental Management, 43*(1), 144-165.
- Patel, M., Kok, K., & Rothman, D. S. (2007). Participatory scenario construction in land use analysis: An insight into the experiences created by stakeholder involvement in the northern mediterranean. *Land use Policy, 24*(3), 546-561.
- Power, A. G. (2010). Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.Series B, Biological Sciences, 365*(1554), 2959-2971. doi:10.1098/rstb.2010.0143 [doi]
- Pretty, J. (2003). Social capital and the collective management of resources. *Science (New York, N.Y.), 302*(5652), 1912-1914. doi:10.1126/science.1090847 [doi]
- Rauschmayer, F., Berghöfer, A., Omann, I., & Zikos, D. (2009). Examining processes or/and outcomes? evaluation concepts in european governance of natural resources. *Environmental Policy and Governance, 19*(3), 159-173.
- Raymond, C. M., Fazey, I., Reed, M. S., Stringer, L. C., Robinson, G. M., & Evely, A. C. (2010). Integrating local and scientific knowledge for environmental management. *Journal of Environmental Management, 91*(8), 1766-1777.
- Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation, 141*(10), 2417-2431.
- Reed, M. S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., . . . Stringer, L. C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management, 90*(5), 1933-1949.
- Ribot, J. (2002). *Democratic decentralization of natural resources: Institutionalizing popular participation* Washington DC: World Resources Institute.
- Roy, B. (2005). Paradigms and challenges. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys,* , 3-24.
- Scholes, R., & Biggs, R. (2005). A biodiversity intactness index. *Nature, 434*(7029), 45.

- Schultz, L., Duit, A., & Folke, C. (2011). Participation, adaptive co-management, and management performance in the world network of biosphere reserves. *World Development, 39*(4), 662-671.
- Stenseke, M. (2009). Local participation in cultural landscape maintenance: Lessons from sweden. *Land use Policy, 26*(2), 214-223.
- Stringer, L. C., & Reed, M. S. (2007). Land degradation assessment in southern africa: Integrating local and scientific knowledge bases. *Land Degradation & Development, 18*(1), 99-116.
- Tàbara, J. D., & Pahl-Wostl, C. (2007). Sustainability learning in natural resource use and management. *Ecology and Society, 12*(2)
- Tress, B., & Tress, G. (2003). Scenario visualisation for participatory landscape planning—a study from denmark. *Landscape and Urban Planning, 64*(3), 161-178.
- van der Ploeg, Jan Douwe, & Marsden, T. (2008). *Unfolding webs: The dynamics of regional rural development.* Royal Van Gorcum.
- Videira, N., Antunes, P., Santos, R., & Lobo, G. (2006). Public and stakeholder participation in european water policy: A critical review of project evaluation processes. *Environmental Policy and Governance, 16*(1), 19-31.
- Whitfield, S., Geist, H. J., & Ioris, A. A. (2011). Deliberative assessment in complex socioecological systems: Recommendations for environmental assessment in drylands. *Environmental Monitoring and Assessment, 183*(1-4), 465-483.
- Wilson, G. A. (2008). From 'weak'to 'strong'multifunctionality: Conceptualising farm-level multifunctional transitional pathways. *Journal of Rural Studies, 24*(3), 367-383.
- Zografos, C. (2014). Economic tools for evaluating liabilities in environmental justice struggles, the EJOLT experience. *EJOLT report no. 16* ()
- Zoppi, C., & Lai, S. (2010). Assessment of the regional landscape plan of sardinia (italy): A participatory-action-research case study type. *Land use Policy, 27*(3), 690-705.

LA APUESTA POR EL TURISMO EN SIERRA NEVADA (ESPAÑA), DESDE EL EJE LEADER ENTRE 2007 Y 2013.

JUAN CARLOS MAROTO MARTOS; AIDA PINOS NAVARRETE; EUGENIO CEJUDO GARCÍA; FRANCISCO A. NAVARRO VALVERDE
jcmaroto@ugr.es, aida93@correo.ugr.es, cejudo@ugr.es, favalver@ugr.es
(Universidad de Granada, Instituto Geográfico Nacional, Universidad de Granada)

RESUMEN

En los espacios protegidos de España, caracterizados por sus recursos ambientales, el turismo rural y natural presenta un especial éxito. Entre otros factores explicativos, destaca la apuesta de la administración para tratar de impulsar el desarrollo rural y diversificar la actividad económica. Una de las medidas tomadas ha sido la captación de fondos provenientes de la Iniciativa Comunitaria LEADER para impulsar la creación de empresas y de empleo. Estas cuestiones resultan fundamentales para mejorar las condiciones de vida de una población rural cada vez más escasa y envejecida que abandona las labores agrarias tradicionales propiciando el deterioro ambiental de espacios montanos. En este contexto, se analizan las características y el impacto de las actuaciones en turismo que se han impulsado gracias a la Iniciativa Comunitaria LEADER, en los municipios que actualmente conforman el Parque Nacional de Sierra Nevada, durante el periodo de ejecución 2007-2013, último del que se disponen de datos definitivos.

Palabras clave: Sierra Nevada, Turismo, LEADER, Andalucía, diversificación productiva, sostenibilidad ambiental, empleo rural.

ABSTRACT

In the protected spaces of Spain, characterized by their environmental resources, rural and natural tourism has a special success. An explanatory factor is administration's commitment to promote rural development and diversify economic activity. One of the measures taken was to raise funds from LEADER Community Initiative for boost creation of companies and employment. These issues are fundamental to improve living conditions of a scarce and aging rural population that leaves traditional agrarian works propitiating environmental degradation in mountain spaces. In this context, are analyzed characteristics and impact of the tourism actions that have been promoted by LEADER Community Initiative, in the municipalities that currently make up the Sierra Nevada National Park, during execution period 2007-2013, last for which definitive data are available.

Keywords: *Sierra Nevada, Tourism, LEADER, Andalusia, productive diversification, environmental sustainability, rural employment.*

1. Introducción y contexto para entender el tema.

Los cambios socioeconómicos que se han producido en Europa, especialmente desde la finalización de la II Guerra Mundial, impulsados por el proceso de liberalización de los mercados (también agroalimentarios) a escala internacional, han propiciado el aumento de la productividad y la competitividad a través de la mecanización y la utilización de cada vez más productos industriales en la agricultura. Así, las crecientes demandas de consumo de una población cada vez más urbanizada, han propiciado profundas modificaciones en buena parte del mundo rural europeo y de sus tradicionales funciones.

Algo similar ha ocurrido en España, aunque con una intensidad diferente y en un periodo temporal más tardío, teniendo entre algunos de sus principales hitos: el Plan de Estabilización de 1959 que puso fin a la autarquía económica, el rescate de la democracia tras la muerte del dictador Francisco Franco, el proceso de descentralización política y competencial, y más

recientemente, la entrada en la UE, que ha favorecido además de nuestra integración y normalización internacional, una aceleración de nuestra "modernización socioeconómica".

En ese marco temporal se han producido muchos cambios en las zonas rurales y naturales españolas, siendo para el caso que nos ocupa, dos cuestiones especialmente importantes, que simplificamos por un lado citando las consecuencias del pasado reciente, y por otro simplificando algunas cuestiones de la realidad actual y los retos de futuro.

De esta manera, en el primer caso, se relacionan con la constatación de la reducción de sus poblaciones (éxodo rural), de su progresivo envejecimiento demográfico, el incremento de las desigualdades socio-espaciales, por la manifiesta inferioridad de infraestructuras en los espacios rurales y por la creciente desigualdad de oportunidades que padecen sus habitantes respecto a la población urbana.

En segundo lugar, entre las cuestiones relacionadas con su realidad actual y posibilidades futuras, destacamos la urgente necesidad de soluciones para estos espacios rurales y naturales que se constatan tanto en la enorme cantidad de estudios científicos disponibles que las han analizado, como por las, también abundantes, medidas que se han tomado y se siguen implementado tanto por las administraciones públicas como por iniciativas privadas.

De forma muy genérica puede afirmarse que el análisis interpretativo dominante y las propuestas que se están haciendo para lograr el desarrollo de estos espacios, pasa por la exigencia de que cambien sus tradicionales funciones productivas, que han sido las agrosilvopastoriles, por otras provenientes de demandas de amplios grupos de población urbana. La creciente necesidad que tiene la población de huir, aunque sea temporalmente, de la vida estresante, artificial que impera en las grandes ciudades, va paralela a la demanda de realizar actividades culturales, deportivas, de ocio y tiempo libre en la naturaleza, así como de consumir productos alimenticios menos procesados, con la esperanza de que favorezcan en conjunto, una vida más plena y saludable.

En ese marco interpretativo la apuesta por el turismo en nuestro país ha sido inequívoca, hasta el punto de que hemos logrado convertirnos en la tercera potencia mundial en número de llegadas internacionales, y la segunda en cuanto a ingresos en 2016 según la OMT. Sin embargo la existencia de una enorme concentración de esta actividad en el segmento de sol y de playa, y en la franja litoral, unido a los impactos socioeconómicos positivos que genera, favoreció la creencia hoy cuestionada, de que su implantación en las zonas rurales y naturales, podría ser un factor importante para favorecer, por la diversificación productiva, su desarrollo.

El turismo en los municipios rurales se va a impulsar tarde desde la administración pública en España, si lo comparamos con las actuaciones impulsadas de los principales países europeos (MAPA 2004) y aunque hay precedentes en la dictadura franquista (Bote, V. 1988), realmente sólo detectamos avances significativos, tras la trasferencia de las competencias en turismo desde la administración central a las comunidades autónomas y cuando éstas aprueban sus particulares legislaciones y diseñan sus planes específicos para a impulsarlos. Esto es lo que nos indican la mayoría de los estudios que han analizado tanto la evolución del número de turistas, como de los destinos y de los alojamientos rurales, desde finales de la década de los ochenta hasta hoy.

Será en torno a los espacios naturales protegidos (ENP) y de manera específica en los Parques Nacionales y Naturales, caracterizados por sus excepcionales recursos ambientales, donde el turismo rural y natural, va a tener un especial éxito (Marchena, M. *et al*. 1992; Mulero, A, 2002; Troitiño, M.A 2005; Pulido 2005b; Flores, D, 2008; Fernández, A. *et al*. 2010). Andalucía va a ir destacando no sólo por ser uno de los territorios con más número, extensión superficial e importancia ambiental de espacios naturales protegidos de España y de Europa, sino también por la preocupación que muestra su legislación por impulsar la preservación y búsqueda de la calidad en su gestión; circunstancias todas que vienen reflejadas en la normativa existente, que entre otras cuestiones pretende hacer compatible su conservación con el aprovechamiento, en definitiva con el desarrollo económico de su población y particularmente con la actividad turística.

Sin embargo, como bien recoge entre otros Rico, M., 2005, el turismo no es la solución a todos los problemas de los municipios rurales, ya que la capacidad que tiene para generar empleo es baja, máxime porque se trata de un segmento turístico que se caracteriza por su importante estacionalidad, baja estancia media y por unos grados de ocupación también bajos. Sin embargo, para determinadas zonas rurales y naturales con recursos con capacidad de atracción turística, puede colaborar en la necesaria diversificación de su estructura productiva, y como afirman entre otros Reyna, S., 1992, convertirse en un factor determinante en la necesaria conservación de los recursos tanto naturales como socioculturales.

En la Comunidad Autónoma de Andalucía existe una importante Red de Espacios Naturales Protegidos que se elevan en la actualidad a 243 áreas que abarcan 2.905.456,17 Has, lo que supone el 32,25% de la superficie administrativa de Andalucía. Esto no sólo la convierte en la actualidad en la Comunidad Autónoma con más superficie protegida del país, sino que además supera en extensión a la superficie total de algunos países de la Unión Europea, como Eslovenia, Chipre, Malta o Luxemburgo. (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio 2017).

Sin duda entre todos los espacios protegidos, destacan aquí los dos parques nacionales, Doñana y Sierra Nevada, que precisan una atención preferente, por sus valores ecológicos, culturales, educativos, científicos, estéticos, etc.

De entre ellos nos vamos a ocupar de Sierra Nevada, cordillera alpina, Terciaria, con huellas del glaciarismo, techo de la península ibérica, con una gran diversidad de rocas y minerales, consecuencia de la existencia de rocas metamórficas en la parte más elevada, materiales triásicos conformados por pizarras, mármoles, gneises, filitas y finalmente más externamente, la caracteriza un cinturón de calizas y dolomías,materiales neógenos y cuaternarios como son margas, arenas, conglomerados, etc. Su altitud propicia que sea un importante islote pluviométrico que capta por término medio casi 2000 litros al año, lo que propicia además por su elevada altitud media, que la probabilidad de captar agua en forma sólida sea muy elevada por encima de los 2.500 metros, favoreciendo de esta manera que constituya un gran arcón de agua que alimenta a ríos y arroyos, que tienen fundamentalmente un régimen pluvio-nival. Desde el punto de vista biogeográfico encontramos aquí ecosistemas únicos como son los pastizales de alta montaña, piornales, bosques caducifolios e incluso matorrales mediterráneos que le hacen contener 2.100 especies de plantas vasculares (casi el 30% de la flora de la península, de las que 80 son endémicas). En definitiva, ha sido catalogada como el jardín botánico más importante de Europa.

En este Parque Nacional, la principal actividad económica es la agricultura, que se eleva en su falda meridional hasta los 2.000 metros de altitud, destacando los cultivos arbóreos de secano como el almendro, el olivar y otros como la vid y cereales panificables como son el trigo, la cebada y el centeno. Sin duda esta actividad productiva está en recesión desde la crisis de la agricultura tradicional de mediados del siglo XX, que favoreció un fortísimo éxodo rural en los municipios del entorno y que se constata en un incremento de su superficie no labrada. También la actividad ganadera es importante, fundamentalmente la cabaña de ovino y caprino, que también se encuentra en recesión, por motivos similares a los comentados con la agricultura; siendo tradicionalmente el sobrepastoreo en la zona, un riesgo para las comunidades vegetales autóctonas. No ha faltado la explotación minera en esta sierra, como lo demuestra el aprovechamiento que hubo de minas de hierro, de plomo, de plata, etc. y más recientemente de áridos utilizados para la construcción de carreteras y de viviendas, Sin embargo la actividad que tiene más pujanza y que puede ser un gran riesgo, si no se regula adecuadamente, es el turismo, ya que los numerosos atractivos de Sierra Nevada suponen un reclamo importante tanto para turistas como para excursionistas.

Relacionado con el turismo, Sierra Nevada posee en su entorno un enorme patrimonio cultural. Destacan en ella tres conjuntos históricos, que están catalogados como Bienes de Interés Cultural (BIC), y que se sitúan en el Barranco del Poqueira: Pampaneira, Bubión y Capileira,

donde la vivienda tradicional tiene un enorme interés y es objeto de explotación dentro del segmento de turismo rural. También Sierra Nevada cuenta con construcciones de carácter civil, viviendas nobles urbanas fundamentalmente concentradas en Abla, Abrucena y Canjáyar, de la Alpujarra Almeriense. A lo anterior se une multitud de construcciones defensivas, un rico patrimonio antropológico, artesanal y gastronómico que hacen de los municipios que tienen término municipal en el Parque, lugares con enorme potencialidad turística, al margen de la que genera su magnífica estación de esquí.

Sin embargo, su tendencia demográfica regresiva en 29 de sus 44 municipios entre 2007 y 2013, es un indicador que nos permite comprender que su dinamismo económico es también, en muchos de los términos municipales que conforman el Parque Nacional, muy bajo. A lo anterior se une unas elevadas tasas de paro que con la intensa crisis que padecemos, supone un problema grave de cara al mantenimiento de su rico patrimonio, que en buena medida depende de la pervivencia allí de población y de determinadas actividades productivas tradicionales.

Para su protección y dinamización, además de la declaración de Sierra Nevada como Parque Nacional por parte de la Administración Central, de Parque Natural por parte de la Comunidad Autónoma andaluza y de Reserva de la Biosfera por parte de la UNESCO, muchos de sus municipios han sido beneficiarios de proyectos provenientes de la Liaisons entre Activités de Developement de L'Economie Rural, más conocidas como Iniciativas Comunitarias LEADER, en diversos periodos de intervención.

En las próximas líneas nos vamos a centrar en el comentario de las características de estas Iniciativas Comunitarias LEADER, que tienen como principal pretensión el desarrollo rural en los espacios más necesitados, por considerar que es una cuestión clave para entender el objetivo general de este estudio.

Puede afirmarse que esta Comunidad Autónoma se esforzó en captar fondos comunitarios, tras nuestra entrada en la UE en 1986 a través de los LEADER, iniciativa que logró implantar aquí desde el año 1991.

La apuesta por proyectos bien dotados económicamente en los espacios rurales y naturales por parte de estas iniciativas LEADER ha sido desde sus orígenes importante, siendo su principal objetivo tratar de paliar los múltiples y graves problemas que padecen y que incluso la principal política europea, la Política Agraria Comunitaria (PAC), no había logrado conseguir, especialmente en las zonas montañosas, que son las que tienen mayores limitaciones físicas y de accesibilidad para la implantación de actividades productivas competitivas. Prueba lo anterior, que constituye la iniciativa de desarrollo rural más destacada, a pesar de la limitación de los fondos destinados.

Esta iniciativa ha impulsado, desde su creación y puesta en marcha como estrategia experimental en los años 1991-93 con el LEADER I, el desarrollo rural en la Unión Europea. Parte de la premisa de que la actividad económica es la dimensión fundamental para lograr dinamizar tanto la dimensión social como la ambiental del mundo rural y natural. Como consecuencia de lo anterior, el objetivo ha sido y es, impulsar un medio rural y natural competitivo y de calidad (Pillet. F. 2008). Para lograrlo no se ha dudado en incentivar mediante ayudas económicas, proyectos viables que tuviesen como condición, que la población local realice un esfuerzo inversor.

La estrategia para conseguirlo, se centra en favorecer la coordinación del máximo de recursos humanos y materiales existentes, que tengan interés y/o puedan fomentar y/o contribuir al desarrollo rural, (Esparcia, J 2003, 2006), a través de Grupos de Acción Local (GAL), donde se buscó implicar a representantes políticos, empresarios, asociaciones y población civil, para que con la colaboración de técnicos, traten de concretar una estrategia de desarrollo rural e implementarla para cada uno de los territorios que se delimitaron (Esparcia. J. *et al.,* 2000). En definitiva, se trata de una Iniciativa Comunitaria que tiene un carácter endógeno, local e integrado (Guinjoan, Badía, Tulla, 2016).

Si bien LEADER se diseña para que se ejecute en un espacio subregional con un aceptable grado de homogeneidad e identidad interna (en Andalucía en el periodo elegido para nuestro análisis ascendieron a un número de 52), en este trabajo hemos decidido no utilizar la comarcalización LEADER y centrarnos, en lo que podríamos calificar como los municipios que conforman el espacio del Parque Nacional de Sierra Nevada. Afortunadamente, la fuente principal que utilizaremos, como podremos comprobar, lo permite.

La Iniciativa Comunitaria LEADER, para impulsar el desarrollo rural, ha pasado por varios periodos de programación claramente diferenciados tanto temporalmente como por la reorientación de las prioridades a seguir en las estrategias que se plantearon. El denominado LEADER I que se desarrolló en el periodo 1991-1993 y que centrado en las zonas rurales más desfavorecidas, trató de impulsar la diversificación productiva. El LEADER II durante los años 1995-1999 apostó por acciones innovadoras y la utilización de redes de cooperación entre grupos. LEADER + en el periodo 2000-2006, puso el acento en los recursos locales y sus potencialidades de desarrollo sostenible. LEADER en el periodo 2007-2013 contempla sus objetivos dentro de un Plan Nacional, con la intención de que se aplique a una escala mayor y a un conjunto más amplio de actividades, siendo fundamental potenciar estrategias integradas de desarrollo local e integrar los espacios rurales en sus espacios regionales (Esparcia J. 2009, Esparcia, J. y Escribano. J. 2012).

En la actualidad el programa LEADER 2014-2020 pretende que cada Estado y regiones se centren al menos en cuatro de las seis prioridades establecidas por la UE que van desde: la transferencia de conocimientos y la innovación de las zonas rurales, la mejora la competitividad de las agriculturas, incentivar la organización de la cadena alimentaria, la restauración, conservación y mejora de los ecosistemas, una mayor eficiencia de los recursos que debe implicar el fomento de un sector agrario que emita menos dióxido de carbono, y finalmente el fomento de la inclusión social y la reducción de la pobreza[123].

Con la perspectiva que dan los años y las deducciones de los análisis de evaluación realizados desde diversos enfoques, metodologías y objetivos, puede afirmarse que sus resultados en el marco europeo han sido desiguales según regiones (Navarro *et al.,* 2015). En el caso español y andaluz puede afirmarse que “La iniciativa Comunitaria LEADER I, LEADER II y + y el Programa PRODER I y II, han generado indiscutibles beneficios en las zonas rurales donde se han aplicado… pero han aparecido también efectos perversos derivados de ella tales como la distribución territorial de sus inversiones, concentradas en los municipios más dinámicos, o el escaso papel redistribuidor en los colectivos marginales de la inversión generada, entre otros”. (Cejudo, E. y Navarro, F. 2011, 1).

Por otro lado, ha supuesto un intento de “que una parte de la población del medio rural adquiera conciencia de la necesidad de sustituir la cultura del subsidio y del desarrollo exógeno y sectorial reivindicado por aquella otra actitud de desarrollo global y autoconstruido que sea capaz de movilizar los recursos humanos y naturales de un gran número de comarcas rurales con el fin de diversificar sus economías y permitir, en consecuencia, el mantenimiento de unos niveles y calidad de vida mínimos para sus respectivas poblaciones” (Sáenz, M; Cejudo, E. y Maroto, JC. 1999, 915). Pero para ello se muestra imprescindible mejorar en múltiples cuestiones como por ejemplo, lograr una “planificación más coordinada, una mayor profesionalización, un producto más estructurado y una mejora en los sistemas de comercialización” (Solsona J. 2014,313).

A lo anterior habría que unir la falta de participación de los ciudadanos (Rodríguez, 2000; Buciega, 2012; Esparcia y Escribano, 2012), y el reforzamiento de las estructuras de poder a favor de determinados lobbies económicos y políticos (Navarro, F., Woods, M. y Cejudo, E. 2015) en detrimento de otros grupos sociales que quedan marginados de ellas (Navarro, F. Cejudo, E y Maroto, J.C. 2014; Cejudo, E; Navarro F. y Camacho, J. A. 2017).

[123] https://ec.europa.eu/agriculture/rural-development-2014-2020_es Consultado 30/09/2017

En este contexto, como se demostró en otros estudios (Cejudo, E. y Navarro, F. 2009; Cejudo, E.; Navarro, F. 2011; Cejudo, E. y Navarro, F. 2012; Cejudo, E., Navarro, F. y Cañete, J.A.2016; Maroto JC, Pinos, A, Cejudo, E y Navarro F. 2017), se hacen necesarios trabajos que permitan conocer con mayor detalle de lo que es usual, algunas de las principales características de la incidencia de la Iniciativa Comunitaria LEADER en el reparto territorial de los fondos europeos. Es decir reivindicamos más trabajo a escala local y la utilización de herramientas más adecuadas para realizar análisis espaciales, como son los SIG (Nieto, A y Cárdenas, G. 2016; 2017).

En el presente estudio nos vamos a ocupar de analizar dentro del LEADER 2007-2013 de Andalucía, algunas características cuantitativas y cualitativas de la Medida 413 y de manera específica la Acción 313 denominada "Fomento de actividades turísticas" en los municipios que conforman el Parque Nacional de Sierra Nevada, caracterizado por su enorme importancia patrimonial.

2. Hipótesis y objetivos.

Nuestra hipótesis de partida es que durante el periodo 2007-2013, en el Parque Nacional de Sierra Nevada, los proyectos de turismo rural que se ejecutaron en los municipios que lo conforman, se caracterizan, al igual que pasa en el conjunto de los GDR de Andalucía, por un importante peso en el conjunto de proyectos ejecutados LEADER. Paralelamente creemos que se produce también una importante concentración en unos pocos municipios del Parque Nacional de sus inversiones, de las subvenciones concedidas, en la generación de empleo y por tanto, no siempre han favorecido, como teóricamente es el objetivo de la Iniciativa LEADER, a los territorios más desfavorecidos y necesitados de inversiones.

Para tratar de comprobarla hemos concretados los siguientes objetivos:

1º Enmarcar teóricamente y analizar la Medida 413 y de manera específica la Acción 313, que se denomina "*Fomento de actividades turísticas*" en el LEADER 2007-2013 tanto a escala de la comunidad autónoma, como provincial, así como de la comarca que hemos querido conformar con los municipios que integran el Parque Nacional de Sierra Nevada.

2º Conocer la importancia y distribución espacial de los proyectos de la Medida 413 y de la Acción 313 a escala local de cada uno de los 44 municipios que conforman el Parque Nacional de Sierra Nevada, para tratar de conocer, el verdadero impacto generado.

3º Conocer la importancia y distribución espacial de las inversiones concedidas, de la Medida 413 y de la Acción 313 a escala local de cada uno de los 44 municipios que conforman el Parque Nacional de Sierra Nevada, para tratar de conocer, el verdadero impacto generado.

4º Conocer la importancia y distribución espacial de las subvenciones ejecutadas, de la Medida 413 y de la Acción 313 a escala local, de cada uno de los 44 municipios que conforman el Parque Nacional de Sierra Nevada, para tratar de conocer, el verdadero impacto generado.

5º Conocer la importancia, distribución espacial y algunas características del empleo generado, por la Medida 413 y de la Acción 313 a escala local de cada uno de los 44 municipios que conforman el Parque Nacional de Sierra Nevada, para tratar de conocer, el verdadero impacto generado.

El interés del estudio radica en la objetiva necesidad existente de conocer a escala local, es decir con un nivel de detalle espacial más preciso de lo que es habitual en los estudios que se suelen hacer de las Iniciativas LEADER, los impactos que generó la Iniciativa Comunitaria LEADER sobre su realidad tanto económica, social como ambiental y en definitiva, la comprobación empírica del grado de concordancia de los objetivos teóricos que se persiguen con las actuaciones que provocan.

Para realizar esta investigación se ha contado con la información suministrada por la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía, con un nivel de desagregación de “Proyecto”, que es localizado a escala municipal.

Debemos indicar que de todos los proyectos ejecutados en el periodo temporal 2007-2013 en Andalucía, un total de 6.225, se ha procedido a utilizar sólo aquellos, que por parte de los técnicos que han confeccionado estas estadísticas en los diferentes GDR han sido catalogados dentro de la Medida 413 y de la acción 313, es decir los qu se catalogaron como turísticos y que suman 750 para el conjunto andaluz. De entre ellos hemos seleccionados los que se ejecutaron en los municipios que conforman el Parque Nacional de Sierra Nevada, que supusieron 154 y se ha trabajado fundamentalmente con las características de los 25 que se catalogaron como proyectos turísticos.

Debe hacerse constar que esta selección implica que los resultados para analizar el turismo rural en Andalucía deben ser interpretados como una estimación a la baja, puesto que nos consta que podrían haberse incorporado un mayor número si hubiésemos utilizado las denominaciones que se les dio a estos proyectos, pues algunos podrían estar relacionados con la actividad turística. Sin embargo, el haberlo hecho, nos hubiese llevado a una situación de ambigüedad que sólo podría superarse mediante una entrevista a los técnicos que realizaron la clasificación para conocer las razones que justifican su decisión de clasificar el proyecto en una determinada Medida y Acción.

Los datos han sido trabajados con diferentes herramientas. Una hoja de cálculo Excel nos ha facilitado la realización de tablas estadísticas y gráficas, que nos han ayudado en la interpretación y comentario de los resultados obtenidos. También hemos utilizado ArcGis para representar cartográficamente la información utilizando como unidades espaciales la delimitación provincial andaluza y por otro lado la comarcalización que hemos creado con los 44 municipios que integran el territorio del Parque Nacional de Sierra Nevada.

3. La iniciativa LEADER en Andalucía y el LEADER 2007- 2013

Como pusimos de manifiesto en un estudio anterior (Maroto, JC; Pinos, A; Cejudo, E y Navarro, F. 2017), este periodo de programación, se benefició de la creación del FEADER, por Reglamento 1689/2005, que supuso integrar en un solo fondo el conjunto de medidas que con anterioridad se encontraban dispersas tanto en políticas sectoriales como territoriales. La finalidad de la decisión fue ganar en simplicidad, coherencia y transparencia en los siguientes grandes objetivos: mejorar la competitividad de las actividades productivas que se producen en el medio rural, aumentar la calidad de vida de la población, mejorar la realidad ambiental del territorio y la diversificación productiva,.

Esos objetivos se han tratado de alcanzar a través de la implantación de 4 Ejes.

El primer eje se centró en medidas tendentes a mejorar el capital humano y físico en las actividades agrícolas, silvícolas, en la generación de productos alimenticios de calidad, entre otros.

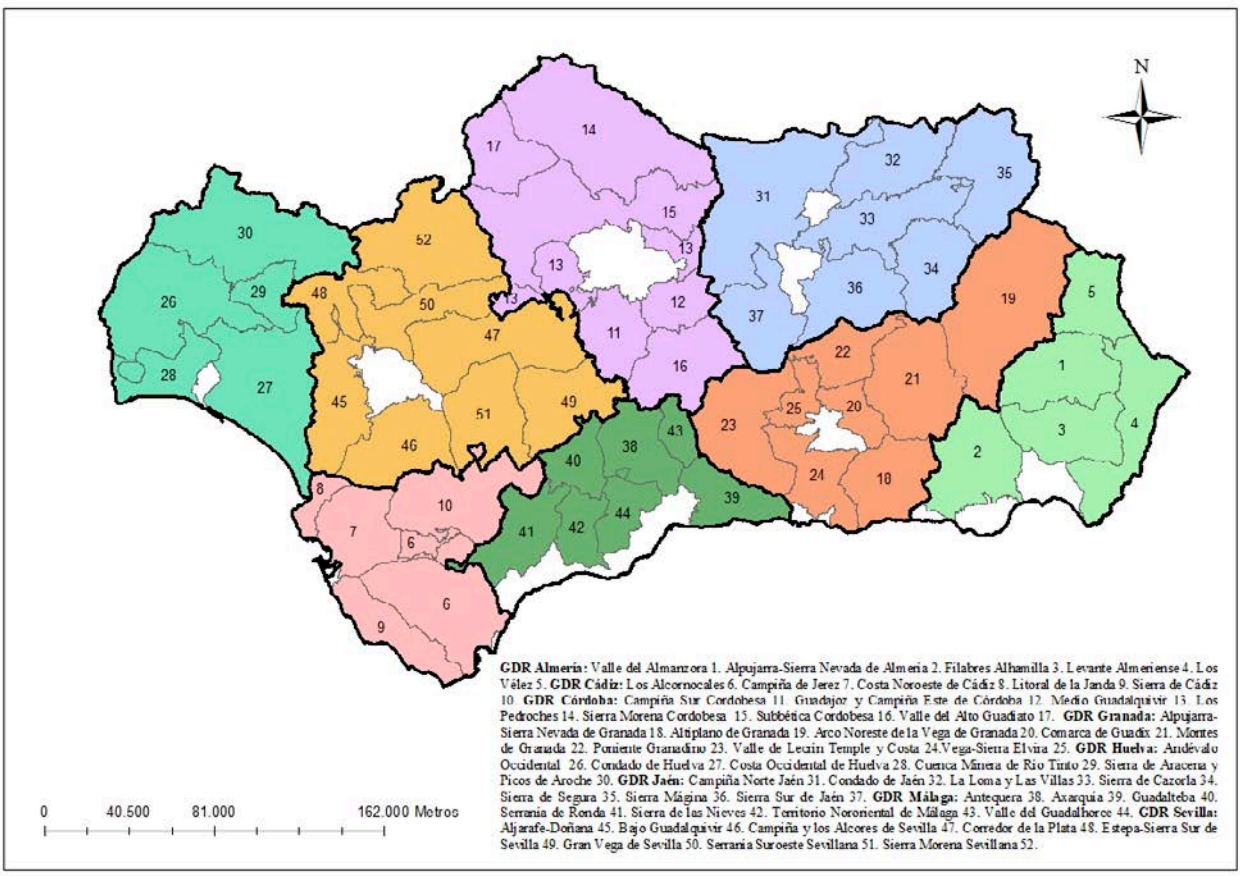
El segundo eje se orientó a la preservación de los recursos naturales y sistemas agroforestales tradicionales con valores ambientales que generan paisajes culturales.

El tercer eje tuvo como pretensión la mejora de las infraestructuras y servicios para de esta manera mejorar las condiciones de vida de la población que allí vivía y también las posibilidades de diversificar la estructura productiva.

Finalmente el Eje cuarto, se basó en la experiencia LEADER.

En este contexto, en la Comunicad Autónoma de Andalucía, para aplicar la Iniciativa LEADER se dotó de 52 Grupos de Desarrollo Rural (GDR) (Mapa 1) que abarcaron más del 90% de la superficie andaluza, donde habitaba aproximadamente la mitad de la población, un tercio si utilizamos criterios de la OCDE.

MAPA 1.
Localización de los GDR del LEADER 2007-2013 en Andalucía



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural.

Existe una tradición de varias décadas de actuaciones de las iniciativas LEADER en España, que en el caso de Andalucía, se considera por parte de las informaciones que ofrece la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía como muy positivas, enfatizando que los principales logros alcanzados fueron su contribución a la creación de empresas y de empleo en mujeres y personas menores de 35 años.

El turismo se va a considerar una actividad clave para lograr esa necesaria diversificación, y aunque España impulsa de manera efectiva bastante tarde el turismo rural, si lo comparamos con otros países europeos (Cánoves, G., Herrera, L. y Cuesta, L. 2005a), nuestra entrada en Europa, los fondos europeos que empezamos a recibir y las nuevas demandas de la población urbana (Cánoves, G., Villarino, M. y Herrera, L. 2005b), harán que la situación cambie notablemente. En este contexto Andalucía, también recuperará importancia rápidamente respecto a las Comunidades Autónomas del norte peninsular, que fueron las pioneras en impulsarlo (Pulido, J.I. 2008a).

Prueba la afirmación anterior que en 2013, último año del periodo de intervención, según datos del INE, Andalucía fue la cuarta comunidad autónoma en número de alojamientos turísticos rurales y la tercera en recepción de turistas. Además dispuso de 15.044 establecimientos de turismo rural abiertos que dieron empleo a una media de 21.474 personas.

En definitiva se trata de una actividad importante en el mundo rural andaluz, que sigue creciendo a pesar de la crisis económica que venimos padeciendo en este periodo y que se desea seguir potenciando desde la administración pública y por parte de la iniciativa privada.

La labor de los Grupos de Acción Local se encuentra determinada por el Reglamento FEADER (Reglamento (CE) nº 1698/2005) en el Plan Nacional de Desarrollo Rural y en el Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2007-2013. Como se especifica en este último, los Grupos de Acción Local gestionan las ayudas bajo el Eje 4 LEADER y dentro de las medidas subvencionables, las relacionadas con el turismo, se ubican en el Eje 3 que tiene como finalidad la "Mejora de la calidad de vida y de la economía en las zonas rurales". De manera específica en este trabajo, como hemos comentado, nos vamos a centrar en la Medida 313 que se denomina "Fomento de actividades turísticas".

Se incluyen entre las actividades turísticas, las contenidas en artículo 2, definición 25 del Reglamento (CE) 800/2008 de la Comisión de 6 de agosto de 2008: "…las actividades económicas de la clasificación NACE Rev. 2: a) NACE 55: Hostelería; b) NACE 56: Actividades de servicios en alimentos y bebidas; c) NACE 79: Actividades de agencias de viajes, operadores turísticos y servicios de reservas y actividades relacionadas con los mismos; d) NACE 90: Actividades de creación, artísticas y espectáculos; e) NACE 91: Actividades de bibliotecas, archivos, museos y otras actividades culturales; f) NACE 93: Actividades deportivas, recreativas y de entretenimiento".

De esta manera recomienda las siguientes:

- "Creación y mejora de equipamientos e infraestructuras relacionadas con la ordenación y disponibilidad para el uso público del patrimonio natural.
- Creación y mejora de infraestructuras turísticas a pequeña escala y equipamientos turísticos.
- Creación y mejora de infraestructuras recreativas y de esparcimiento.
- Creación, ampliación, modernización y/o traslado de establecimientos turísticos rurales de capacidad reducida.
- Actuaciones que mejoren la comercialización de los servicios turísticos.
- Actuaciones que creen y mejoren los servicios turísticos y contribuyan al desarrollo de los mismos." (Junta de Andalucía, PDRA 2007-2013 Versión 11: 391).

El PDRA sugiere realizar actuaciones como: la creación y mejora de centros de información turística, señalización turística, mejora de accesos a lugares de interés turístico; creación y mejora de áreas recreativas: de miradores y espacios de esparcimiento, creación, modernización y ampliación de alojamientos turísticos rurales de capacidad reducida; elaboración de guías turísticas; diseño y promoción de paquetes y servicios turísticos; apoyo a los proyectos y actuaciones desarrollados por las asociaciones turísticas para la mejora del sector y a la dinamización del asociacionismo; organización de ferias y encuentros relacionados con el turismo; creación y mejora de empresas de servicios turísticos, páginas web, software de gestión de información y herramientas de apoyo a la toma de decisiones considerándose y fomentando las actuaciones de los espacios naturales incluidas en la Red Natura 2000 en cuanto a acciones de turismo rural activo, turismo de naturaleza, educación ambiental, granjas escuelas, etc.

Tras esta aclaración, se muestra en este momento oportuno profundizar en la importancia y distribución espacial de los proyectos, subvenciones concedidas, inversiones ejecutadas y empleo generado en la Medida 413 y de la Acción 313 de los 44 municipios[124] que conforman el Parque Nacional de Sierra Nevada, con la pretensión de comparar sus características con la situación media de la Comunidad Autónoma y de las provincias andaluzas.

[124] Abla 1. Abrucena 2. Alboloduy 3. Alsodux 4. Bayárcal 5. Beires 6. Canjáyar 7. Fiñana 8. Fondón 9. Laujar de Andarax 10. Nacimiento 11. Ohanes 12. Paterna del Río 13. Rágol 14. Tres Villas, Las 15. Aldeire 16. Bérchules 17. Bubión 18. Busquístar 19. Cáñar 20. Capileira 21. Dílar 22. Dólar 23. Dúrcal 24. Ferreira 25. Guéjar-Sierra 26. Huéneja 27. Jerez del Marquesado 28. Juviles 29. Lanjarón 30. Lanteira 31. Lecrín 32. Lugros 33. Monachil 34. Nigüelas 35. Pampaneira 36. Pórtugos 37. Soportújar 38. Trevélez 39. Válor 40. Zubia, La 41. Taha, La 42. Nevada 43. Alpujarra de la Sierra 44.

3.1. Características generales del "Fomento de las Actividades Turísticas" del LEADER 2007-2013 en los municipios del Parque Nacional de Sierra Nevada.

Somos conscientes de que el turismo rural es una actividad en que la dimensión territorial tiene una enorme importancia, no sólo porque los recursos y productos turísticos rurales se localizan espacialmente de manera desigual, sino también porque, como toda actividad turística, supone desplazamientos en el territorio y genera impactos muy diferentes y de desigual intensidad, tanto positivos como negativos, en las dimensiones económica, social y ambiental.

Precisamente esta consideración hace que seamos conscientes de que el análisis que vamos a realizar sea excesivamente simplificador, por desgracia en buena medida condicionado por las limitaciones de las fuentes disponibles.

Partiendo de lo anterior vamos a presentar las características del fomento de las actividades turísticas centrándonos en cuatro aspectos: en primer lugar vamos a analizar el número de proyectos ejecutados y su distribución espacial, así como la inversión realizada, la subvención recibida y empleo generado a escala provincial, autonómica y de la comarca, lo que nos permitirá obtener una primera aproximación de su importancia.

Y en segundo lugar y ya utilizando una escala de análisis centrada en cada uno de los 44 municipios que conforman el Parque Nacional de Sierra Nevada (Mapa 1), mostraremos la importancia, medida en número de los proyectos ejecutados, la inversión realizada, la subvención recibida y el empleo generado total distribuido por sexo y de un grupo de edad (<35 años).

Los municipios objeto de estudio, se ubican entre dos provincias, Granada y Almería, y se encuentran integrados en varios Grupos de Desarrollo rural: Alpujarra Sierra Nevada de Almería, Alpujarra-Sierra Nevada de Granada, Comarca de Guadix, Valle de Lecrín Temple y Costa, Comarca de Guadix y Arco Noroeste de la Vega de Granada.

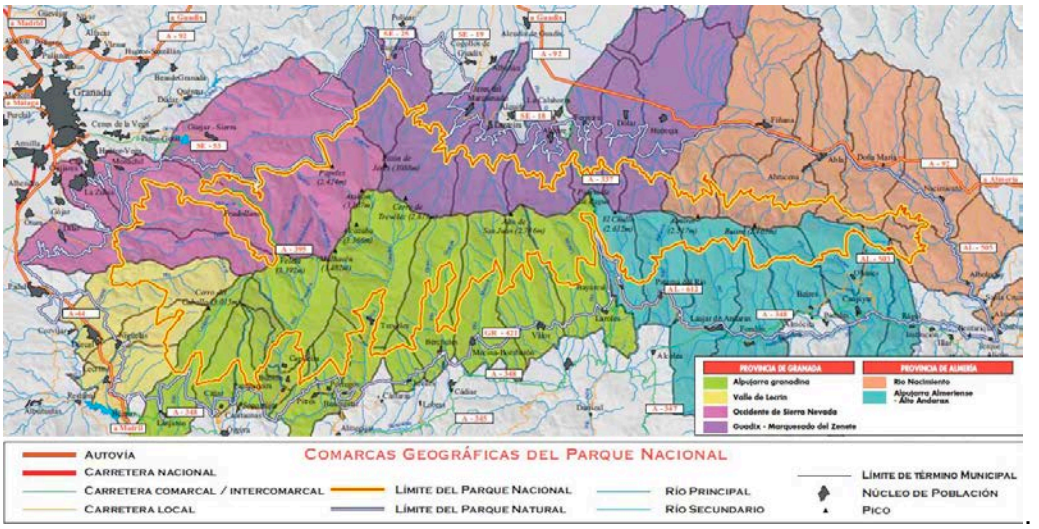
MAPA 2.
Localización del área de estudio en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Fuente: Elaboración propia. ArGis.

No conforma por tanto una comarca operativa para la actuación de LEADER, aunque sí que ha sido caracterizada en varias zonas geográficas (Mapa 3): Alpujarra granadina, Valle de Lecrín, Occidente de Sierra Nevada, Guadix-Marquesado del Zenete, Rio Nacimiento, Alpujarra Almeriense-Alto Andarax.

El número total de proyectos ejecutados en Andalucía ascendió en este periodo a 6225 representando los de turismo rural el 12%. En los municipios que conforman el Parque Nacional de Sierra Nevada se ejecutaron

MAPA 3
Comarcas Geográficas del Parque Nacional de Sierra Nevada.



Fuente: Guía de visita del Parque Nacional de Sierra Nevada

154 de los que el 16,2 % fueron de turismo (Tabla nº 1). Cuando se compara este dato con la media de Andalucía y con la de las provincias andaluzas, puede afirmarse que este territorio se ha caracterizado por ser especialmente beneficiario de proyectos de turismo rural en el conjunto andaluz, ascendiendo su número a 25, lo que supuso el 3,3% de los proyectos ejecutados de turismo rural en Andalucía.

Tabla 1.
Distribución provincial y en los municipios del Parque Nacional de Sierra Nevada, de los proyectos totales y de turismo, ejecutados entre 2007-2013 en Andalucía dentro del Eje LEADER.

Provincia / Parque Nacional	Número de proyectos turismo	% respecto al total de Andalucía	Número de proyectos totales del periodo	% que suponen los proyectos de turismo rural
Provincia Almería	43	5,7	396	10,9
Provincia de Cádiz	70	9,3	526	13,3
Provincia de Córdoba	68	9,1	785	8,7
Provincia de Granada	94	12,5	912	10,3
Provincia de Huelva	92	12,3	764	12,0
Provincia de Jaén	167	22,3	1108	15,1
Provincia de Málaga	101	13,5	826	12,2
Provincia de Sevilla	115	15,3	908	12,7
Total Andalucía	750	100,0	6225	12,0
Municipios PN Sierra Nevada	25	3,3	154	16,2

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia.

Lo anterior se completa indicando que los proyectos en turismo de todos los GDR andaluces han generado el 16,1% de la inversión realizada (90 M€ de los 568 M€ invertidos en el conjunto del Eje LEADER) y han acaparado el 14,6% del monto de las subvención que destino el EJE. De lo anterior se deduce que el peso económico que tuvo esta medida, supera en cuatro puntos porcentuales el que tuvo por número de proyectos ejecutados. Además se constata que la subvención obtenida en esta Medida acaparó nada menos que el 37,2% de toda la inversión que se produjo en ella.

Los GDR de la provincia de Sevilla acapararon más de una quinta parte de las inversiones y de las subvenciones movilizadas en turismo. De lo anterior se infiere que los proyectos que poseen más capacidad económica son los que más subvención obtuvo, circunstancia que obviamente nos indica que fueron menos intensamente financiados aquellos que tuvieron menor capacidad financiera. Por su parte los GDR de la provincia de Cádiz fueron los que en virtud de las subvenciones que consiguieron, los más beneficiados cuando se tiene en cuenta la cuantía media de la inversión que realizaron.

Como puede comprobarse en la Tabla nº 2, cuando se hace un análisis comparativo entre el conjunto de los municipios del Parque Nacional con respecto al conjunto de Andalucía y sus provincias, en relación a la inversión y la subvención recibida por parte de los proyectos turísticos ejecutados, permite afirmar que el peso que tiene la inversión en turismo supone el 3,5% del total andaluz, mientras que la subvención asciende al 3,2%. De lo anterior se deduce que es mayor la inversión conseguida que lo que le corresponde por proyectos ejecutados y por otro lado, que el peso porcentual que han supuesto las subvenciones respecto a las inversiones, indica que estos proyectos del Parque Nacional han sido menos subvencionados que la media de los proyectos ejecutados en turismo rural en Andalucía (34,8% frente al 37,2%).

Tabla 2
Inversión realizada y subvención concedida en el Parque Nacional de Sierra Nevada, entre 2007-2013 en Andalucía dentro del Eje LEADER.

Provincia / Parque Nacional	Inversión en Turismo (€)	Subvención en Turismo (€)	% de la subvención en la inversión	Inversión media turismo (€)	Subvención media por proyecto (€)
Provincia Almería	6.712.087	2.546.702	37,9	156.095	59.226
Provincia de Cádiz	6.764.339	3.832.242	56,7	96.633	54.746
Provincia de Córdoba	15.377.182	3.336.038	21,7	226.135	49.059
Provincia de Granada	13.147.286	4.723.532	35,9	139.865	50.250
Provincia de Huelva	7.925.854	2.981.054	37,6	86.151	32.403
Provincia de Jaén	10.370.370	4.344.337	41,9	62.098	26.014
Provincia de Málaga	10.498.740	4.998.816	47,6	103.948	49.493
Provincia de Sevilla	19.425.697	6.769.001	34,8	168.919	58.861
Total Andalucía	90.221.555	33.531.722	37,2	120.295	44.709
Municipios PN Sierra Nevada	3.125.588	1.087.754	34,8	125.024	43.510

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia.

Confirma lo anterior la comprobación de que la inversión media de los proyectos turísticos del Parque Nacional fue en casi 5.000 euros superior que la media andaluza mientras que la subvención media fue inferior en unos 1.200 euros.

Los datos generales de empleo del LEADER en Andalucía indican que el turismo rural acaparó el 8,4% del empleo total generado por este Eje. Desagregado por sexo, supuso el 7,7% del empleo total masculino, el 9,3% del total femenino y el 9,9% del empleo creado para los menores de 35 años

Como se deduce de la Tabla 3, el empleo generado en turismo rural en Andalucía ascendió a 1747 personas, de las que el 52,3% fueron varones y el restante 47,7% fueron mujeres. Los empleos de los menores de 35 años supusieron el 42,2%. Esta situación se invierte en el Parque Nacional, donde el empleo generado fue de tan sólo 37 personas, el 2,1% del andaluz, siendo además anómalo respecto a la media andaluza en tanto que fue mayoritariamente femenino 56,8% y donde los menores de 35 años supusieron menos de un tercio de los empleados (32,4%).

De lo anterior puede inferirse que el turismo generó en los municipios del Parque Nacional, menos empleo que el esperado si tenemos en cuenta el número de proyectos e inversión, destacando el empleo femenino y no joven.

Finalizamos este apartado mostrando que las diferencias en las provincias andaluzas, son muy acusadas, lo que indica que los contrastes internos son muy importantes, circunstancia que no se pueden achacar a las diferencias demográficas que existen en sus respectivos ámbitos rurales.

Tabla 3
El empleo generado en las provincias andaluzas y en los municipios del Parque Nacional de Sierra Nevada, entre 2007-2013 en Andalucía dentro del Eje LEADER.

Provincia / Parque Nacional	Empleo total hombres	Empleo total mujeres	Empleo total menores de 35 años	Empleo total
Provincia Almería	53	36	28	89
Provincia de Cádiz	143	168	122	311
Provincia de Córdoba	64	73	93	137
Provincia de Granada	150	134	106	284
Provincia de Huelva	79	56	64	135
Provincia de Jaén	90	94	100	184
Provincia de Málaga	148	173	124	321
Provincia de Sevilla	187	99	101	286
Total Andalucía	914	833	738	1747
Municipios PN Sierra Nevada	16	21	12	37

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia.

En definitiva, del conjunto de los datos analizados hasta ahora, se puede deducir la existencia de importantes contrastes espaciales en las variables inversión, subvención y empleo entre provincias y también entre la media andaluza y los datos globales de los municipios del Parque Nacional.

3.2. Número de proyectos y su distribución del turismo en LEADER 2007-2013 en los municipios del Parque Nacional de Sierra Nevada

El análisis de estas variables por municipios, nos permite comprobar que han existido proyectos de turismo en todas las provincias andaluzas y en todos y cada uno de los 52 GDR de Andalucía (Maroto, JC; Pinos, A; Cejudo F y Navarro 2017); mostrando de esta manera que es una Medida en la que se confía de manera especial para fomentar el desarrollo rural por parte de los GDRs andaluces. Paralelamente se puede constatar también que persiste en este indicador, fortísimos contrastes entre los Grupos de Desarrollo Rural: (GDR Los Montes se ejecutaron 3 proyectos turísticos, mientras que el Condado de Jaén alcanzó nada menos que 38). Lo anterior sugiere la necesidad que tenemos de realizar investigaciones más específicas para tratar de conocer las causas que lo generan, pues estamos convencidos que no responde a la ausencia en esas zonas, de recursos con grandes potencialidades turísticas.

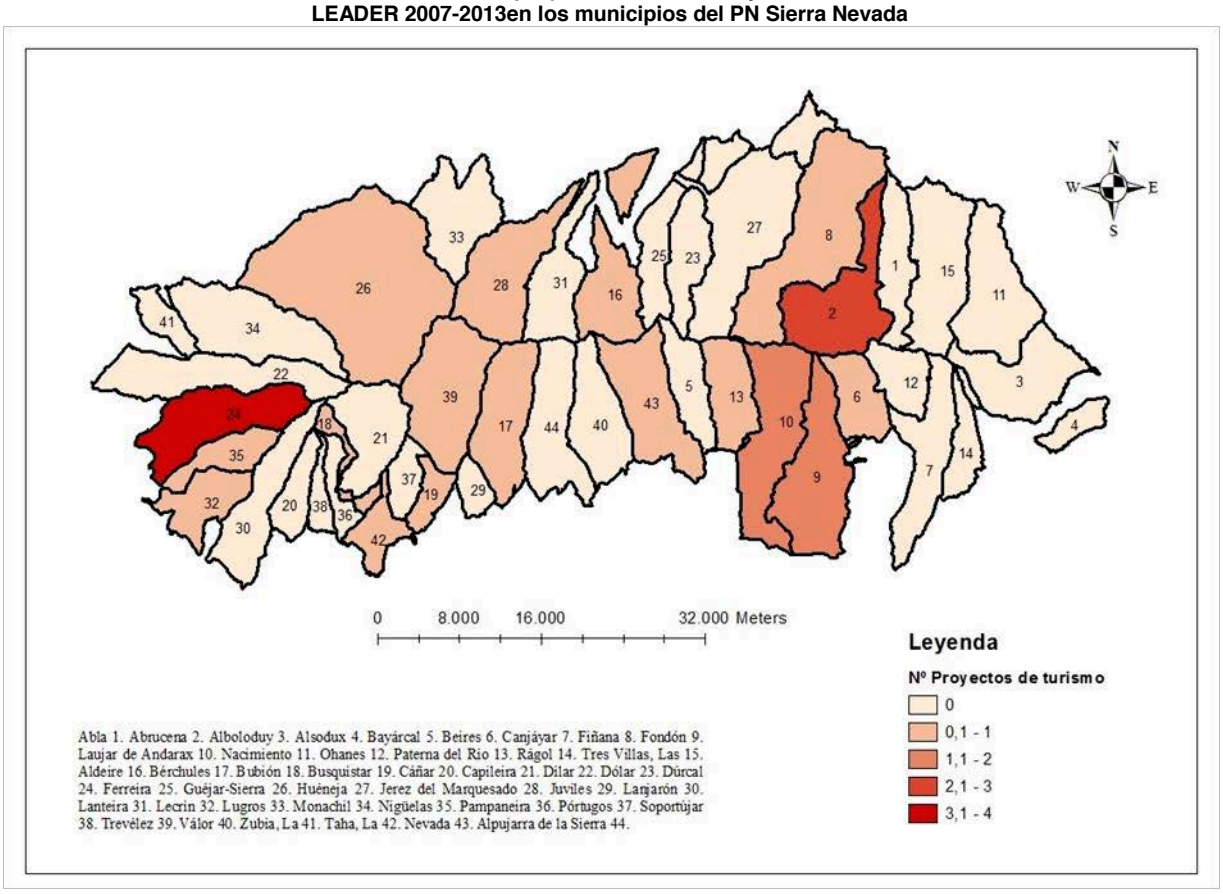
Consideramos que un espacio emblemático del turismo rural de Andalucía es el Parque Nacional de Sierra Nevada y aunque no constituye una comarca GDR, sí que tiene entidad por sí misma para tratar de evaluar no sólo las características de este Parque Nacional, sino también el interés que ha mostrado el LEADER por impulsar en sus municipios el turismo. Como comentamos más arriba, el número total de proyectos ejecutados en Andalucía

ascendió en este periodo a 6225, representando los de turismo rural el 12%. En los municipios de Sierra Nevada se ejecutaron 154 de los que el 16,2 % fueron de turismo rural. Cuando se compara este dato con la media andaluza y con la media de las provincias, puede afirmarse que este territorio se ha caracterizado por ser especialmente beneficiario de proyectos de turismo rural en el conjunto andaluz, ascendiendo su número a 25, lo que supuso nada menos que el 3,3% del total.

Sin embargo en el Parque Nacional hubo 13 municipios que no tuvieron ningún proyecto por parte de LEADER, otros 13 ejecutaron proyectos no turísticos y sólo 18 municipios, de los 44 del Parque Nacional tuvieron algún proyecto relacionado con el turismo rural en el LEADER 2007-2013.

El análisis espacial de sus ubicaciones en el Parque Nacional nos lo facilita el Mapa 4.

MAPA 4.
Distribución de los proyectos de turismo ejecutados en el LEADER 2007-2013en los municipios del PN Sierra Nevada



Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia

Los municipios con más proyectos son Dúrcal y Abrucena. Dos municipios con características muy diferentes, pues Dúrcal pertenece a la provincia de Granada, y se encuentra en el Valle de Lecrín, que es una comarca que permite al turista rural acceder tanto a Sierra Nevada, y especialmente a su ladera sur La Alpujarra, como al Valle de Lecrín. Esta circunstgancia es posible porque, se ubica en un eje clave de la provincia al pasar por ella la principal carretera que une el área metropolitana de Granada y la Costa Subtropical. Por su parte, Abrucena es un pequeño núcleo de población almeriense, ubicado en la falda norte de Sierra Nevada, alejado de la capital provincial, pero que ha hecho una importante apuesta por el turismo rural. No existe una norma espacial clara que caracterice a los municipios con proyectos de turismo rural en el Parque Nacional.

¿Los municipios con proyectos LEADER y de manera específica con proyectos turísticos, son los que tuvieron al inicio o al final del periodo, año 2007, 2013, los peores indicadores de paro en el mes turístico por excelencia que es agosto?.

La respuesta a esta cuestión es negativa, pues encontramos múltiples municipios sin proyectos turísticos ejecutados e incluso sin proyectos LEADER de cualquier tipo, que tuvieron en ambas fechas peores indicadores de paro (Tablas nº 4 y 5). De lo anterior puede deducirse que no ha sido este criterio el que ha primado a la hora de implementar allí proyectos generales o específicamente turísticos LEADER.

Tabla 4.
Características de los municipios con proyectos LEADER en el Parque Nacional de Sierra Nevada

Municipios con proyectos	Total proyectos	Proyectos turismo rural	% de proyectos en turismo	Tasa de paro en agosto 2007	Tasa de paro en agosto 2013
Paterna del Rio	4	1	25	3,7	34,1
Bérchules	1	1	100	7,8	23,8
Nevada	6	1	16,7	8,2	27,3
Abrucena	6	3	50	8,3	18,2
Laujar de Andaráx	22	2	9,1	8,3	28,9
Lecrin	3	1	33,3	9,0	26,9
Aldeire	2	1	50	9,9	15,3
Trevélez	2	1	50	9,9	30,9
Fondón	6	2	33,3	12,8	30,6
Fiñana	3	1	33,3	12,9	32,0
Jerez del Marquesado	6	1	16,7	13,9	31,2
Guejar-Sierra	10	1	10	15,0	37,1
Niguelas	6	1	16,7	15,1	30,7
Taha (La)	5	1	20	17,0	30,9
Durcal	17	4	23,5	17,3	36,0
Bubión	2	1	50	17,4	28,9
Beires	1	1	100	18,7	43,3
Busquístar	4	1	25	19,7	33,1

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia.

También se deduce de lo anterior, que los proyectos de desarrollo rural LEADER, no han logrado frenar las consecuencias negativas sobre el empleo que ha traído consigo la fuerte crisis económica que padece nuestro país. El generalizado, y fuerte incremento de las tasas de paro en los municipios estudiados, lo evidencia.

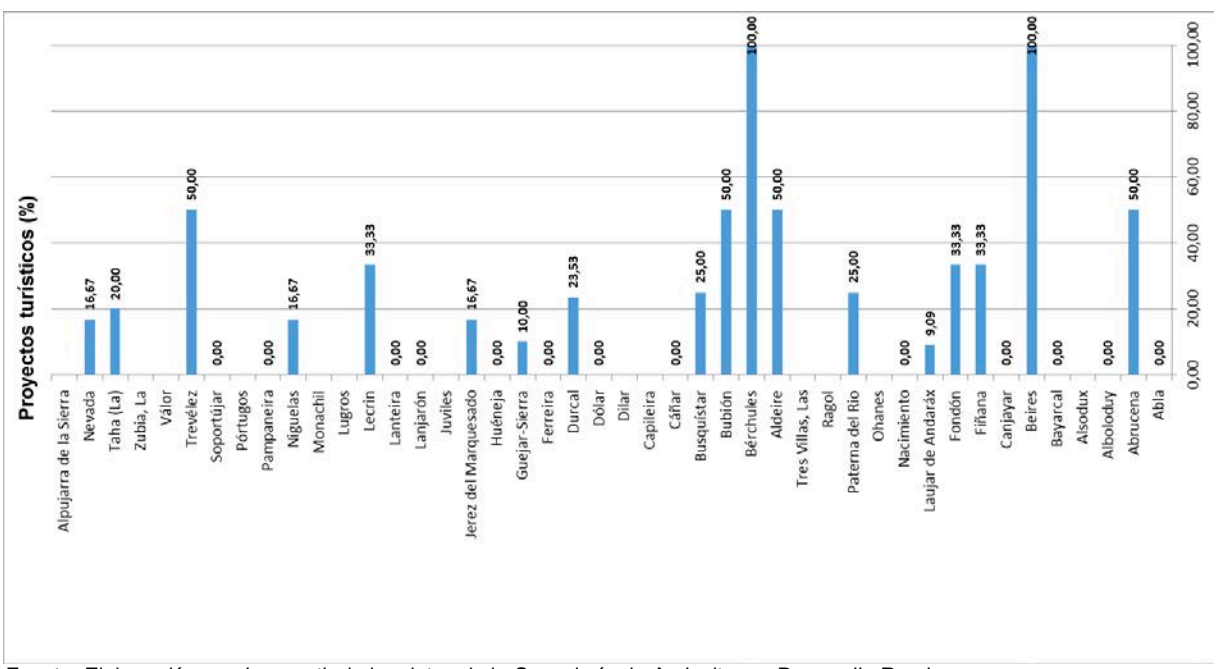
Cuando calculamos el peso porcentual que suponen los proyectos turísticos en relación al total de proyectos ejecutados en cada municipio del Parque Nacional, volvemos a encontrar, como se puede constatar en el Gráfico nº1, además de fuertes contrastes y una clara apuesta por el turismo en Beires y en Bérchules, donde el único proyecto del que se benefició cada municipio se orientó al turismo. También destacan los casos de Trevélez, Bubión, Aldeire y Abrucena, donde la mitad de los proyectos se orientaron al turismo. Cabe destacar el caso del último municipio en el que 3 de los 6 proyectos que tuvo, fueron turísticos. Sin embargo Dúrcal que es el municipio con más proyectos turísticos, un total de 4, su proporción es baja ya que en él se ejecutaron 17 durante este periodo. También cabe destacar el caso extremo de Laujar de Andarax, que apenas apostó por el turismo, como lo demuestra el hecho de que sólo ejecutó dos proyectos turísticos de los 22 con que fue beneficiado, configurándose en el municipio con más proyectos del PN.

Tabla 5
Características de los municipios sin proyectos LEADER o con proyectos pero que no son de turismo en el Parque Nacional de Sierra Nevada

Municipios sin proyectos	Paro 2007	Paro 2013	Municipios con proyectos, pero no de turismo	Nº Proyectos finalizados	Paro 2007	Paro 2013
Juviles	3,6	23,2	**Nacimiento**	1	5,7	14,1
Tres Villas, Las	4,4	20,4	**Ferreira**	2	6,1	12,4
Ragol	5,0	21,4	**Huéneja**	1	9,4	20,1
Válor	7,8	20,4	**Dólar**	3	11,0	12,7
Ohanes	8,8	35,7	**Canjayar**	3	11,1	31,5
Alpujarra de la Sierra	9,0	19,2	**Abla**	12	11,8	32,4
Alsodux	11,1	50,0	**Bayarcal**	2	12,4	33,7
Monachil	12,6	37,9	**Lanjarón**	7	12,6	30,4
Capileira	14,2	28,7	**Lanteira**	3	16,5	35,9
Lugros	14,3	26,0	**Pampaneira**	5	16,6	42,7
Zubia, La	16,6	42,7	**Cáñar**	2	19,7	30,9
Pórtugos	16,7	34,4	**Alboloduy**	5	19,9	30,4
Dilar	20,9	42,1	**Soportújar**	2	22,5	31,2

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia.

GRÁFICO 1
Porcentaje que suponen los proyectos de turismo rural en el total de proyectos LEADER 2007-2013 en los municipios del Parque Nacional de Sierra Nevada



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural.

Un análisis de los tipos de proyectos que se han ejecutado, permite afirmar que casi la mitad de ellos están relacionados con la creación y/o mejora de la oferta de alojamientos turísticos rurales (48%) y, casi una cuarta parte (24%) con la creación y/o mejora de oferta de restauración. La información turística, señalización y servicios turísticos supusieron el 12% de los proyectos, las jornadas y festivales el 8% y finalmente otros proyectos, con el 8%, completan el total de los ejecutados.

3.3. Importancia y distribución de las inversiones del turismo en LEADER 2007-2013 en los municipios del Parque Nacional de Sierra Nevada

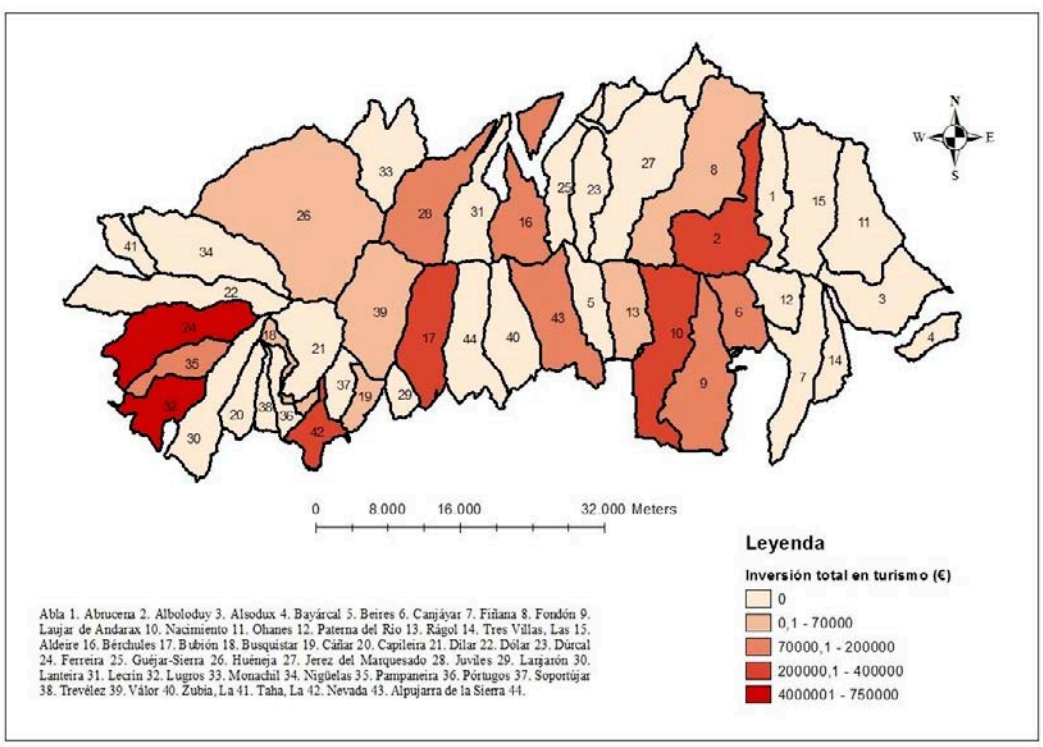
Completa esta visión el conocimiento de dónde se han producido las mayores inversiones en turismo, así como el peso que tuvieron en relación al total de las inversiones que se ejecutaron en cada uno de los municipios del Parque Nacional de Sierra Nevada.

La respuesta a la primera cuestión nos la proporciona el Mapa 5, que nos permite constatar que sólo 18 municipios de los 44 han ejecutado estos proyectos. A lo anterior hay que unir que únicamente tres han concentrado la mitad de todo lo invertido en turismo rural, dos de ellos pertenecientes al Valle de Lecrín, es el caso de Dúrcal con un 23,1%, y Lecrín con el 14,5% y el tercero Laujar de Andarax con el 12,5% ubicado en La Alpujarra Almeriense-Alto Andarax. Por el contrario los casos de Paterna del Río, Busquístar, Fiñana y Bubión, se caracterizan por no llegar a suponer ni el 1% de las inversiones ejecutadas en el Parque Nacional. De lo anterior se puede deducir la fuerte concentración de las inversiones en unos pocos municipios.

Completa la anterior información comprobar que la gran mayoría de las inversiones se han orientado a la creación y/o mejora de alojamientos rurales, que si bien suponían el 48% de los proyectos, ahora podemos decir que acapararon el 67,5 % de las inversiones realizadas, seguido por las inversiones en restauración que acapararon uno de cada cinco proyectos y uno de cada cinco euros ejecutados.

De lo anterior se puede inferir como conclusión que se produjo una fuerte concentración de las inversiones en oferta de alojamientos y en restauración, siendo casi residual otras como la generación de jornadas y festivales, información turística, señalización y otros servicios.

FIGURA 5.
Inversiones en Turismo por parte de los GDR andaluces en LEADER 2007-2013.

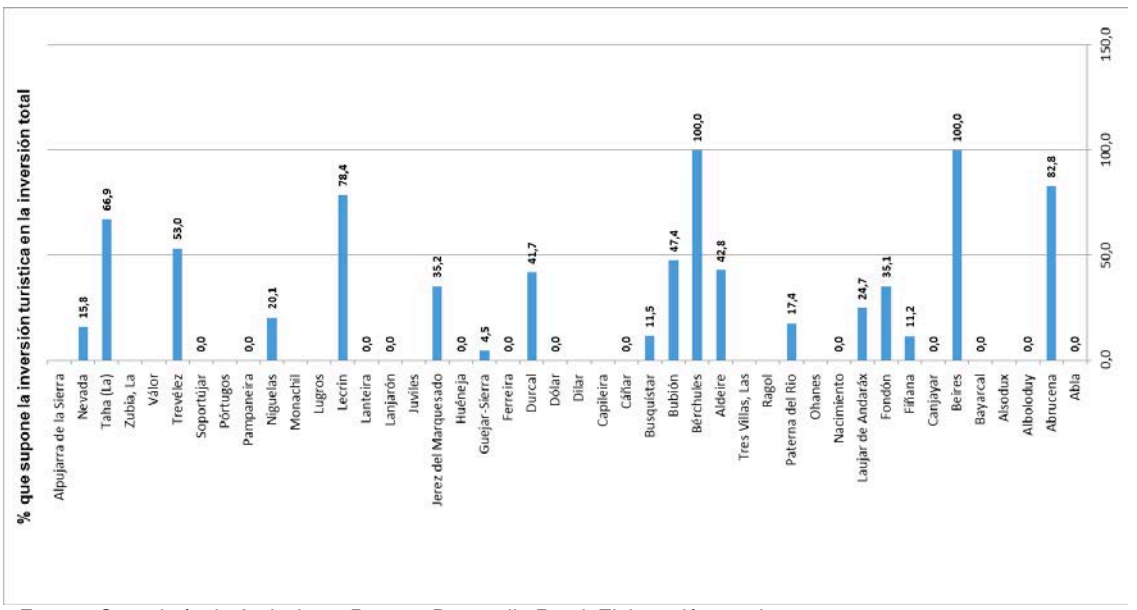


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural.

Si bien la cartografía anterior nos indica dónde se han producido las mayores inversiones en turismo en los municipios del PN de Sierra Nevada, resulta de interés conocer, cuáles han apostado fundamentalmente por esta medida en su estrategia de desarrollo.

La respuesta nos la proporciona el Gráfico nº 2, en que sobresalen tanto Bérchules como Beires, pues dedican el 100% de lo invertido por LEADER a actuaciones en esta medida de turismo rural, concretamente en su oferta de alojamientos turísticos rurales. También hicieron una apuesta fuerte promotores en: Abrucena (82,8%), Lecrín 78,4%, La Taha 66,9% y Trevélez (53,0%).

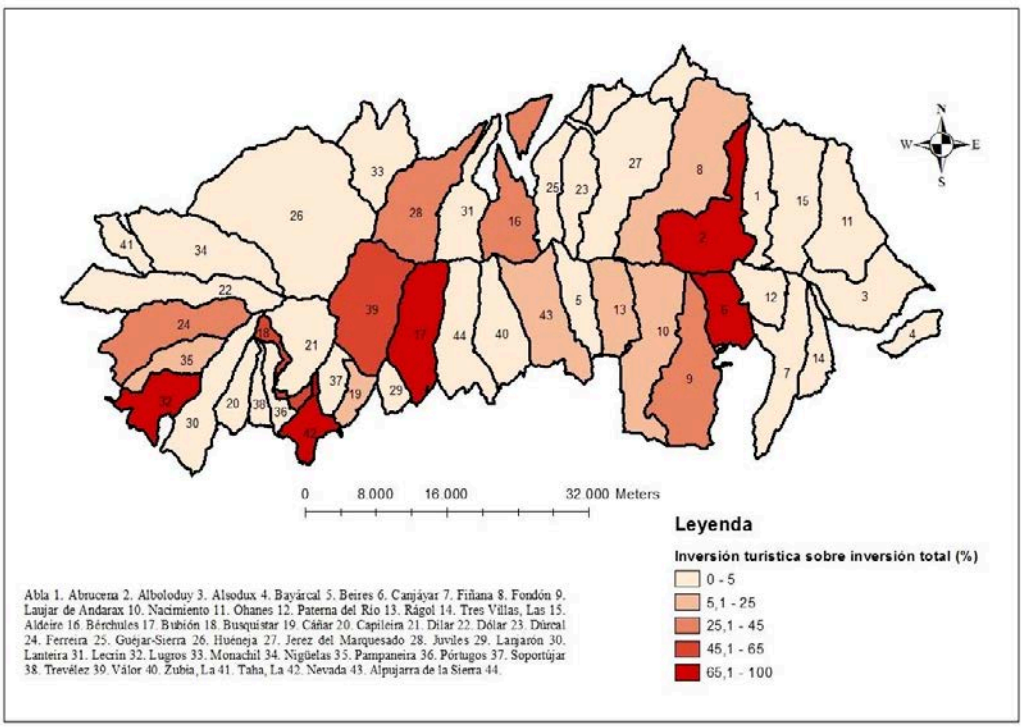
GRÁFICO 2
Importancia porcentual que supone la inversión en turismo rural en el conjunto de las inversiones ejecutadas en los Municipios del Parque Nacional el periodo 2007/2013.



Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia.

El contenido del Mapa 6, permite constatar una escasa contigüidad espacial.

MAPA 6
Importancia porcentual de las inversiones en proyectos turísticos, respecto a las inversiones totales en los municipios del Parque Nacional de Sierra Nevada en el periodo 2007- 2013.

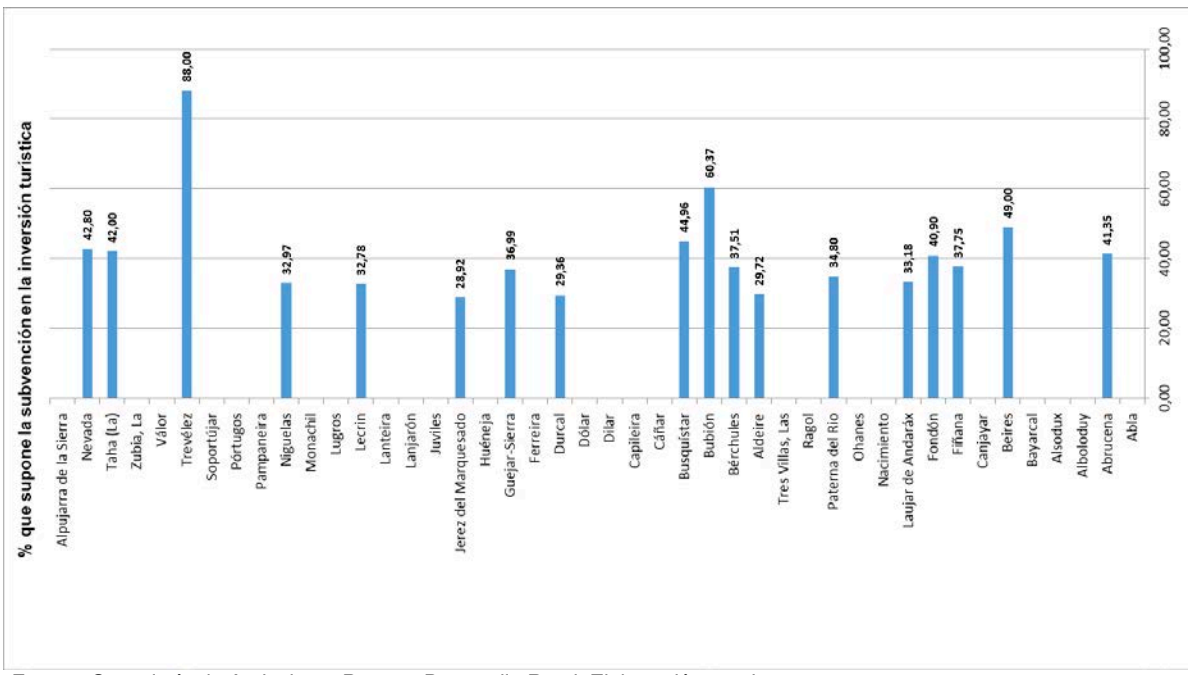


3.4. Importancia y distribución de las subvenciones del turismo en LEADER 2007-2013 en los municipios del Parque Nacional de Sierra Nevada

Comprobamos con anterioridad que el peso porcentual que han supuesto las subvenciones respecto a las inversiones indica que estos proyectos del Parque Nacional han sido menos subvencionados que la media de los proyectos ejecutados en turismo rural en Andalucía (34,8% frente al 37,2%), pero ¿qué peso han tenido las subvenciones en las inversiones totales de los proyectos de los municipios del PN en el periodo estudiado?

De los datos disponibles, representados en el Gráfico nº 3, se puede deducir que han sido muy variables, pues de suponer el casi 28% en Jerez del Marquesado con la apertura de un mesón rural a elevarse al 88% en Trevélez donde el Ayuntamiento se fijó como objetivo poner en valor el patrimonio histórico-cultural, arquitectónico y natural del municipio. Sólo ese caso y el de Bubión en el que también su Ayuntamiento hizo las I Jornadas de Gastronomía Alpujarreña, superan el 50%.

GRÁFICO 3
Porcentaje que suponen las subvenciones en el total de inversiones ejecutadas en los municipios del PN en el periodo 2017-2013.



Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia.

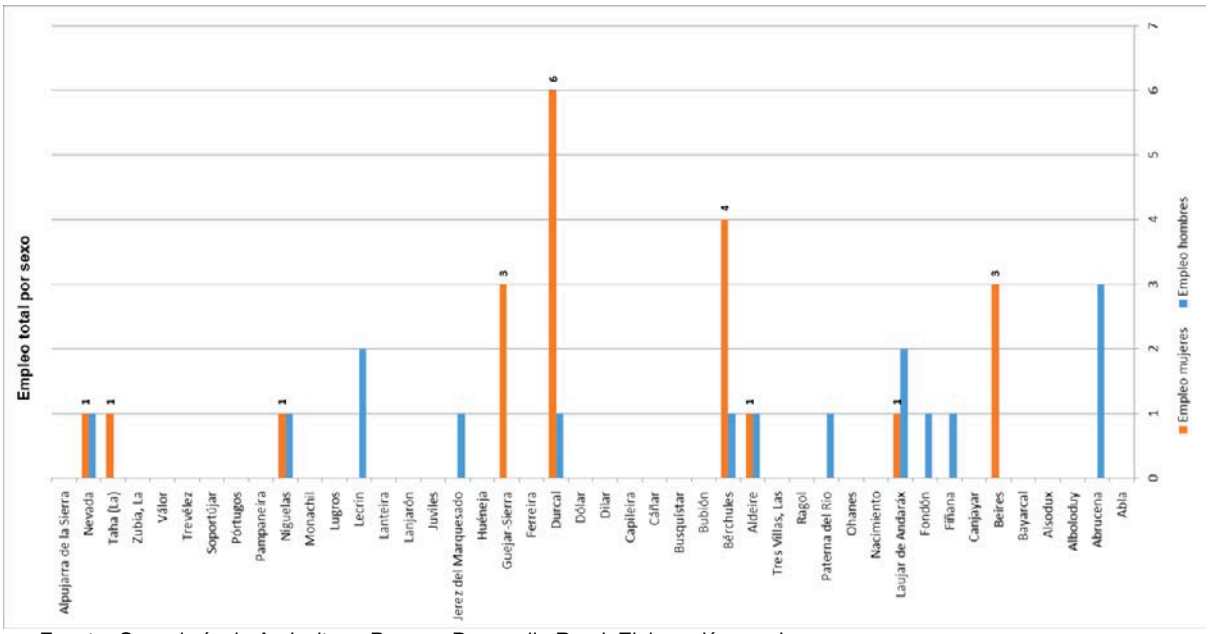
3.5. Importancia y distribución del empleo generado en la medida turismo en LEADER 2007-2013 en los municipios del Parque Nacional de Sierra Nevada

El empleo que generó LEADER en Andalucía durante el periodo analizado ascendió a 20.753 personas, de las que el 57% fueron varones y el 43% restante fueron mujeres. En los municipios que conforman el PN se generaron 37 empleos de los que 43,2% fueron varones y el 56,8% fueron mujeres. Encontramos en consecuencia que en el PN, los proyectos turísticos que se pusieron en marcha con LEADER, beneficiaron más a las mujeres, aunque hay más municipios donde se generó más empleo masculino que femenino, 7 frente a 4. De lo anterior se puede inferir que es una actividad más inclusiva en mano de obra femenina que la mayoría de las actividades que se implementan el mundo rural. Sin embargo no nos permite esta fuente conocer si el empleo femenino producido es de mayor o menor calidad que el generado entre los varones (García, M.D, Cánoves, G, Salamaña, Valdovinos, N. y Villarino, M. 1995; Villarino y Cánoves, 2000, Vázquez, G, Castro, M.S y Fernández, E. 2012).

Por otro lado, si del total de ese empleo generado en Andalucía, el 36% tenían menos de 35 años, en el PN ese colectivo tan sólo representó el 32,4%, circunstancia que nos habla negativamente de la ocupación que generó para la población joven.

El análisis derivado del Gráfico nº 4, vuelve a mostrarnos grandes contrastes municipales cuando se analiza el empleo en valores absolutos. Lo primero que destaca es que existen municipios que sólo han generado empleo de un sexo, es el caso de Güejar Sierra y Beires con el femenino y de por ejemplo Abrucena y Lecrín con el masculino. Por otro lado permite comprobar que el turismo rural sea un tipo de actividad que genera pocos empleos directos por empresa. Lo prueba que en los casos más destacados, como Dúrcal que produjo 7 empleados, se implementaron allí 4 proyectos de turismo. La tónica en la mayoría de los municipios es de uno o dos empleos por proyecto.

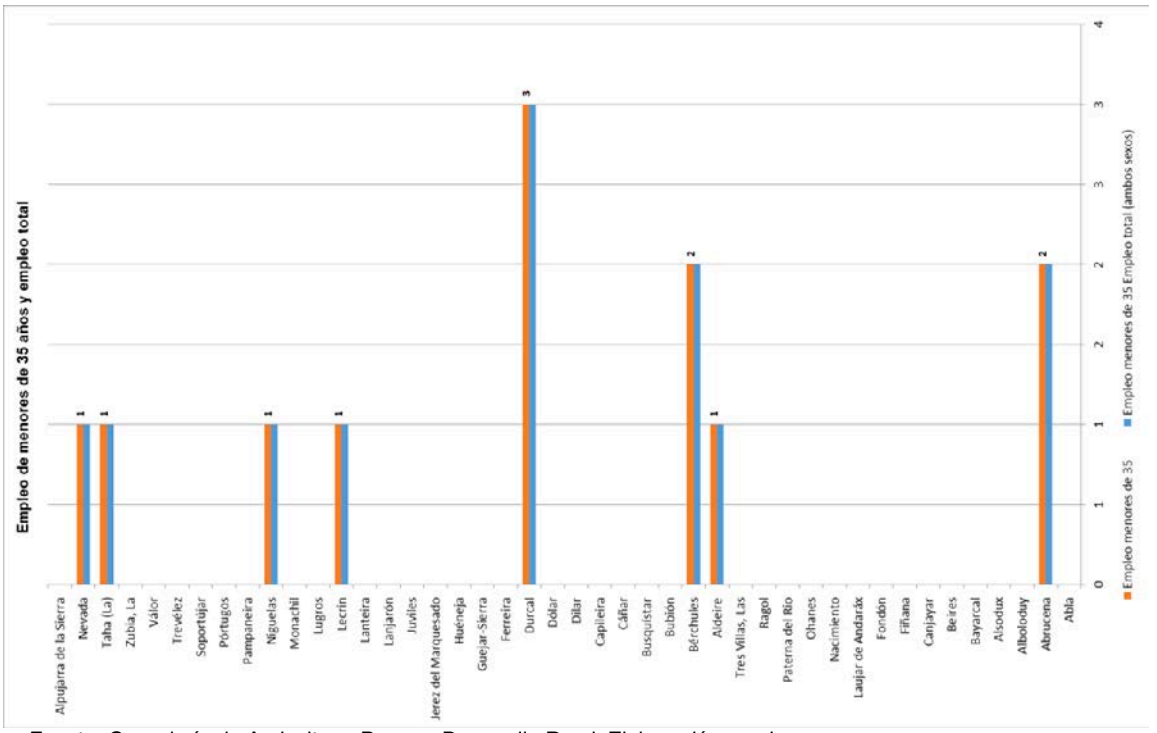
GRAFICO 4.
Empleo generado por los proyectos de turismo en los municipios del PN de Sierra Nevada por la Iniciativa Comunitaria LEADER, en el periodo 2007-2013



Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia

¿Qué pasa con los menores de 35 años? Pues que se genera empleo en sólo 8 municipios de los 15 que antes contabilizamos, (Gráfico nº 5). es decir, en poco más de la mitad de los que tienen proyectos turísticos (53,3%).

GRÁFICO 5.
Empleo generado por los proyectos de turismo en los municipios del PN, entre los menores de 35 años, por la Iniciativa Comunitaria LEADER, en el periodo 2007-2013



Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Elaboración propia

De lo anterior puede inferirse que el impacto en la reducción del paro de la zona ha sido muy bajo.

4. CONCLUSIONES.

El análisis de los datos que ofrece la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de Junta de Andalucía en relación a la Medida 413 y Acción 313, que se ocupa de incluir las características de los proyectos ejecutados para impulsar el fomento del turismo en LEADER 2007-2013 en Andalucía, permite afirmar que se confirma la hipótesis de partida que preveía que durante el periodo 2007-2013, en el Parque Nacional de Sierra Nevada, los proyectos de turismo rural que se ejecutaron en los municipios que lo conforman, se caracterizan, al igual que pasa en el conjunto de los GDR de Andalucía, por un importante peso en el conjunto de proyectos ejecutados LEADER.

Paralelamente comprobamos que se produce también una importante concentración en unos pocos municipios del Parque Nacional de sus inversiones y de las subvenciones concedidas.

La pregunta que nos hacíamos sobre si los municipios más beneficiados de proyectos ejecutados son los que peores indicadores de paro padecían, nos permite contestarla negativamente. No son los municipios con peores tasas de paro lo principales beneficiarios de los proyectos LEADER. Más aún puede afirmarse que el empleo generado ha sido tan pequeño que realmente pocas personas han podido quedarse en estos municipios y desarrollar aquí un proyecto de vida. Más aún puede afirmarse que apenas han reducido el impacto de la dura crisis que durante esos años afectó al conjunto de este mundo rural.

Derivado de lo anterior, se puede afirmar que LEADER 2007-2013 se ha mostrado claramente insuficiente para generar desarrollo rural, especialmente en los municipios más pequeños y menos dinámicos, que son los que más necesitan de actuaciones para combatir sus graves

problemas y poder ofrecer a su población esperanza para el futuro en igualdad de derechos y oportunidades con respecto a las condiciones de vida que tiene la población urbana.

Referncias bibliográficas

- Bote, V. (1988): Turismo en Espacio Rural: Rehabilitación del Patrimonio y de la Economía local. Madrid: Ed. Popular.
- Buciega, A. (2012): "Capital social y LEADER. Los recursos generados entre 1996 y 2006". Ager, 12, 111-144.
- Cánoves, G., Herrera, L. y Cuesta, L. (2005a): "Turismo rural en España; un análisis de la evolución en el contexto europeo", Cuadernos de Geografía, 77. 41-58.
- Cánoves, G., Villarino, M. y Herrera, L. (2005b): "Turismo rural en España: paisajes y usuarios, nuevos usos y nuevas visiones", Cuadernos de Turismo, 15. 63-76.
- Cebrian, F. (Coord.) (2008): Turismo rural y desarrollo local, Universidadde Castilla-La Mancha. 330 pp.
- Clark. G. y Chabrel, M. (2007): "Measuring Integrated Rural Tourism". Tourism Geographies, 9(4).
- Crosby, A. y Daries, J. et al. (1993): El desarrollo turístico sostenible en el medio rural. CEFAT (Centro Europeo de Formación Ambiental y Turística); Madrid; 270 pp.
- Cejudo, E. y Navarro, F. (2009): "La inversión en los programas de desarrollo rural. Su reparto en la provincia de Granada." Anales de Geografía de la Universidad Complutense, vol. 29 (2), 37-64.
- Cejudo, E; Navarro, F. (2011). "Quince años de aplicación de los programas de desarrollo rural. Desigualdades sociales y territoriales en la provincia de Granada." Scripta Nova, 16 (390), 1.
- Cejudo, E. y Navarro, F. (2012): "Quince años de aplicación de los Programas de Desarrollo Rural. Desigualdades sociales y territoriales en la provincia de Granada", Scripta Nova, XVI (390). www.ub.edu_geocrit_sn_sn-390.pdf.
- Cejudo, E., Navarro, F. y Cañete, J.A. (2016): "Evolución y distribución territorial de los trabajadores eventuales agrarios subsidiados en Andalucía", Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 72. 117-147.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio 2017. http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.f497978fb79f8c757163ed105510e1ca/?vgnextoid=007fee9b421f4310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnextchannel=3bdd61ea5c0f4310VgnVCM1000001325e50aRCRD [Consultada el 1 de diciembre de 2017]
- Esparcia, J., Noguera, J. y Pitarch, M.D. (2000): "LEADER en España: desarrollo rural, poder, legitimación, aprendizaje y nuevas estructuras". Documents d' Anàlisi Geografica, 37, pp. 95-113
- Esparcia, J. et al., (2003): "La innovación empresarial y la difusión como nuevos factores de desarrollo territorial. Una comparación entre dos áreas geográficas de diferente accesibilidad". Boletín de la AGE 36. 149-160.
- Esparcia, J. (2006), "Leader II y Proder I en el desarrollo rural en España". En Frutos, L.M y Ruíz, E. (Eds.).: Estrategias territoriales de desarrollo rural, Excma. Diputación de Zaragoza, Zaragoza. 65-90
- Esparcia J. (2009): "La nueva estrategia de la política europea de desarrollo rural 2007-2013". En GÓMEZ, J.M y MARTÍNEZ, R. (eds.). Desarrollo rural en el Siglo XXI: nuevas orientaciones y territorios. Actas del XIV Coloquio de Geografía Rural. Universidad. de Murcia. 399-420.
- Esparcia, J. y Escribano, J. (2012): "La dimensión territorial en la programación comunitaria y el nuevo marco de políticas públicas: desarrollo rural territorial, reforma de la PAC y nuevo LEADER", Anales de Geografía, 32(2). 227-252
- Fernández, A *et al.* (1999): Turismo y uso público en los Espacios Naturales Protegidos andaluces. El estado de la cuestión a los diez años de la aprobación de la Ley de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía. El Territorio y su Imagen. Actas del XVI Congreso de Geógrafos Españoles. Málaga, Asociación de Geógrafos Españoles y Departamento de Geografía de la Universidad de Málaga. 439-448.
- Fernández, A. (2003): Actividades y espacios turísticos. En Geografía de Andalucía, López Ontiveros, A. (Coord.). Barcelona, Ed. Ariel, Colección Ariel Geografía. 723-749.
- Fernández, A. *et al.* (2007): Turismo y parques naturales en Andalucía tras veinte años desde su declaración. Análisis estadístico, tipología de parques y problemática de la situación actual. Anales de Geografía Vol 30. nº 1, 29-54.
- Fernández, A. *et al*. (2010): La actividad turística en el territorio andaluz. Establecimiento de indicadores, distribución y evolución de los mismos. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 44, 117-146.
- Flores, D. (2008): Competitividad sostenible de los espacios naturales protegidos como destinos turísticos: un análisis comparativo de los parques naturales Sierra de Aracena y Picos de Aroche y Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas, Consejería de Turismo, Comercio y Deporte, Junta de Andalucía.
- García, M.D; Cánoves, G.; Salamaña; Valdovinos, N. y Villarino, M. (1995): "Trabajo de la mujer, turismo rural y percepción del entorno: una comparación entre Cataluña y Galicia". Agricultura y Sociedad (Madrid). Nº 75. 115-152.
- Guinjoan, E; Badía, A. Tulla, A (2016). "El Nuevo paradigma del desarrollo rural. Reflexión teórica y reconceptualización a partir de Rural Web". Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 71. 179-204.
- Henche, B. G. (2005): "Características diferenciales del producto turismo rural." Cuadernos de turismo, (15). 113-134.
- MAPA. (2004): "El estado de la cooperación en LEADER +. Mucho en común". Actualidad LEADER. Revista de desarrollo rural, nº 26.
- Marchena, M.; Fernández, A. et al. (1992): Ocio y Turismo en los Parques Naturales Andaluces. Sevilla, Dirección General de Turismo de la Junta de Andalucía.
- Maroto, JC; Pinos, A; Cejudo, E y Navarro, F (2017): La apuesta por el turismo rural dentro del Eje LEADER. El análisis de los proyectos turísticos en Andalucía 2007-13. Internacitional Conference on Regional Science. Sevilla.

- Martos P (2002): El sistema turístico-deportivo de las estaciones de esquí y montaña españolas. Ed. Universidad de Granada.
- Mulero, A. (2002): La protección de espacios naturales en España. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.
- Navarro, F., Cejudo, E. y Maroto, JC. (2014): "Reflexiones en torno a la participación en el desarrollo rural. ¿Reparto social o reforzamiento del poder? LEADER y PRODER en el sur de España". Eure, 40 (121). 203-224.
- Navarro, F., Woods, M. y Cejudo, E. (2015). The LEADER Initiative has been a victim of its own success. The decline of the bottom-up approach in rural development programmes. The cases of Wales and Andalusia". Sociologia Ruralis (Early view).
- Nieto, A y Cárdenas G (2016). 25 años del método LEADER en Extremadura. Su Estudio mediante técnicas SIG y análisis multivariado. GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, (18). 125-146.
- Nieto, A. y Cárdenas G (2017). "Análisis del Método Leader (2007-2013) en Extremadura mediante técnicas SIG y Análisis Multivariado". Cuadernos Geográficos, 56 (1). 148-171.
- Plaza, J.I. (2006): "Territorio, geografía rural y políticas públicas. Desarrollo y sustentabilidad en las áreas rurales". Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 41. 69-95.
- Pulido, J.I. (2005): Criterios para una política turística sostenible en los parques naturales de Andalucía. Jaén, Universidad de Jaén.
- Pulido, J. I. (2008a): El Turismo rural: estructura económica y configuración territorial en España. Madrid: Síntesis.
- Pulido, J.I. (2008b): Gestión turística activa y desarrollo económico en los parques naturales andaluces. Una propuesta de revisión desde el análisis del posicionamiento de sus actuales gestores. Revista de Estudios Regionales, nº 81. 171-203.
- Pillet, F. (2008): "Del turismo rural a la plurifuncionalidad en los territorios Leader y Proder de Castilla-La Mancha", en CEBRIÁN ABELLÁN, F. (Coord.) Turismo rural y desarrollo local. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. 187-198.
- Reyna, S. (1992): El turismo rural en el desarrollo local, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Rico González, M. (2005) "El turismo como nueva fuente de ingresos para el medio rural de Castilla y León", Cuadernos de Turismo, nº 16. 175-196.
- Rodríguez, F. (2008): "Las políticas comunitarias de desarrollo rural y su incidencia sobre las regiones españolas". En Araque, E. et al. (ed.). Las agriculturas españolas y la Política Agraria Comunitaria: 20 años después. Actas del XIII Coloquio de Geografía Rural. Jaén: Universidad Internacional de Andalucía. 2008. 399-420.
- Sáenz Lorite, M., E. Cejudo García, Maroto Martos, JC (2000):"Una iniciativa comunitaria para el desarrollo rural. Análisis del LEADER I y II en Andalucía". En AA.VV.: Lecturas geográficas. Homenaje al profesor José Estébanez. Madrid, Editorial Complutense. Vol. I. 899-916.
- Troitiño et al. (2005): Los espacios protegidos en España: significación e incidencia territorial. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 39. 227-265.
- Vázquez, G, Castro, M.S y Fernández, E (2012) "Análisis del empleo femenino en el sector turístico. Un estudio de caso en zona rural". En Investigación y género, inseparables en el presente y en el futuro: IV Congreso Universitario Nacional Investigación y Género. 1169-1182. Sevilla.
- Villarino, M. y Cánoves, G. (2000): Turismo rural en Galicia: sin mujeres imposible" En Baylina M. y García. M.D (coord.). El nuevo papel de las mujeres en el desarrollo rural, Ed. Oikos Tau. Barcelona.

DESARROLLO RURAL EN EL ESPACIO NATURAL DE SIERRA NEVADA. LAS ACTUACIONES LEADER EN EL PERIODO 2007-2013

EUGENIO CEJUDO GARCÍA; FRANCISCO NAVARRO VALVERDE; MAROTO MARTOS, JUAN CARLOS; JOSÉ ANTONIO CAÑETE PÉREZ
cejudo@ugr.es, fvalver@ugr.es, jcmaroto@ugr.es, joseaca@ugr.es
Dpto. de Geografía Humana. Universidad de Granada

RESUMEN:

En los últimos 30 años nuestro país ha conocido un crecimiento constante de espacios naturales protegidos con extraordinarias consecuencias ecológicas, territoriales y socioeconómicas, convirtiéndose en un factor esencial para la dinamización y diversificación productiva de sus territorios; es el caso del Espacio Natural de Sierra Nevada. El aprovechamiento de sus recursos, frecuentemente, está ligado a conflictos entre su necesaria protección y el uso sostenible de los mismos. En este contexto, las actuaciones ligadas a LEADER pueden jugar un papel relevante.

Nuestro trabajo se centra en el análisis de los proyectos que se ejecutaron dentro del eje LEADER en los municipios que componen este espacio protegido durante el periodo de programación 2007-2013. Se cuantifican, cartografían y analizan variables como son la inversión realizada y el empleo generado, con especial atención a jóvenes y mujeres, así como el tipo de promotor y los ámbitos de inversión de dichas iniciativas.

Palabras clave: Desarrollo rural, espacios protegidos, LEADER, sostenibilidad, multifuncionalidad.

ABSTRACT:

In the last 30 years our country has known a growth of protected natural areas with extraordinary ecological, territorial and socioeconomic consequences, becoming an essential factor for the dynamization and economic diversification of its territories; this is the case of the Sierra Nevada Natural Park and area. The use of their resources, frequently, is linked to conflicts between their necessary protection and their sustainable use. In this context, actions linked to LEADER approach can play an important role.

Our work focuses on the analysis of the projects that were executed within the LEADER axis in the municipalities that belong to this protected area during the 2007-2013 programming period. Quantify, map and analyze variables such as the investment and the employment created thanks to thos Initiative, with special attention to young people and women, as well as the type of promoter and investment areas of these initiatives.

Keywords: *Rural development, protected natural areas, LEADER, sustainability, multifunctionality*

1. Introducción. Estado de la cuestión.

Sin duda, tras 25 años de su implantación, la Iniciativa comunitaria LEADER (Liaisons entre Activités de Developement de L'Economie Rural) se ha convertido, quizás, en la apuesta más reseñable que la Unión Europea ha puesto en marcha dentro de su Política de Desarrollo Rural. Esta afirmación se sustenta, no desde el punto de vista financiero ya que sus fondos son claramente insuficientes para conseguir sus objetivos de diversificación y desarrollo del mundo rural, sino por su apuesta en términos teóricos y metodológicos a la hora de abordarlos.

Como explica Ray (2006), en ella las comunidades rurales han decidido sus propias trayectorias de desarrollo en base a las necesidades, capacidades y perspectivas de la población local, enfatizándose la participación local en el diseño e implementación de la acción. Lo relevante es

su carácter endógeno, local e integrado así como su enfoque ascendente frente al tradicional descendente en el que la participación de los actores locales, especialmente de jóvenes y mujeres, se convierte en una imperiosa necesidad. Como bien señala Gujoan, Badía y Tulla (2016), el desarrollo de los espacios rurales debe sustentarse en un nuevo paradigma que supere visiones parciales y parta de una opción integradora en el que el desarrollo económico no puede separarse de la mejora de las condiciones sociales, del mantenimiento del entorno físico que lo sustenta y, en definitiva, de la calidad de vida de sus habitantes.

Por otra parte, más allá de la necesidad de extraer las mejores enseñanzas de la experiencia pasada y aprender de las aportaciones positivas que se implementaron así como evidenciar sus deficiencias (GATER, 2015), recientes estudios están poniendo el acento en la explicación de los factores que hacen a los territorios rurales más resilientes frente a situaciones de crisis como la que se ha vivido en última década en nuestro país. Entre ellos se destacan las prácticas de desarrollo neo-endógeno (Cheshire et al., 2015; Labianca et al, 2016); la existencia de partenariados público-privados constituidos como Grupos de Acción Local (GAL) como determinantes en la potenciación del capital social (Martínez et al., 2015); el papel que el sector agrario ha desempeñado como sector refugio de capitales y creador de actividad y empleo que ha permitido absorber a desempleados de otros sectores económicos (Sánchez, et al., 2014); su importancia en el proceso de empoderamiento de la mujer y de la gobernanza de estos espacios, especialmente en los territorios del rural profundo y montano (Cassellas et al., 2013), en el que su progresiva y mayor educación y formación les está permitiendo asumir retos y proyectos innovadores en el mundo rural (Porto et al., 2015); o el papel jugado en el mantenimiento de la actual estructura territorial de Andalucía del cobro de las prestaciones sociales como el Subsidio de Desempleo Agrario o la Renta Agraria (Cejudo et al., 2016).

Por el contrario, otros trabajos señalan deficiencias en la aplicación de LEADER entre las que se destacan la ausencia de implicación y/o participación real de los ciudadanos (Esparcia y Escribano, 2012; Augustyn y Nemes, 2014; Bosworth et al., 2016); el reforzamiento de las estructuras de poder en favor de determinados *lobbies* económicos y políticos y en detrimento de determinados grupos sociales que quedan marginados de ellas (Nardone et al., 2010; y Gardner, 2011); la discriminación territorial en el reparto de las ayudas (Cejudo y Navarro, 2012; Cañete, Cejudo y Navarro, 2017), al primarse a aquellos espacios más dinámicos y centrales frente a los más periféricos y montanos; la pérdida del impulso dinamizador de los GAL que caracterizó en sus inicios a esta iniciativa (Navarro, Woods y Cejudo, 2016); la necesidad de que la composición de los órganos directivos de los diferentes GAL incorporen a un mayor número de colectivos que forman parte esencial de estos espacios (jóvenes, mujeres, agricultores, ganaderos, empresas, cooperativas agrarias) a la hora de implementar las estrategias diseñadas en cada territorio (Sacristán, Martínez y Yagüe, 2017).

Por otra parte, abordar un tema como el del desarrollo rural en un espacio que posee un altísimo nivel de protección, nos obliga a plantearnos, en última instancia, la dicotomía, necesariamente condenada a entenderse, que en ellos se crea entre las irrenunciables limitaciones en el uso y aprovechamiento de sus recursos que aseguren su conservación y el mantenimiento y/o puesta en valor de actividades económicas por parte de la población que permitan a sus moradores el mantenimiento de una apropiada calidad de vida.

En este contexto debemos tener presente que nos encontramos, en el denominado Espacio Natural de Sierra Nevada (ENSN), con un territorio singular de especial valor ambiental y cultural que engloba el Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada; el segundo declarado por el Parlamento de Andalucía el 28 de julio de 1989 mientras que el primero lo fue el 14 de enero de 1999. Se constituye, por tanto, en uno de los espacios protegidos más importantes de Andalucía formando parte de la Red Natura 2000 el estar declarado como Zona Especial de Conservación y Zona de Especial Protección para las Aves así como Reserva de la Biosfera. En definitiva, nos encontramos ante un espacio protegido cuya especificidad se sustenta en “una serie de unidades geográficas bien definidas y asentadas en sus bases físicas, históricas, de explotación y

funcionales. Todas ellas presentan rasgos singulares y hacen del área de influencia un espacio muy interesante y rico en contrastes" (Prados, 2012, 26).

Como bien señala Naranjo, Torres y Vega (2016, 442) para el caso de los Humedales del Sur de Córdoba, este tipo de espacios de altísimo valor natural y cultural siempre fueron espacios singulares, despertando sensaciones que han ido evolucionando en una dialéctica compleja de creencias, utilidades, usos y símbolos, pero las interrelaciones el hombre con estos espacios funcionaron dentro de las lógicas de una sociedad y economía agrarias. Sin embargo, su declaración como espacios naturales protegidos, ha actuado diversificando de manera extraordinaria ese mundo de influencias mutuas entre los elementos naturales y antrópicos. Interconexiones y conflictos que se han resuelto de forma dispar según los territorios, los procesos, la normativa y los instrumento empleados (Delgado, 2012; Mulero, 2017).

Nos parece relevantes en este sentido el trabajo de Joan Frigolé (2012) sobre el Parque Natural del Cadí-Moixerò en el que analiza la relación entre diversas cosmologías, la patrimonialización de la cultura y la naturaleza y los eco-símbolos en un antiguo territorio campesino remodelado por la crisis de la economía tradicional, la despoblación y el desarrollo de una economía terciaria. La creación de un parque natural, el progresivo asilvestramiento del paisaje y la presencia de nuevas categorías de población pusieron las condiciones para la coexistencia, también la tensión, entre tres diferentes percepciones y prácticas relativas a la naturaleza. La campesina tradicional, estructurada en base a la oposición domesticado/salvaje, la proveniente de culturas urbano-industriales sustentada en la dualidad natural/artificial, y una tercera que se estructura sobre la oposición biodiversidad/homogeneidad o autóctono/exótico en la que sustentan los poderes públicos la declaración de espacios protegidos. En esta misma línea Talego, del Río y Coca (2016), resaltan un aspecto que enmarca las tres anteriores: el par patrimonio/recurso. Cuando es concebido como recurso, el campo es un medio para un fin, cuando es concebido y, sobre todo, declarado legalmente patrimonio, se convierte en fin. Ello es así porque la especie o el espacio patrimonializado es considerado depositario de valores o principios esenciales que deben preservarse más allá o por encima de fines crematísticos o de otro tipo.

El objetivo general que nos planteamos en este trabajo es cuantificar, valorar y analizar la importancia y distribución de los proyectos ejecutados en los municipios que forman parte del ENSN durante el periodo 2007-2013 en el marco del Eje LEADER. Para ello es necesario abordar otros de carácter específico y concreto. De un lado, cuantificar la importancia económica y social de estos proyectos a través de la inversión, subvención y empleo generado. De otro, analizar la tipología de emprendedores que implementan estas actuaciones así como las ramas de actividad en las que se desarrollan estos proyectos. Finalmente, mostrar y valorar su reparto municipal en base a la inversión y el empleo generado.

2. Fuentes y metodología.

Las fuentes de información utilizadas han sido las siguientes. En primer lugar, la relación de proyectos ejecutados durante el periodo 2007-2013 proporcionada por la Dirección General de Desarrollo Rural de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía relativos al Eje LEADER. El tratamiento de la información se ha realizado a nivel de expediente obteniéndose resultados relativos a la inversión realizada, la subvención obtenida, el tipo de emprendedor o los puestos de trabajo creados, entre otros. Los registros específicamente utilizados han sido aquéllos correspondientes a los municipios que comprende el Espacio Natural de Sierra Nevada. Ello se ha traducido en el estudio de 236 proyecto ejecutados de un total de 6.226 para toda Andalucía, lo que supone el 3,63% del total. Otro de los aspectos importantes a advertir es que al realizarse un análisis municipal de los resultados sólo se tiene en cuenta para su representación y estudio los datos de aquellos que se han implementado en un municipio concreto, descartándose los demás (aparecen catalogados en la información suministrada a la hora de indicar el municipio de ejecución como comarca, varios municipios, etc.) ya que es imposible delimitar acertadamente la inversión realizada en cado uno de ellos. Los datos

reflejados en las tablas y representaciones cartográficas deben ser leídos, por tanto, como el valor mínimo de las actuaciones realizadas por LEADER en el ámbito de estudio.

En segundo lugar, información específica, tanto demográfica como económica, obtenida a través del Instituto de Estadística y Cartografía de la Junta de Andalucía.

Para la explotación de la base de datos se ha empleado el paquete estadístico SPSS.22 así como ArcGis 10.2 para la elaboración cartográfica.

El ámbito territorial que se analiza es el los municipios que componen dicho espacio pertenecientes a las provincias de Granada y de Almería. Ello se concreta en un total de 60 municipios, 23 de ellos almerienses[125] y los 37 restantes granadinos[126]. Es conveniente poner de manifestó que 4 de ellos no pertenecen a ninguno de los 52 Grupos de Desarrollo Rural (GDR, así es como se denomina en Andalucía a los GAL), motivo por el que no participan en LEADER, son: Dílar, Gójar, Monachil y La Zubia. Para el conjunto andaluz afecta a más del 90% de su territorio y al 40% de su población quedando excluidos, en lineras generales, la mayor parte los espacios litorales mediterráneos y los enclaves urbanizados en torno a las capitales provinciales.
La escala básica de estudio es la municipal aunque los datos se presentan también agregados por GDR en la medida en que son la unidad de referencia esencial en la selección y gestión admirativa de los proyectos. En Almería la totalidad de los municipios se agrupa en el GDR de Alpujarra-Sierra Nevada de Almería mientras que en el caso granadino, además de los 4 ya señalados que pertenecen a ninguno, se distribuyen en 4 GDR: Alpujarra-Sierra Nevada de Granada (19), Comarca de Guadix (9), Valle de Lecrín, Temple y Costa (4) y Arco Noroeste de la Vega de Granada (1).

3. Resultados y discusión

Antes de iniciar la presentación y discusión de los resultados obtenidos, entendemos que hay que hacer referencia a dos cuestiones importantes desde el punto de vista sociodemográfico a tener muy presentes cuando hablamos de este tipo de espacios montanos.

De un lado, la caída de la población y la falta de competitividad de la agricultura de montaña en el contexto de la industrialización económica y la progresiva urbanización de la población, otrora rural, han terminado por desarticular el modo de vida y de explotación tradicional que hasta entonces había estado sometido a un ordenamiento sistemático de los usos del suelo, de los recursos forestales, del ciclo del agua, así como de sus paisajes, tal y como analizan para el caso de Sierra Nevada Jiménez, Porcel y Caballero (2015) a través del sustancial incremento de la superficie forestal. Ello viene acentuando la diversidad de situaciones y perspectivas en este mundo rural, nacional y europeo, en el que "conviven un rural dinámico, un rural intermedio y un *rural profundo*, muy distantes entre sí. La crisis, que ha expulsado a algunos inmigrantes de los espacios rurales, ha contribuido a tomar conciencia de la existencia de un espacio rural marginal, poco accesible, escasamente poblado, envejecido, regresivo, netamente dominado por la actividad agraria y en el que no solo no se gana población, sino que se pierde" (Molinero, 2017, 34).

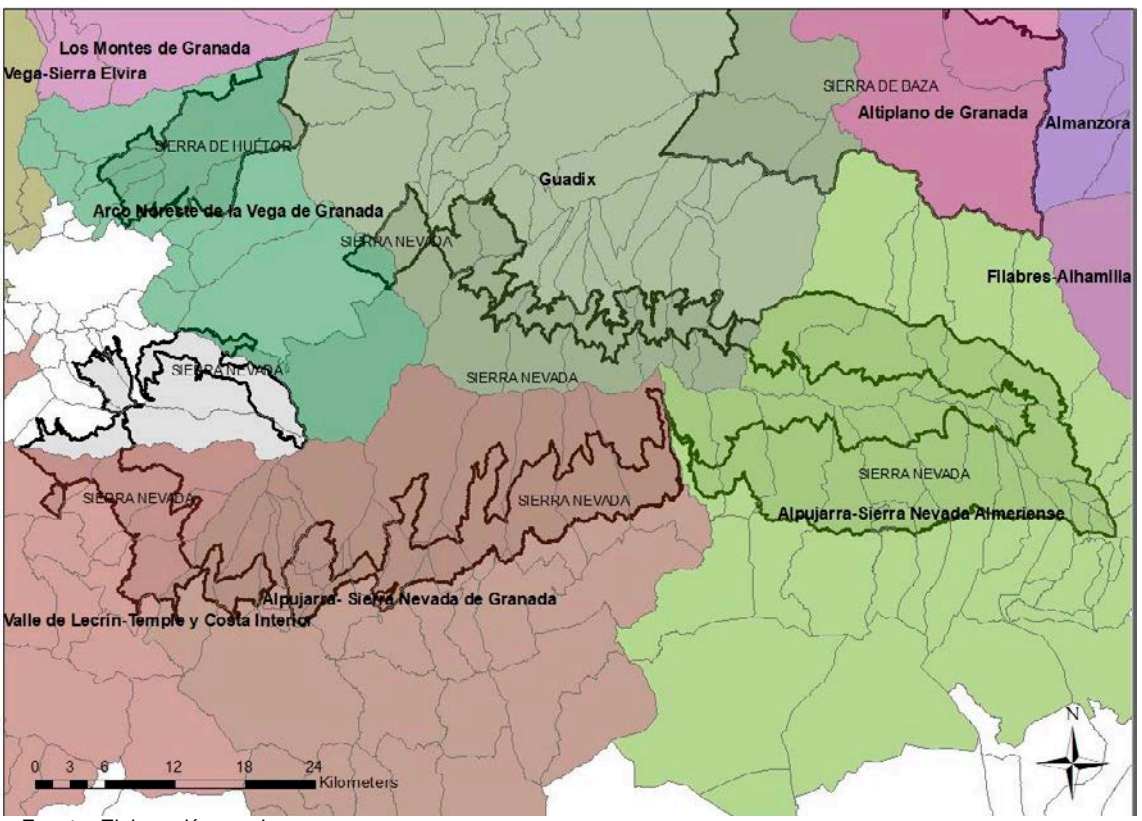
Pues bien, en nuestro ámbito de estudio la importancia poblacional de los municipios que lo componen es muy desigual a la hora de repartir las 94.221 personas censadas en 2016 entre sus 60 municipios de dos provincias diferentes. Los almerienses representan una pequeña parte del total, 15.066 habitantes, 16% del total, repartidos en 23 municipios. No extraña que sólo uno de

[125] Abla, Abrucena, Alboloduy, Alhabia, Almócita, Alsodux, Bayárcal, Beires, Bentarique, Canjáyar, Fiñana, Fondón, Íllar, Instinción, Láujar de Andarax, Nacimiento, Ohanes, Padules, Paterna del Río, Rágol, Santa Cruz de Marchena, Terque, Tres Villas (Las).

[126] Aldeire,Alpujarra de la Sierra, Bérchules, Bubión, Busquístar, Cádiar, Calahorra (La), Cáñar, Capileira, Carataunas, Cástaras, Cogollos de Guadix, Dílar, Dólar, Dúrcal, Ferreira, Gójar, Güéjar Sierra, Huéneja, Jerez del Marquesado, Jubiles, Lanjarón, Lanteira, Lecrín, Lugros , Monachil, Nevada, Nigüelas, Órgiva, Padul, Pampaneira, Pórtugos, Soportújar, Taha (La), Trevélez, Válor, Zubia (La).

ellos supere los 2.000 censados y que sólo otros 5 más alcancen los 1.000. Por contraposición uno puede llegar a pensar que las cosas están mejor en el caso de la provincia granadina ya que en sus 37 municipios concentran el restante 84% de la población, 79.155 personas. En efecto, eso es así pero con un matiz y una salvedad que debemos tener muy presentes. La segunda se refiere al hecho de que 4 de ellos no están catalogados como rurales por parte de LAEDER y aportan 34.075 habitantes, casi la mitad de la población del conjunto granadino, el primero, que también nos encontramos con una situación de transición entre lo rural y lo urbano en el caso delos municipios que forman parte del GDR del Valle de Lecrín en los que dos de ellos rondan los 8.000. Estamos, por tanto, ante realidades demográficamente opuestas en las que conviven una mayor de municipios (38) que no alcanzan los 1.000 habitantes (de ellos 23 no alcanzan los 500) con otros urbanos o próximos a serlo.

FIGURA 1.
Mapa de situación de los municipios del Espacio Natural de Sierra Nevada.

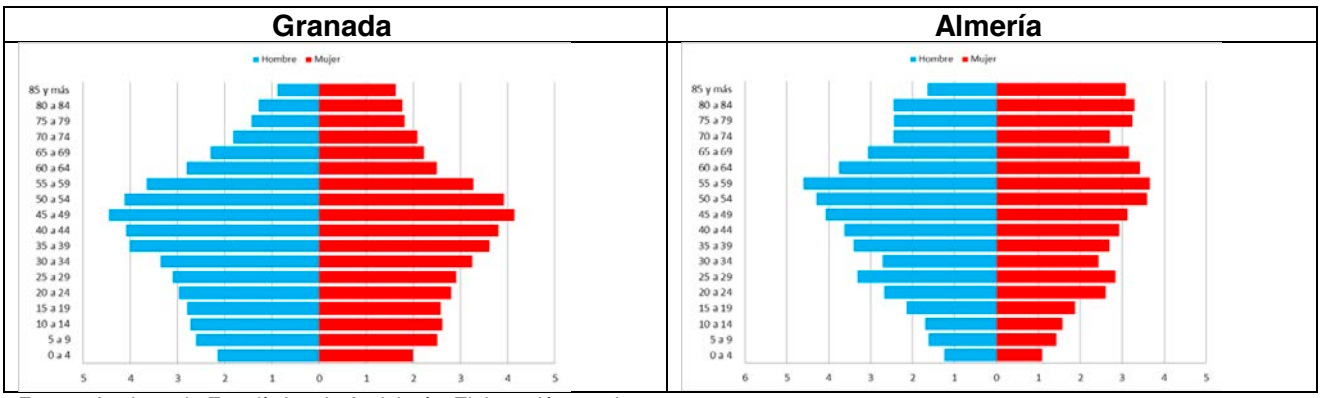


Fuente: Elaboración propia

La otra cuestión a la que querremos dedicar unas líneas es al progresivo, nos tememos que también inexorable, proceso de envejecimiento desencadenado tras la caída de los niveles de fecundidad de los años 70 que, el proceso migratorio sufrido por estos territorios desde mediados del siglo pasado, terminó acentuando drásticamente en paralelo con el incremento de la esperanza de vida de sus poblaciones. Vaciamiento demográfico y envejecimiento de los menguantes efectivos que aún residen en estos municipios son dos realidades que cabalgan juntas hacia un final, para una parte muy importante de estos territorios, poco halagüeño. Si se observa la figura 2 en la que se representan las pirámides de población de los municipios que componen el ENSN según las diferentes provincias se pueden observar elementos comunes, como es el vidente envejecimiento y masculinización de sus efectivos, así como una diferencia sustantiva respecto a su intensidad que afecta al caso almeriense. De nuevo no nos engañemos, el perfil más equilibrado de la pirámide granadina se debe a la influencia que en ella generan los efectivos que viven en el mundo urbano, o casi, próximo a la capital. Si levantamos la pirámide

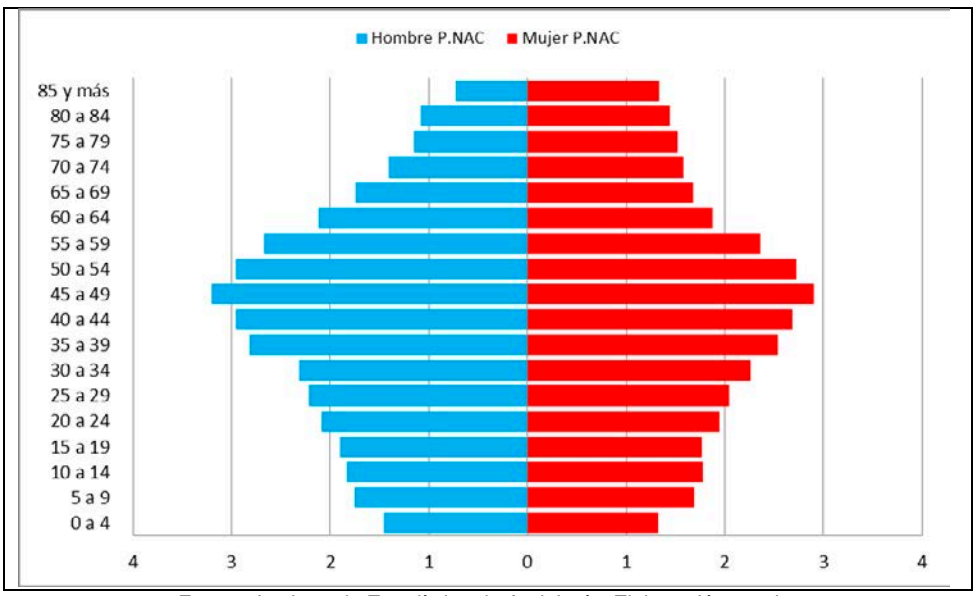
que de los municipios que pertenecen sólo al Parque Nacional el resultado que obtenemos, por los mismos motivos, se asemeja más al perfil granadino que al almeriense –ver figura 3-.

FIGURA 2
Pirámides de Población de los municipios del E.N. de Sierra Nevada según provincias, 2016



Fuente: Instituto de Estadística de Andalucía. Elaboración propia

FIGURA 3.
Pirámide del Parque Nacional de Sierra Nevada, 2016



Fuente: Instituto de Estadística de Andalucía. Elaboración propia

3.1. Proyectos e inversión.

Los principales resultados obtenidos respecto de variables básicas como son el número de proyectos, inversión y empleo generado se sintetiza en la tabla 1.

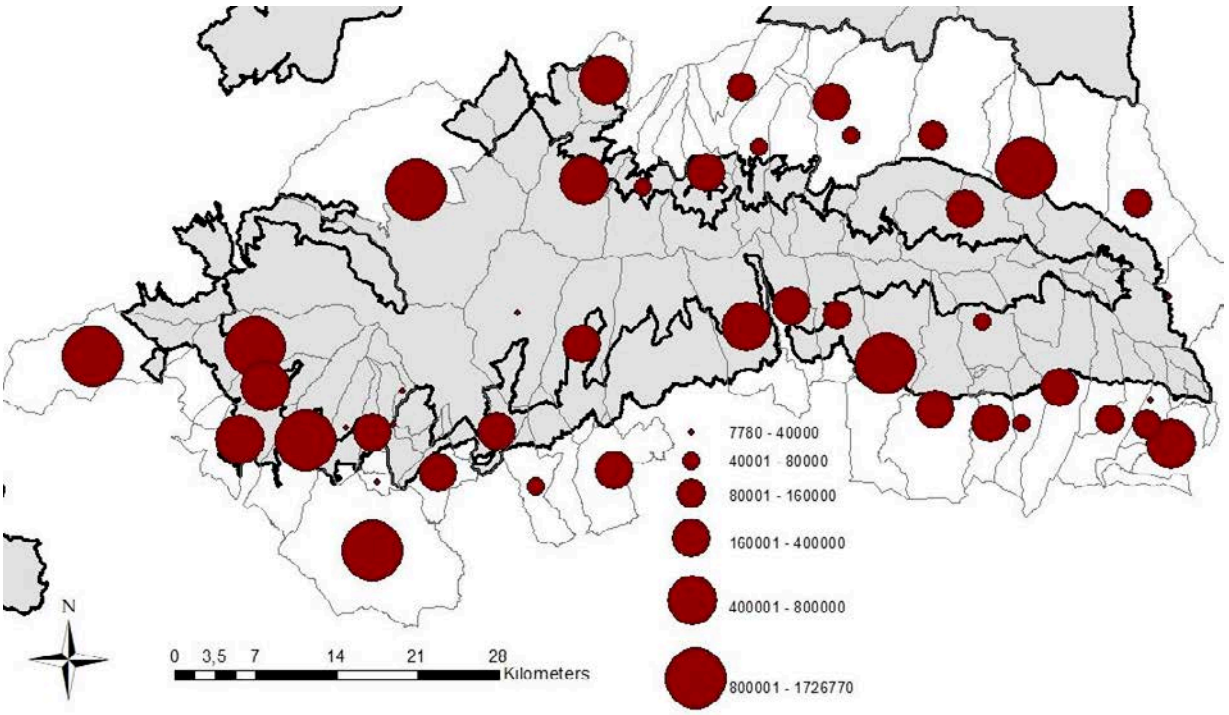
Durante el periodo de ejecución del programa que estamos analizado, 2009-2015, se llevaron a cabo en los municipios que componen el ENSN un total de 236 proyectos (téngase en cuenta lo que señalábamos en la nota metodológica al respecto) que supusieron una inversión de 17.463.505€ de los que 8.415.604 fueron subvenciones, el 48,2% del total. Dicha inversión generó 405 puestos de trabajo, ya sea de nueva creación ya de consolidación del existente, lo que supone una inversión media por empleo de 43.120€ y casi 74.000 por proyecto ejecutado con una inversión media por habitante de 185,4€.

Estos son los grandes números pero si nos aproximamos a los datos municipales rápidamente observamos que existe una clara y desigual distribución de los fondos entre cada uno de ellos,

volviéndose a repartir pautas ya estudiadas por nosotros (Cejudo y Navarro, 2012; Cañete, Cejudo y Navarro, 2017) como es su evidente concentración en los lugares centrales desde un punto de vista administrativo y económico que suelen coincidir con las cabeceras comarcales y que terminan, sin menospreciar para nada la inversión que se realiza, acrecentando su dinamismo frente al papel marginal de los demás. El que haya 12 municipios en los que no se han ejecutado ni un solo proyecto y, por tanto, no hayan recibió euro alguno, caso de Alhabia o Alsodux contrasta con casi los 1,2 millones de Abla o los 1,6 de Láujar de Andarax que concentran más del 50% de la inversión de su GDR, en el lado almeriense, o, en el granadino, los casos de Pórtugos y Jubiles sin proyecto alguno frente a Dúcal, Nigüelas, Lanjarón u Órgiva en los que se llegó a más 1,5 millones en cada uno de ellos –ver figura 4-.

FIGURA 4

Distribución en Euros de la inversión LEADER en los municipios del ENSN, 2007-2013.



Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. Elaboración propia

Es cierto que la ejecución de este programa se produce en plena crisis lo que la convierte en un elemento importantísimo a la hora de explicar la caída de la iniciativa emprendedora en un contexto de paro creciente, incertidumbre en la inversión, inseguridad en el empleo, crisis bancaria que afecta con especial virulencia a las Cajas de Ahorro que siempre han jugado un papel esencial, tanto por su enorme implantación territorial como por confianza en ellas de los habitantes de estas zonas, y cierre del crédito, especialmente para colectivos con mayor riesgo como son los jóvenes y mujeres. Todo ello influye, sin discusión, en este desigual reparto de las inversiones, ahora bien lo que ocurre es que este mismo comportamiento se observa para el periodo anterior, 2000-2006, cuando se vivían momentos de bonanza y dinamismo económico; nos remitimos a los trabajos antes referidos en los que se profundiza en esta explicación.

Otro de los aspectos a destacar es que se trata de proyectos que tienen una inversión media reducida en la medida en que se corresponden con inversiones que tiene como objetivo básico la consolidación del empleo autónomo ya existente así como la creación de otro nuevo fundamentalmente ligado a jóvenes y mujeres que ven en el autoempleo la respuesta laboral a la situación económica antes descrita. En efecto, sólo 74 proyectos superan la inversión media y de ellos la mitad invierten más del doble de dicho valor. Los 37 promotores de estas iniciativas con alta inversión son, en general, ayuntamientos que invierten en dotación de

equipamiento público, las sociedades cooperativas de transformación agrícola y/o agroindustrial son muy importantes dentro de este selecto grupo y autónomos que apuestan por el sector turístico a través de alojamiento rural.

Tabla 1
Inversión, subvención y proyectos en el Espacio Natural de Sierra Nevada. Eje LEADER 2007-2013

Municipios	Inversión	Subvención	Nº Proy.	Empleo	Sub/Inv	Inv/Proy	Inv/Empl	Pob_2016
Alpujarra-S. Nevada de AL	**5.417.873**	**2.594.644**	**88**	**138**	**47,9**	**61.567**	**39.260**	**15.066**
Abla	1.172.463	551.814	12	33	47,1	97.705	35.529	1.294
Abrucena	306.120	137.248	6	4	44,8	51.020	76.530	1.208
Alboloduy	34.481	27.637	5	0	80,2	6.896	0	613
Alhabia	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	677
Almócita	263.488	208.688	12	1	79,2	21.957	263.488	172
Alsodux	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	134
Bayárcal	348.136	313.322	2	0	90,0	174.06	0	323
Beires	76.261	37.368	1	3	49,0	76.261	25.420	114
Bentarique	106.857	48.834	1	8	45,7	106.85	13.357	252
Canjáyar	195.310	89.489	3	11	45,8	65.103	17.755	1.279
Fiñana	103.591	29.231	3	6	28,2	34.530	17.265	2.070
Fondón	324.018	188.613	6	5	58,2	54.003	64.804	1.017
Íllar	34.493	11.469	1	3	33,3	34.493	11.498	386
Instinción	107.001	41.810	2	4	39,1	53.500	26.750	444
Láujar de Andarax	1.574.449	518.682	22	30	32,9	71.566	52.482	1.551
Nacimiento	126.600	48.906	1	1	38,6	126.60	126.600	483
Ohanes	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	651
Padules	50.642	43.178	2	0	85,3	25.321	0	449
Paterna del Río	140.749	79.651	4	2	56,6	35.187	70.375	372
Rágol	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	316
Santa Cruz de Marchena	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	241
Terque	453.214	218.706	5	27	48,3	90.643	16.786	395
Tres Villas, Las	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	625
Alpujarra-S. Nevada de GR	**4.727.096**	**2.606.979**	**68**	**115**	**55,1**	**69.516**	**41.105**	**17.628**
Alpujarra de la Sierra	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	1.038
Bérchules	263.543	98.847	1	5	37,5	263.54	52.709	727
Bubión	12.366	6.531	2	1	52,8	6.183	12.366	294
Busquístar	174.433	72.868	4	3	41,8	43.608	58.144	276
Cádiar	379.386	178.273	7	1	47,0	54.198	379.386	1.528
Cáñar	13.591	10.507	2	7	77,3	6.795	1.942	379
Capileira	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	520
Carataunas	7.781	5.057	1	0	65,0	7.781	0	178
Cástaras	43.774	22.585	2	1	51,6	21.887	43.774	244
Jubiles	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	148
Lanjarón	1.362.493	699.026	7	25	51,3	194.64	54.500	3.587
Nevada	712.360	298.084	6	25	41,8	118.72	28.494	1.106
Órgiva	1.158.112	888.210	22	29	76,7	52.641	39.935	5.543
Pampaneira	29.882	20.407	5	1	68,3	5.976	29.882	318
Pórtugos	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	401
Soportújar	248.624	172.963	2	7	69,6	124.31	35.518	277
Trevélez	10.792	10.105	2	3	93,6	5.396	3.597	776
Taha, La	309.960	123.514	5	7	39,8	61.992	44.280	655
Válor	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	671
Arco Noreste Vega Ganada	**870.852**	**435.797**	**10**	**4**	**50,0**	**87.085**	**217.713**	**2.909**
Güéjar Sierra	870.852	435.797	10	4	50,0	87.085	217.713	2.909
Comarca de Guadix	**1.806.308**	**741.164**	**22**	**19**	**41,0**	**82.105**	**95.069**	**5.991**
Aldeire	353.190	125.743	2	6	35,6	176.59	58.865	639
Calahorra, La	84.775	42.984	3	1	50,7	28.258	84.775	700
Cogollos de Guadix	497.271	150.915	2	3	30,3	248.63	165.757	674
Dólar	319.337	147.974	3	1	46,3	106.44	319.337	631
Ferreira	51.685	26.869	2	1	52,0	25.843	51.685	303

Huéneja	41.650	13.099	1	1	31,4	41.650	41.650	1.156
Jerez del Marquesado	400.700	209.948	6	3	52,4	66.783	133.567	1.009
Lanteira	57.700	23.631	3	3	41,0	19.233	19.233	552
Lugros	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	327
Valle de Lecrín Temple y	**4.641.373**	**2.037.019**	**48**	**129**	**43,9**	**96.695**	**35.980**	**18.808**
Dúrcal	1.726.771	711.886	17	42	41,2	101.57	41.114	7.050
Lecrín	583.384	220.875	3	2	37,9	194.46	291.692	2.098
Nigüelas	657.567	238.558	6	14	36,3	109.59	46.969	1.218
Padul	1.673.651	865.701	22	71	51,7	76.075	23.573	8.442
Sin GDR. Granada								**34.075**
Dílar								1.910
Gójar								5.539
Monachil								7.681
Zubia, La								18.945
SIERRA NEVADA	**17.463.50**	**8.415.604**	**236**	**405**	**48,2**	**73.998**	**43.120**	**94.221**

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. Elaboración propia.

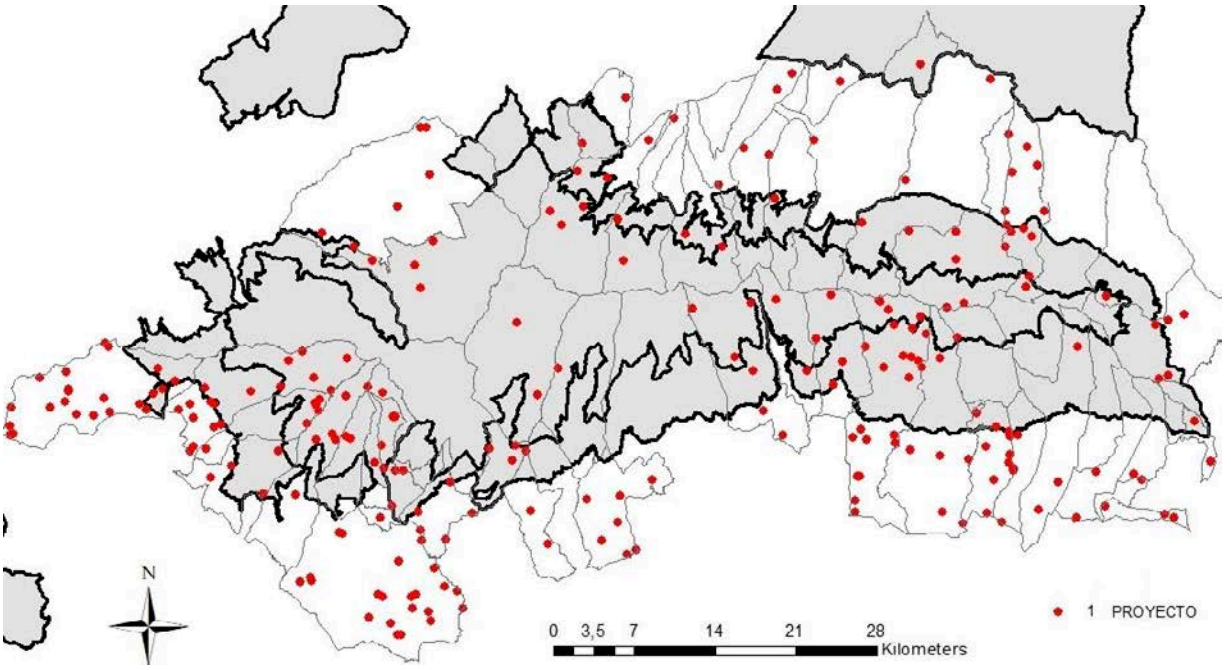
3.2. Empleo generado. Su reparto por edad y sexo

Que el empleo en el periodo que estamos comentando era la máxima preocupación entre los españoles, lo ratifica nuestra propia menoría, el más mínimo acercamiento a cualquier medio de comunicación y, en términos científicos, los datos publicados por el CIS cada vez que realiza sus "barómetros" mensuales sobre la valoración que los ciudadanos tenemos sobre la situación de nuestro país. Pues bien, es muy de valorar que en este contexto se consiga la creación de 405 empleos de los que el 67,8%, en concreto 275, son de nueva creación –ver tabla 2-, valor superior, en términos generales, al que encontramos en el periodo de programación anterior (Cejudo, Navarro y Camacho, 2017). Otro hecho reseñable es que la mujer tiene una presencia muy significativa en dicho empleo ya que el 44% es para ella, sobre todo si tenemos en cuenta que la estructura de la población de estos territorios está muy masculinizada especialmente en las zonas más interiores y profundas. Si de la edad hablamos, el 37% es menor de 35 años.

No vamos a volver a insistir en el reparto desigual entre los diferentes municipios que, tal y como pasaba con la inversión, vuelve a ser la tónica si bien se aprecian ciertos matices como son, de un lado, el hecho de que la jerarquía ejercida por las cabeceras comarcales se reduce un poco de tal forma que los porcentajes superiores al 50% de inversión que se comentaba en términos de inversión no se observa con la misma intensidad en términos de empleo. Entendemos que ello evidencia la puesta en marcha de pequeñas iniciativas que con escasa inversión consiguen, al menos, el autoempleo de sus emprendedores; así ocurre en la Alpujarra almeriense o el Valle de Lecrín en el que con el 26,6% de inversión se genera más del 32% del empleo y, de otro, se evidencia un protagonismo muy importantes en términos numéricos de los proyectos realizados en los municipios del Valle de Lecrín, especialmente Padul y Dúrcal con 39 entre los dos, mientras que en el caso de la Alpujarra granadina gana poco a poco presencia su parte oriental frente al predominio claro de parte occidental aunque se constata la ausencia de inversión en torno al turístico y saturado Barranco del Poqueira como son: Capileira, Panpaneira, Trevelez o Bubión –ver figura 5-.

En definitiva, la crisis parece, habrá que comprobarlo en otros trabajos, haber generado también un espacio de necesidad/oportunidad para los colectivos de jóvenes y mujeres que había tenido poco protagonismo en épocas de bonanza ya sea porque no han podido abandonar el mundo rural en busca de salidas como la socorrida construcción ya porque han vuelto a éste en busca de apoyo familiar, menores coste de vida y posibilidades de emprender alguna actividad que le permita el autoempleo con inversiones pequeñas. De otro lado, las mayores inversiones, proyectos y empleos siguen estando ligadas a los espacios más próximos la capital granadina y a las cabeceras comarcales. Otra cuestión que aquí no podemos saber es si la precedencia de los promotores es de los propios municipios en los que se invierte.

FIGURA 5
Distribución de los proyectos en el Espacio Natural de Sierra Nevada. Eje LEADER 2007-2013



Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. Elaboración propia

TABLA 2.
Empleo municipal en el Espacio Natural de Sierra Nevada. Eje LEADER 2007-2013.

Municipios	Total	< 35		Mujeres		Creado	
		Val. Abs.	%	Val. Abs.	%	Val. Abs.	%
Alpujarra-Sierra Nevada de AL	***138***	***31***	***22,5***	***34***	***24,6***	***92***	***66,7***
Abla	33	10	30,3	4	12,1	30	90,9
Abrucena	4	3	75,0	1	25,0	2	50,0
Alboloduy	0	0	0	0	0	0	0
Alhabia	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Almócita	1	1	100,0	0	0,0	1	100,0
Alsolux	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Bayárcal	0	0	0	0	0	0	0
Beires	3	0	0,0	3	100,0	3	100,0
Bentarique	8	1	12,5	3	37,5	5	62,5
Canjáyar	11	5	45,5	3	27,3	11	100,0
Fiñana	6	0	0,0	4	66,7	0	0,0
Fondón	5	1	20,0	0	0,0	3	60,0
Íllar	3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Instinción	4	1	25,0	1	25,0	2	50,0
Láujar de Andarax	30	3	10,0	10	33,3	7	23,3
Nacimiento	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Ohanes	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Padules	0	0	0	0	0	0	0
Paterna del Río	2	0	0,0	1	50,0	1	50,0
Rágol	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Santa Cruz de Marchena	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Terque	27	6	22,2	4	14,8	27	100,0
Tres Villas, Las	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Alpujarra-Sierra Nevada de GR	***115***	***52***	***45,2***	***61***	***53,0***	***78***	***67,8***
Alpujarra de la Sierra	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Bérchules	5	2	40,0	4	80,0	2	40,0
Bubión	1	1	100,0	0	0,0	1	100,0
Busquístar	3	0	0,0	1	33,3	2	66,7
Cádiar	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Cáñar	7	2	28,6	3	42,9	7	100,0
Capileira	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Carataunas	0	0	0	0	0	0	0

Cástaras	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Juviles	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Lanjarón	25	8	32,0	14	56,0	10	40,0
Nevada	25	16	64,0	15	60,0	20	80,0
Órgiva	29	14	48,3	15	51,7	23	79,3
Pampaneira	1	1	100,0	1	100,0	1	100,0
Pórtugos	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Soportújar	7	2	28,6	1	14,3	7	100,0
Trevélez	3	0	0,0	2	66,7	0	0,0
Taha, La	7	6	85,7	5	71,4	5	71,4
Válor	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Arco Noreste de la Vega de Granada	***4***	***0***	***0,0***	***4***	***100,0***	***1***	***25,0***
Güéjar Sierra	4	0	0,0	4	100,0	1	25,0
Comarca de Guadix	***19***	***12***	***63,2***	***4***	***18,4***	***7***	***34,2***
Aldeire	6	3	50,0	1	16,7	3	50,0
Calahorra, La	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0
Cogollos de Guadix	3	2	66,7	2	50,0	3	83,3
Dólar	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0
Ferreira	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0
Huéneja	1	1	100,0	1	100,0	0	0,0
Jerez del Marquesado	3	1	33,3	0	0,0	1	33,3
Lanteira	3	2	66,7	0	0,0	0	0,0
Lugros	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.
Valle de Lecrín Temple y Costa	***129***	***55***	***42,6***	***76***	***58,9***	***97***	***75,2***
Dúrcal	42	16	38,1	17	40,5	21	50,0
Lecrín	2	1	50,0	0	0,0	2	100,0
Nigüelas	14	2	14,3	4	28,6	10	71,4
Padul	71	36	50,7	55	77,5	64	90,1
Sin GDR. Granada							
Dílar							
Gójar							
Monachil							
Zubia, La							
SIERRA NEVADA	**405**	**150**	**37,0**	**179**	**44,1**	**275**	**67,8**

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. Elaboración propia.

3.3. ¿Quién y en qué invierten? Tipología de los promotores y acciones

Otra de las cuestiones que interesa conocer es quién es el promotor de estos proyectos y qué trabajo genera cada uno de ellos; dicho de otro modo, qué tipo de emprendedor encontramos ligado a esta iniciativa y a quién emplea, los datos se pueden visualizar en la tabla 3.

Intentando ser lo sintético que este tipo de trabajos requiere, el cuadro pone de manifiesto que tanto en términos de inversión total como de empleo son las personas jurídicas las que mayores indicadores registran, le siguen las personas físicas y, finalmente, los organismos públicos. En efecto, la suma de los datos de las 4 primeras categorías de la tabla, que son las que hacen referencia a las personas jurídicas, alcanza un valor del 42,1% para la inversión y del 41,9% para el empleo generado. Entre esas cuatro categorías resalta por encima de todas la de las Sociedades de Responsabilidad Limitada, las hermanas pequeñas de las Sociedades Anónimas, con valores que superan el 30%; un protagonismos importante tiene también las Sociedades Cooperativas. Estamos, por tanto, ante figuras jurídicas que denotan tanto la escasa capacidad inversora de las sociedades que allí emprenden así como el carácter colectivo y comunitario de otras, ligadas fundamentalmente al sector agroindustrial. Ahora bien, la primacía que este tipología manifiesta en el campo de la inversión se reduce si de empleo generado hablamos, especialmente si lo hacemos de jóvenes, representan el 28%, y de mujeres, el 31,1%.

El siguiente colectivo de emprendedores es el de las personas físicas, y se corresponde con las 4 categorías que empiezan por PF en la tabla. En su conjunto son los responsables del 30,4% de la inversión y del 33,1% empleo aunque su importancia se reduce si sólo tenemos

en cuenta el creado y, especialmente, el femenino. De hecho, el promotor joven, ya sea hombre –PF11- o mujer –PF21-, en su conjunto, ha invertido el 8% del total creando un 7,4 del empleo total aunque el 16,7% del empleo joven. Por lo que respecta a la mujer, es la responsable del 13,1% de la inversión, del 11,4% del empleo total, del 15,3% del joven y del 10.6$ del femenino. El hombre es el que más invierte dentro de esta categoría superando a la mujer en más de 4 puntos porcentuales, y un 10% más de empleo total aunque su relevancia se reduce cuando hablamos del empleo joven y de mujeres.

Por su parte, los organismo públicos, que en esta tabla vienen representados por las categorías G en la que se encuadran, fundamentalmente los GDR, F, corporaciones locales, y Q, otros organismos, presentan niveles de inversión casi del 33% y más del 51% de la subvención concedida y, aunque generan un menor volumen de empleo, juegan un papel clave en la contratación de jóvenes y mujeres con valores próximos al 45%.

En cualquier caso, y para el conjunto de todos los tipos de promotor, la inversión se realiza fundamentalmente para mantener el empleo existente aunque son las Sociedades junto a los organismos públicos, ya sean corporaciones locales o los propios GDR, los responsables, a partes iguales, del 74% del nuevo empleo generado.

Tabla 3.
Inversión y empleo en el Espacio Natural de Sierra Nevada según Promotor. Eje LEADER 2007-2013

Promotor*	Inv. Total		Subvención		Emp. Total		Emp. Creado		Emp;35		Emp. Mujer	
A	39.243	0,2	12.852	0,2	1	0,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
B	5.528.073	31,7	2.037.693	24,2	132	32,6	85	30,8	41	27,3	40	22,1
E	39.248	0,2	14.518	0,2	3	0,7	1	0,4	0	0,0	3	1,7
F	1.722.839	9,9	591.930	7,0	34	8,4	16	5,8	1	0,7	13	7,3
G	1.752.347	10,0	1.317.849	15,7	60	14,8	55	20,0	28	18,7	48	26,9
J	5.005	0,0	4.505	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
P	3.690.117	21,1	2.674.195	31,8	50	12,3	49	17,9	34	22,7	29	16,2
PF.10	1.791.286	10,3	566.454	6,7	67	16,5	33	12,0	13	8,7	17	9,5
PF.11	1.236.629	7,1	425.546	5,1	21	5,2	15	5,5	16	10,7	5	2,8
PF.20	1.042.914	6,0	391.629	4,7	25	6,2	10	3,6	7	4,7	14	7,8
PF.21	169.132	1,0	53.511	0,6	9	2,2	8	2,9	9	6,0	7	3,9
Q	446.671	2,6	324.923	3,9	3	0,7	3	1,1	1	0,7	3	1,7
TOTAL	**17.463.503**	**100**	**8.415.604**	**100**	**405**	**100**	**275**	**100**	**150**	**100**	**179**	**100**

***Promotor**:
A. Sociedades anónimas, B. Sociedades de responsabilidad limitada, E. Comunidad de bienes, F. Sociedades cooperativas, G. Asociaciones y Fundaciones, J. Sociedades civiles, P. Corporaciones locales, PF10. Hombre Adulto; PF11. Hombre Joven; PF20. Mujer Adulta; PF21. Mujer Joven; Q. Organismos públicos.

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. Elaboración propia.

Para responder a la pregunta de en qué invierten los emprendedores que han participado en esta iniciativa LEADER, hemos construido la tabla 4. Una simple ojeada pone de manifiesto que la mayor parte de las inversiones realizadas se ha realizado dentro de la denominada acción 321 relativa a la prestación de servicios básicos para la economía y la población rural, la 313 que fomenta el desarrollo de las actividades turísticas, la 123 que propicia el aumento del valor añadido de los productos agrarios y, finalmente, la 312 en favor de las pequeñas y medianas empresas. Tenemos, por tanto, y relacionándolo con los apartados ya comentados, la apuesta, por un lado, por pequeños negocios que prestan servicios a personas básicamente –menos a empresas- que representan el 28% de la inversión y, sobre todo, el 35% del empleo creado y el 42,7 y 44,8% del empleo joven y de mujer; es decir, pequeños negocios que pretende el autoempleo de un colectivo joven y de mujeres que en esta coyuntura de crisis opta por autoemplearse ocupando el nicho de mercado que le abre la creciente necesidad de prestaciones que requieren una población cada vez más envejecida y que la familia no puede

cubrir. Por otro, se manifiesta una significa apuesta por el sector turístico, si bien no alcanza los valores de inversión de tiempos pasados, y que presenta niveles de empleo, en todas sus vertientes, muy inferiores a los de la inversión realizada. Este tipo de iniciativas, como creemos que es el caso, en otros estudios se han ligado a la mujer como su promotora y en esencia pretende mantener el empleo, en muchas ocasiones como apuesta diversificadora y complementaria de las rentas agrarias familiares. Finalmente, las sociedades cooperativas son protagonistas de la medida 123 centrada en la producciones tanto aceiteras como de frutas y hortalizas que cada día ganan terreno en estos espacios una veces atendiendo a pautas y criterios tradicionales o ligados a la agricultura ecológica y otras como fórmula para prologar el periodo productivo de carácter intensivo que durante los meses de verano no se puede realizar en las zonas costeras de cultivos bajo plástico. Es por ello que son proyectos que generan una importante inversión así como volumen de empleo creado pero que tiene poca repercusión para los jóvenes y significativa trascendencia para la mujer.

Tablla 4
Inversión y empleo en el Espacio Natural de Sierra Nevada según Acción

Acción *	Inv. Total		Subvención		Emp. Total		Emp. Creado		Emp;35		Emp. Mujer	
111	567.301	3,2	434.034	5,2	27	6,7	26	9,5	20	13,3	22	12,3
121	978.987	5,6	360.751	4,3	24	5,9	5	1,8	7	4,7	2	1,1
123	3.281.609	18,8	1.257.359	14,9	86	21,2	52	18,8	11	7,3	29	16,0
216	196.751	1,1	137.007	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
227	265.799	1,5	219.176	2,6	24	5,9	24	8,7	14	9,3	9	5,0
312	1.802.738	10,3	601.039	7,1	63	15,6	30	10,9	20	13,3	13	7,3
313	3.797.480	21,7	1.312.606	15,6	53	13,1	40	14,6	13	8,7	23	12,9
321	4.887.221	28,0	2.766.661	32,9	126	31,1	96	35,0	64	42,7	80	44,8
322	1.035.981	5,9	774.314	9,2	1	0,2	1	0,4	0	0,0	0	0,0
323	535.573	3,1	442.357	5,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
331	24.083	0,1	20.320	0,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
341	89.980	0,5	89.980	1,1	1	0,2	1	0,4	1	0,7	1	0,6
TOTAL	**17.463.503**	**100**	**8.415.604**	**100**	**405**	**100**	**275**	**100**	**150**	**100**	**179**	**100**

*** Acciones:**
111 Formación, información y difusión del conocimiento; 121 Modernización de explotaciones agrarias; 123 Aumento del valor añadido de productos agrarios (agrícolas y ganaderos) y silvícolas; 216 Conservación de la naturaleza y el paisaje en explotaciones agrarias y ganaderas; 227 Conservación de la naturaleza y el paisaje en zonas forestales; 312 Ayudas a la creación y desarrollo de microempresas; 313 Fomento de actividades turísticas; 321 Prestación de servicios básicos para la economía y la población rural; 322 Renovación y desarrollo de poblaciones rurales; 323 Conservación y mejora del patrimonio rural; 331 Formación e información de agentes económicos que desarrollen sus actividades en los ámbitos cubiertos por el Eje 3; 341 Adquisición de capacidades, promoción y aplicación

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. Elaboración propia.

4. Conclusiones

La primera cuestión que hay que resaltar es que nos encontramos en un territorio dispar y desigual en el que conviven espacios dinámicos, que se localizan en los municipios próximos a la capital y en las cabeceras de las diferentes comarcas, frente a otros esencialmente montanos, con escasa población censada y fuertemente envejecida. Ahora bien, este hecho no debe ser entendida en términos, necesariamente, negativos en la medida en que la presencia de municipios que forman parte del área periurbana de la propia capital granadina ofrece un enorme potencial no sólo de potenciales demandantes de los singulares valores ecológicos y culturales de este espacio natural sino también de emprendedores que pueden invertir en él.

Una segunda cuestión es que los fondos procedentes del eje LEADER, por sí solos, no pueden desenclavar la situación de agotamiento económico al que se enfrentan territorios rurales como éste; ahora bien la filosofía y la metodología en las que esta se sustenta deben ser un modelo de

actuación en él. Elementos como la participación ciudadana, en especial de jóvenes y mujeres, desde los primeros momentos del diseño de la estrategia de desarrollo es esencial como elemento dinamizador de estos territorios. Por contra, se ha vuelta a poner de manifiesto que la distribución de la inversión sigue adoleciendo de una fuerte concentración en las zonas que parten con mejores condiciones, ya sean económicas, administrativas, de equipamiento de infraestructuras y servicios, etc., agudizándose las diferencias intraterritoriales en un espacio serrano que ya cuenta con fuertes contrastes.

En tercer lugar, los proyectos que se han puesto en marcha corresponden mayoritariamente con pequeñas inversiones que pretenden consolidar el trabajo que ya se tiene. Fuera de esta tónica es reseñable la significa presencia de promotores jóvenes y de mujeres que acometen el emprendimiento como fórmula de autoempleo y que cuando crean más empleo que el propio lo hacen con un claro sesgo en favor del colectivo del que proceden contratando a jóvenes y mujeres.

Resulta trascedente, en cuarto lugar, la importancia que han jugado las Sociedades en este eje, bien es cierto que lo hacen utilizando fundamentalmente una fórmula jurídica que denota su pequeño tamaño (Sociedades Limitadas) pero que en conjunto son las que más inversión y empleo generan primando la consolidación frente a la creación. Es destacable la importancia de las Cooperativas mayoritariamente relacionadas con el sector agroindustrial. Este hecho nos parece especialmente significativo en la medida en que la crisis de la agricultura tradicional en favor de otra intensiva y mecanizada había condenado a la actividad agraria a su desaparición en estos espacios. La apuesta de este tipo de inversiones por incrementar el valor añadido de las producciones agrarias en base a su transformación industrial es una fórmula más, no exenta de potencial conflicto, para poder hacer compatible el desarrollo del sector turístico o de actividades ligadas al disfrute de la naturaleza de este espacio con la pervivencia del sector que configuró históricamente estos espacios como es el agrario.

Finalmente, los organismos públicos, como son las corporaciones locales y los propios GDR, se convierten en actores principales del desarrollo de estos espacios. Más allá del inconcluso debate sobre la pertinencia o no de su presencia como promotores en este tipo de programas, nosotros la defendemos, su participación es vital sobre todo en situaciones de crisis económica como la atravesada. Ello no sólo porque sus proyectos dotan de servicios y equipamientos públicos esenciales para el mantenimiento de la calidad de vida de la población de estos territorios, que con sus exiguos presupuestos no podrían abordar y que la inversión privada no acomete, sino también porque propician la mejora de la cualificación de la población que allí habita, a través de una apuesta por la formación, así como del conocimiento y difusión de su imagen a través de su promoción exterior. A ello se añade que son los que más apuestan por el empleo joven y, sobre todo, de mujeres, aspecto este que tiene un valor que supera al de la mera cuantificación de los datos.

Referencias bibliográficas

- Augustyn, A. y Nemes, G. (2014). Catching up with the West? Europeanisation of rural policies in Hungary and Poland. *Studies in agricultural economies*, 116, 114-121.
- Bosworth, G. Annibal, I. Carroll, T., Price, L., Sellick, J. y Shepherd, J. (2016). Empowering local action through (neo)endogenous development; the case of LEADER in England. *Sociologia Ruralis*, 56(3), 427-449.
- Casellas, A., Tulla, A., Vera, A y Pallarès, A. (2013). Gobernanza local y espacio rural: un análisis territorial desde la perspectiva de género. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 62, 379-402.
- Cejudo, E. y Navarro, F. (2012). Quince años de aplicación de los Programas de Desarrollo Rural. Desigualdades sociales y territoriales en la provincia de Granada. *Scripta Nova*, XVI(390). www.ub.edu_geocrit_sn_sn-390.pdf
- Cejudo, E., Navarro, F. y Cañete, J.A. (2016). Evolución y distribución territorial de los trabajadores eventuales agrarios subsidiados en Andalucía. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 72, 117-147.
- Cejudo, E. Navarro, F. y Camacho, J.A. (2017). Perfil y características de los beneficiarios finales de los Programas de Desarrollo Rural en Andalucía. LEADER+ y PRODER2 (2000-2006). *Cuadernos Geográficos*, 56(2), 155-175.
- Cheshire, L., Esparcia, J. y Shucksmith, M. (2015). Community resilience, social capital and territorial governance, *Ager. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 18, 7-38.

- Delgado, C. (2012). Protección y ordenación del medio natural en Cantabria. Normativa, instrumentos y conflictos territoriales. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 60, 115-140.
- Esparcia, J. y Escribano, J. (2012). La dimensión territorial en la programación comunitaria y el nuevo marco de políticas públicas: desarrollo rural territorial, reforma de la PAC y nuevo LEADER. *Anales de Geografía*, 32(2), 227-252.
- Frigolé, J. (2012). Cosmologías, patrimonialización y eco-símbolos en el Pirineo catalán en un contexto global. *Revista de Antropología Social*, 21, 173-196.
- Gardner, G. (2011). Community action in rural Wales. En P. Milbourne (Ed.), *Rural Wales in the twenty-first century. Society, economy and environment*, (págs.81-112). Cardiff: University of Wales.
- Grupo De Análisis Sobre Territorios Rurales (GATER) (2015). Hacia nuevas políticas de desarrollo territorial en las áreas rurales de la Comunidad Valenciana: Iniciativas territoriales y servicios públicos. En J. Romero y A. Boix (Eds), *Democracia desde abajo. Nueva Agenda para el Desarrollo Local* (págs. 355-382). Valencia: Universidad de Valencia.
- Gujoan, E., Badía, A. y Tulla, F. (2016). El nuevo paradigma del desarrollo rural. Reflexión teórica y reconceptualización a partir del Rural Web. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 71, 179-201.
- Jiménez, Y., Porcel, L. y Caballero, A. (2015). Medio siglo en la evolución de los paisajes naturales y agrarios de Sierra Nevada (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 68, 205-232.
- Labianca, M., De Rubertis, S., Belliggiano, A. y Salento, A. (2016): Innovation in rural development in Puglia, Italy: critical issues and potentialities starting from empirical evidence. *Studies in Agricultural Economics*, 118, 38-46.
- Martínez, F., Sacristán, H. y Yagüe, J.L. (2015). Are local action groups, under LEADER approach, a good way to support resilience in rural areas? *Ager*. *Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 18, 39-63.
- Mulero, A. (2017). Territorio y áreas protegidas en España y Portugal: dos modelos de intervención en una geografía compartida. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 74, 205-227.
- Naranjo, J., Torres, M. y Vega, R. (2016). Actividades humanas y espacios naturales protegidos: los Humedales del Sur de Córdoba. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 72, 409-446.
- Nardone, G., Sisto, R. y Lopolito, A. (2010). Social capital in the Leader Initiative: a methodological approach. *Journal of Rural Studies*, 26, 63-72.
- Navarro, F., Woods, M. y Cejudo, E. (2016). The LEADER Initiative has been a victim of its own success. The decline of the bottom-up approach in rural development programmes. The cases of Wales and Andalusia. *Sociologia Ruralis*, 56(2), 270-288.
- Porto, A.M., Villarino, M. Baylina, M., Ramón, M.D., y Salamaña, I. (2015). Formación de las mujeres, empoderamiento e innovación rural. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 68, 385-406.
- Prados, M.J. (2012). Naturbanización y patrones urbanos en los parques nacionales de Andalucía. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 60, 19-44.
- Ray, C. (2006). Neoendogenous rural development. En The EU. En P. Cloke, T. Marsden y P.H. Mooney (Eds.), *Handbook of rural studies* (págs. 278-291), London: Sage.
- Sacristán, H., Martínez, F. y Yagüe, J.L. (2016). Los órganos de decisión de los grupos de acción local en el periodo 2007-2013 en España: relaciones entre los actores del medio rural. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 245, 47-66.
- Sánchez, P., Gallardo, R. y Ceña, F. (2014). Rural areas face the economic crisis: analysing the determinants of successful territorial dynamics. *Journal of Rural Studies*, 35, 11-25.
- Talego, F., del Río, A., y Coca, A. (2016). ¿Patrimonio Natural o recurso productivo? El conflicto ambiental en Sierra Pelada en torno al buitre negro. *Revista de Dialectología y Tradiciones Populares*, Vol. LXXI (2), 467-486.

GESTIÓN ADAPTATIVA PARA LA PROTECCIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ANTE UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO: EL PROYECTO LIFE ADAPTAMED

JOSÉ MIGUEL BAREA AZCÓN[1]; RUT ASPIZUA CANTÓN[1]; FRANCISCO JAVIER CANO; MANUEL LEÓN[2]; REGINO ZAMORA RODRÍGUEZ[3]
josem.barea@juntadeandalucia.es, rut.aspizua@juntadeandalucia.es, franciscoj.canomanuel@juntadeandalucia.es, rzamora@ugr.es
[1]Agencia de Medio Ambiente y Agua
[2]Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (Junta de Andalucía)
[3]Universidad de Granada

RESUMEN

El principal objetivo del proyecto Life Adaptamed (LIFE14 CCA/ES/000612) es mitigar los efectos negativos del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos que aportan tres espacios naturales mediterráneos representativos (Parque Natural de Cabo de Gata, Parque Nacional y Parque Natural de Doñana y Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada) a sus habitantes y su sector socioeconómico. Para alcanzar estos objetivos, las acciones centrales de Life Adaptamed seguirán un marco de trabajo de gestión adaptativa testado a escala piloto y orientado a mejorar la resiliencia de los socioecosistemas diana seleccionados. Las acciones de comunicación y difusión garantizarán que los resultados del proyecto se trasladen de forma eficaz y se ajusten a los objetivos establecidos para favorecer la transferibilidad del proyecto. Se implementará un sistema de indicadores multiescala temporal y espacial a través del seguimiento del impacto de las acciones del proyecto. La presente contribución hace especial referencia al desarrollo del proyecto en Sierra Nevada, que es el espacio protegido que representa los ecosistemas de montaña en el proyecto.

Palabras clave: Servicios ecosistémicos, cambio climático, gestión adaptativa, Sierra Nevada, alta montaña mediterránea.

ABSTRACT

The main objective of the project Life Adaptamed (LIFE14 CCA/ES/000612) is to mitigate the negative effect of Climate Change on key ecosystem services provided by three representative Mediterranean Natural Protected Areas (Cabo de Gata-Níjar Natural Park, Doñana National and Natural Park and Sierra Nevada National and Natural Park) to local inhabitants and their socioeconomic sector. To achieve this objective, Life Adaptamed's central actions will follow an adaptive management framework tested in a pilot scale, aimed to improve resilience in the targeted socioecosystems. Communication and dissemination actions will ensure that the project results are effectively spread and fit the objectives established for the transferability of the project. A temporal and spatial multiscale indicator system will be implemented through monitoring the impact of the project actions. The present contribution is focused on the project development at the Sierra Nevada site, the protected area that represents mountain ecosystems in this project.

Key words: *Ecosystem services, climate change, adaptive management, Sierra Nevada, Mediterranean high mountain.*

1. Introducción

El cambio global y los problemas ambientales y socioeconómicos que a él se asocian constituyen el mayor desafío al que se enfrenta actualmente nuestra sociedad. En la actualidad, existe gran consenso científico, político y también de la sociedad en general sobre la magnitud de los impactos que involucra la actividad humana sobre el Sistema Tierra. Recientes estudios muestran que algo más del 80% de los procesos ecológicos del Planeta ya se han visto afectados en mayor o menor medida por el cambio climático (Scheffers et al., 2016). Los impactos constatados van

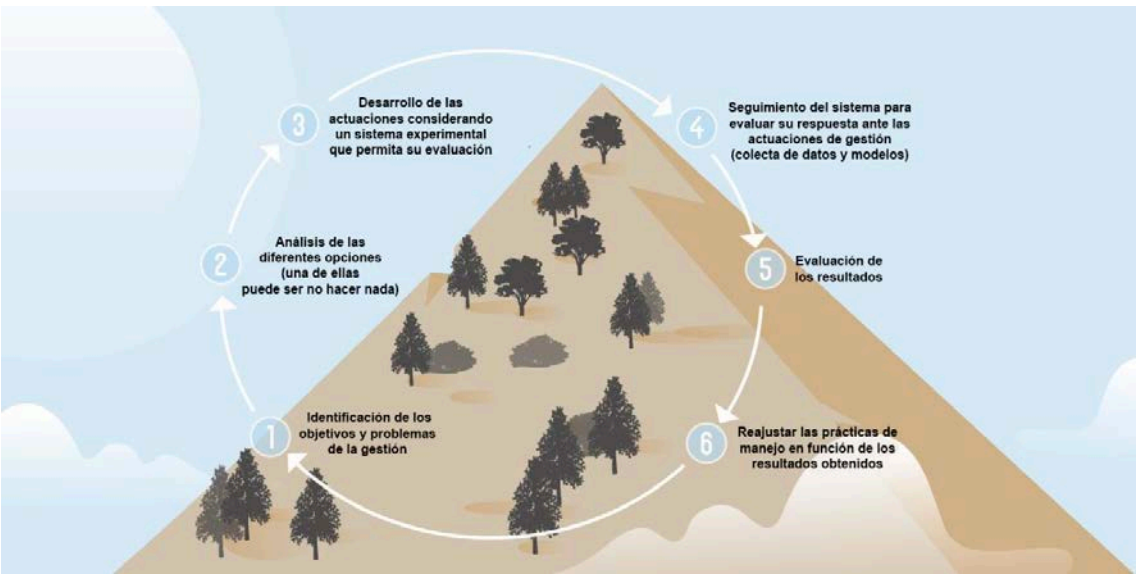
más allá de cambios en la distribución de las especies, cambios en su fenología o en la dinámica de las poblaciones, y muestran repercusiones que van desde el nivel genético hasta la escala de ecosistema. Los informes más recientes del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ponen claramente de relieve que la atmósfera y los mares se están calentando, las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado hasta alcanzar niveles sin precedentes y se han incrementado la frecuencia e intensidad con la que se producen fenómenos climáticos extremos (olas de calor, olas de frío, lluvias torrenciales, tornados o ciclones). Estos y otros factores se producen como consecuencia de un cambio climático global de origen antrópico e implican severas consecuencias sobre la agricultura, la ordenación del territorio, la distribución de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Simultáneamente, estas modificaciones involucran una mayor probabilidad de riesgos naturales que se traducen en catástrofes de diferente índole, como avenidas, pérdidas de cosechas, aparición de enfermedades emergentes, expansión de especies exóticas invasoras, decaimiento forestal, incendios, plagas forestales y otros desequilibrios biológicos.

Los servicios ecosistémicos y bienes que aportan los espacios protegidos, el impacto del cambio climático sobre los mismos y en qué medida, a través de gestión adaptativa, podemos proteger esos servicios son los principales conceptos que enmarcan el proyecto Life Adaptamed. El papel de los espacios protegidos como suministradores de beneficios o servicios ecosistémicos se está constituyendo en una perspectiva esencial de la conservación del medio natural (Turner, 2007 y Jose, 2009). Bosques, ríos, matorrales y montañas aportan una enorme diversidad de servicios y bienes. Los servicios de abastecimiento, aquellos que aporta directamente el ecosistema, son uno de los ejemplos más evidentes. Entre estos servicios de abastecimiento podemos hacer referencia a los aportes de agua, plantas de uso medicinal, miel, energía, setas, madera o productos agrícolas. Otro tipo de servicios son los de regulación, como la retención de suelo y el control de la erosión, la regulación climática, la polinización o el control de inundaciones, también de enorme importancia. Estos servicios de regulación son aportados de forma indirecta por el ecosistema. Finalmente, también podríamos hablar de servicios de tipo cultural, no materiales. Entre estos podemos citar, como ejemplos, el uso recreativo de los espacios naturales, los valores estéticos o el valor como suministradores de conocimiento científico. Esto cobra especial sentido en una era en la que los espacios protegidos se yerguen como laboratorios naturales a gran escala en donde estudiar los efectos de fenómenos de enorme calado, como la actividad antrópica sobre los procesos naturales o el cambio climático.

En definitiva, los espacios naturales aportan a la sociedad bienes y servicios de enorme valor que actualmente se están viendo afectados por el inexorable impacto del cambio climático (Pedroño et al, 2016). Estos impactos se prevé que se agraven en un futuro próximo y actualmente ya repercuten de forma dramática en la funcionalidad de los sistemas naturales y, en consecuencia, sobre la capacidad que éstos tienen para suministrar servicios ecosistémicos. La adaptación de los ecosistemas al cambio climático es esencial en este contexto. ¿Cómo hacemos de un bosque un ecosistema más resistente a la sequía, al incremento de las temperaturas o a la irrupción de plagas forestales? Esta es la clave de Adaptamed: gestión adaptativa para la protección de servicios ecosistémicos ante un escenario de cambio climático. El proyecto se desarrolla íntegramente en Andalucía, concretamente en tres Espacios Protegidos representativos de un amplio gradiente de condiciones ecológicas: Doñana, Sierra Nevada y Cabo de Gata-Níjar. De este modo, la puesta en marcha de experiencias de gestión adaptativa con carácter demostrativo es la piedra angular del proyecto Life Adaptamed. El término gestión adaptativa involucra una aproximación sistemática para la mejora de la gestión de los recursos a través del aprendizaje de los productos de la gestión (Tanner-McAllister et al, 2017). Tradicionalmente la gestión de los ecosistemas ha carecido de un sistema de evaluación de las actuaciones implementadas que permita conocer la efectividad de las mismas. Ante esta gestión tradicional, carente de seguimiento, surge el concepto de gestión adaptativa. De forma resumida (figura 1), este esquema de manejo de los ecosistemas implica plantearse desde un principio las preguntas relevantes, definiendo los objetivos que se espera conseguir con las actuaciones y concretando los aspectos metodológicos y analíticos necesarios para abordarlos, planificando el papel y los roles que han de desempeñar cada uno de los actores implicados (gestores, investigadores y

otros grupos de interés involucrados). En este sentido, es importante fomentar la coordinación entre grupos de interés implicados, auspiciando una sincronización entre la generación de conocimiento científico y su aplicación en el proceso de toma de decisiones. Fomentar la adaptación frente al cambio global representa favorecer la capacidad de autoorganización de los ecosistemas, usando como herramientas ecológicas la diversidad funcional y la heterogeneidad espacial. Las actuaciones puestas en marcha desde Life Adaptamed son un buen ejemplo de gestión adaptativa cuyo objetivo es mejorar la capacidad de adaptación y la resistencia y resiliencia de determinados ecosistemas clave de Andalucía frente al Cambio Climático.

FIGURA 1.
Esquema del proceso de gestión adaptativa



.

En este proyecto se han diseñado acciones de manejo de ambientes clave en el contexto andaluz y mediterráneo (monte mediterráneo, matorrales predesérticos, azufaifares, bosques de pino y encinares y robledales de montaña), teniendo en cuenta un diseño experimental que permita obtener mediciones a diferentes niveles del ecosistema que nos informen sobre la idoneidad y repercusiones de las diferentes opciones implementadas. De este modo, podremos saber cuáles son las prácticas de manejo de un pinar, un matorral de montaña o de un alcornocal, por ejemplo, que favorecen su restauración ecológica. Las prácticas de manejo que están siendo evaluadas son aquellas que se han venido utilizando más habitualmente y forman parte del abanico de opciones de gestión consideradas por los gestores de los Espacios Protegidos en los procesos de toma de decisiones.

Por otro lado, Life Adaptamed constituye un paso importante para la consolidación a largo plazo de la Red de Observatorios del Cambio Global en Andalucía. El 'Proyecto de Ley de Medidas frente al Cambio Climático', en su artículo 21, establece la Red de Observatorios de Cambio Global de Andalucía. Doñana, Sierra Nevada y Cabo de Gata-Níjar son nodos destacados en esta Red cuyo principal objetivo es incorporar a la toma de decisiones y a la planificación socioeconómica en el ámbito de la Comunidad Autónoma el conocimiento científico generado en los centros de Investigación de Andalucía. Los objetivos planteados en Life Adaptamed se derivan de la experiencia acumulada en estos años, en los que los tres Observatorios han puesto en marcha programas de seguimiento por separado. Ahora se trata de consolidar los programas de seguimiento iniciados en los tres nodos bajo un marco conceptual común, poner en marcha proyectos de gestión adaptativa donde se aplique el conocimiento científico para la gestión y se haga una evaluación de las medidas de gestión propuestas, y favorecer la inmersión social del proyecto y participación ciudadana.

La presente comunicación se centra en la parte del proyecto que se desarrolla en el Parque Nacional y en el Parque Natural de Sierra Nevada, la cual representa la contribución de Life Adaptamed a los ecosistemas de montaña.

Este proyecto fue aprobado por la Comisión Europea en julio de 2015 y se enmarca en la primera convocatoria del programa Life Acción por el Clima, concretamente dentro del área de adaptación al cambio climático. El beneficiario coordinador de este proyecto es la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. El resto de socios beneficiarios de Adaptamed son la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía, la Universidad de Almería, la Universidad de Granada, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y el Parque de las Ciencias de Andalucía. El proyecto cuenta además con la participación, como cofinanciador, de la empresa Aguas de Font Vella y Lanjarón.

2. Discusión

El marco conceptual del proyecto Life Adaptamed (figura 2) establece principalmente dos motores de cambio global: los cambios de usos del suelo y los cambios en el clima. Estos motores de cambio repercuten sobre la función y estructura de los ecosistemas, ejerciendo presiones que en último término devienen en efectos como por ejemplo la degradación de los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad o la irrupción de especies invasoras, entre otros. Estos impactos sobre la función de los ecosistemas repercuten sobre la calidad y cantidad de servicios que éstos son capaces de proveer. Life Adaptamed promueve la implementación de medidas de gestión que permitan un incremento de la capacidad adaptativa de los ecosistemas y una recuperación de su funcionalidad.

Siguiendo el esquema representado en la figura 3, el proyecto se compone de una serie de acciones preparatorias cuya finalidad es la de recopilar información necesaria para el correcto desarrollo de las acciones de manejo de hábitats, denominadas acciones centrales. Las acciones de seguimiento permiten evaluar la efectividad de las acciones de Life Adaptamed. En concreto, la acción D7 permite la evaluación a través de sensores remotos (imágenes satelitales). Las acciones de comunicación y difusión (E) permiten trasferir los conocimientos adquiridos a diferentes escalas, poniendo de relieve el carácter demostrativo que hace de Life Adaptamed una experiencia piloto con potencial para servir de ejemplo en situaciones ecológicas equivalentes. Las acciones de Life Adaptamed se implementan a una escala local, en Doñana, Cabo de Gata y Sierra Nevada. Sin embargo, sus repercusiones tienen traslado a diferentes escalas. En el ámbito regional, el proyecto contribuye aportando conocimiento útil para la adaptación al cambio climático y para la construcción de nuevos paradigmas de conservación basados en la protección de servicios ecosistémicos. A esta misma escala, Life Adaptamed aporta un paso sustancial para la puesta en marcha de la Red de Observatorios de Cambio Global de Andalucía. Las acciones de comunicación y difusión de los resultados del proyecto facilitan la conexión con redes e instituciones a nivel internacional, favoreciendo que el conocimiento adquirido traspase nuestras fronteras a través de instituciones como UICN, la Comisión Europea o el propio Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España o de iniciativas como LTER o SER Europa.

En Sierra Nevada las acciones centrales de Life Adaptamed están centradas en los pinares de repoblación y autóctonos, en los encinares y robledales de montaña y en los matorrales de montaña:

i. *Pinares*: se están desarrollando medidas de manejo adaptativo de las masas forestales de pinar de repoblación con el objetivo de proteger los servicios ecosistémicos que proveen, identificando el modelo de gestión del pinar que mayores servicios socioecológicos proporcione. Esta acción promueve un uso más eficiente de los recursos en estos ambientes a través de la dosificación de la competencia y, por tanto, dota a la masa forestal de una mayor capacidad de resistir procesos de sequía e incremento de temperatura.

FIGURA 2.
Marco conceptual del proyecto Life Adaptamed.

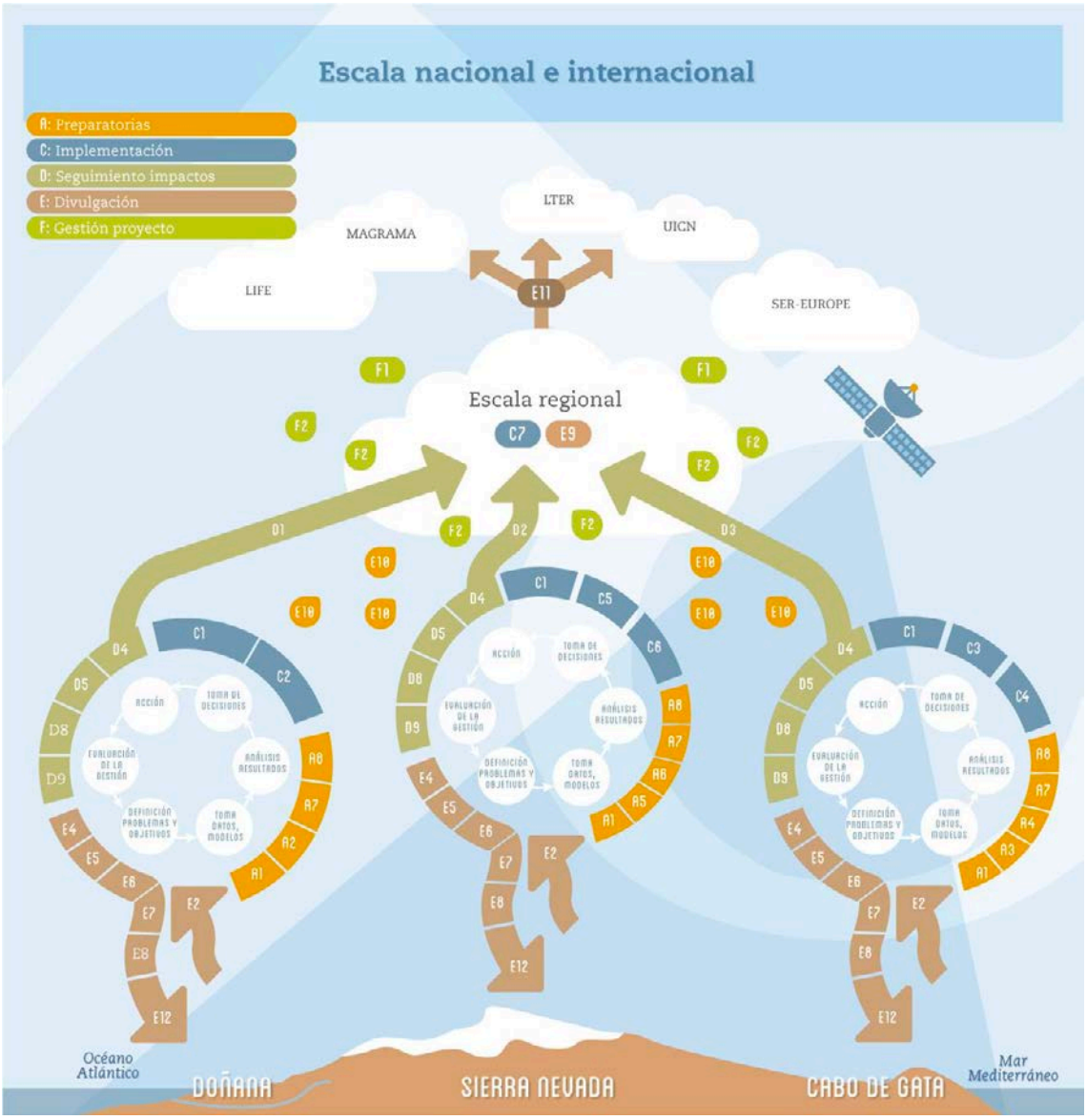
Esta acción construye capacidad de adaptación en diferentes tipos de pinares de repoblación representativos y ampliamente distribuidos por el sur de Europa. Los objetivos específicos para ello son:

1. Favorecer la existencia de estructuras verticales y horizontales heterogéneas, la diversidad

de clases de edad y potenciar la implantación y desarrollo de comunidades biológicas diversificadas.

2. Mediante la dosificación de la competencia se pretende favorecer una estructura de bosque con una densidad adecuada para optimizar los recursos, garantizando la disponibilidad de agua, luz y nutrientes también en las condiciones climáticas previstas. Esto redundará en una mejora del estado fisiológico del arbolado, al mismo tiempo que facilitará la entrada natural de semillas de otras especies vegetales.

FIGURA 3.
Esquema de interacción de los sitios, escalas y acciones de Life Adaptamed. Se representan los tres espacios protegidos involucrados y las diferentes escalas de tratamiento de la información generada (local, regional y nacional/internacional).



En Sierra Nevada esta acción se centra en tratamientos en *Pinus halepensis, Pinus sylvestris, Pinus nigra* y *Pinus pinaster*. En total se contemplan cuatro enclaves diferentes: en Pórtugos, Lanteira, Jerez del Marquesado y cuenca del río Nacimiento. En cada localidad, el sistema de implementación de la actuación comprende parcelas de 4 hectáreas con tratamientos de diferente intensidad. Las intensidades de tratamiento son variables y dependen de las características iníciales de la masa. Como indicador de la densidad del rodal se utilizó el índice de Reineke (Reineke, 1933). A grandes rasgos puede considerarse

que los tratamientos se agrupan en intensidades bajas, medias y elevadas. Cada parcela de 4 ha será tratada con una misma intensidad. Dentro de esta unidad de 4 ha, las subunidades de 1 ha presentarán diferentes alternativas de gestión del residuo. Esto implica cuatro opciones por parcela: residuos gruesos y acordonados (una sola pasada de maquinaria), residuo fino y acordonado (empleando varias pasadas de maquinaria), distribución homogénea del residuo y extracción de todos los residuos.

Adicionalmente, se procede al refuerzo de la población de *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* a través de la plantación de 250 ejemplares en las inmediaciones de una de las pocas formaciones de esta subespecie que aún persisten.

ii. Encinares y robledales: esta acción se centra en encinares y robledales donde una densidad excesiva y una estructura inadecuada de los individuos dificultan su regeneración sexual y, al mismo tiempo, no permiten un vigor vegetativo adecuado debido al exceso de competencia por agua, luz y nutrientes. Esto, además, confiere a estas masas una gran vulnerabilidad al ataque de defoliadores. A partir de la experiencia adquirida en la gestión, y tras comprobarse una inexistente o mínima regeneración sexual y una alta susceptibilidad ante las plagas forestales, se han seleccionado 50 ha. distribuidas en cuatro gradientes ambientales diferentes:

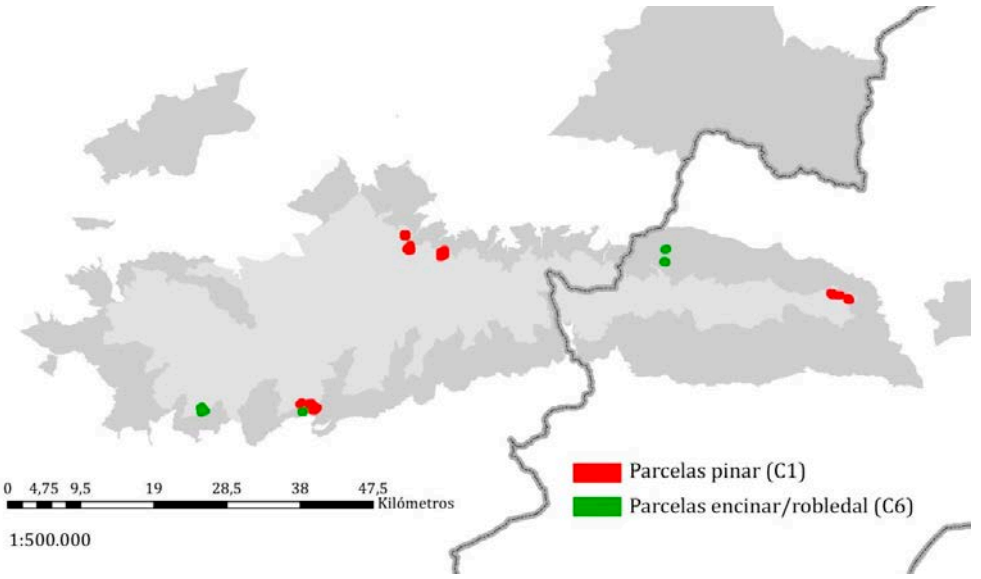
- Cota alta (10 ha): límite superior de distribución del robledal en la zona, representando el ecotono con ecosistemas dominados por enebral-sabinar y otros matorrales de alta montaña.
- Cota intermedia (10 ha): robledal puro.
- Cota baja (10 ha): masa mixta robledal-encinar.
- Zona subárida (10 ha): encinar situado en una zona subárida, donde los aportes hídricos que recibe están en el límite inferior de sus requerimientos.

Esta acción implica la realización de tratamientos silvícolas orientados a mejorar la estructura de la masa y vigor vegetativo, seleccionando determinados ejemplares por sus características adecuadas para funcionar como árboles padres y realizando sobre ellos actuaciones para eliminar o dosificar su competencia y favorecer su reproducción sexual, favoreciendo el paso a una estructura de monte alto. Se combinan resalveos (orientados a reservar los mejores pies o resalvos) y claras selectivas por lo bajo en encinas y robles, tomando como límite indicativo diámetros basales de unos 15 cm. Se extraerán preferentemente los pies dominados, deformes y puntisecos. A igualdad de condiciones de calidad entre todos los pies de una cepa o mata, se extraen preferentemente los del interior de la misma para aumentar el espaciamiento entre resalvos. Se realizarán 3 tipos de tratamientos de diferente intensidad: moderada-baja (35 ha.), moderada-alta (10 ha.) y control (10 ha). La mayor parte de la superficie tratada se corresponde con tratamientos de intensidad intermedia por haber demostrado ser, en experiencias pasadas, los más adecuados para este tipo de masa. Sin embargo, puntualmente y donde las condiciones locales lo permitan (suelo profundo, pendientes suaves y zonas no expuestas a fuertes vientos), se intensificará la actuación. También se reservarán zonas de pequeñas dimensiones (1 ha) sin tratar para que puedan servir como referencia de la evolución de la masa no tratada (zonas control).

El aporte de los residuos triturados al suelo es fundamental para mejorar la estructura y propiedades fisicoquímicas del suelo. El planteamiento a tres niveles (esparcido, en cordones gruesos y en cordones finos) permite un análisis comparativo de la evolución de la diversidad vegetal, la regeneración y el contenido en carbono orgánico del suelo en cada uno de los tres escenarios. Con el apilado se prevé facilitar, entre otros beneficios ecológicos, la dispersión de frutos, acumulación de semillas y el reclutamiento de nuevos ejemplares tanto de roble y encina como del matorral acompañante.

Estos enclaves han sido escogidos atendiendo a la representatividad de las diferentes situaciones ecológicas y modelos de gestión de masas de fagáceas en el Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada.

FIGURA 4.
Ubicación de los tratamientos de pinar, robledal y encinar desarrollados en Life Adaptamed.

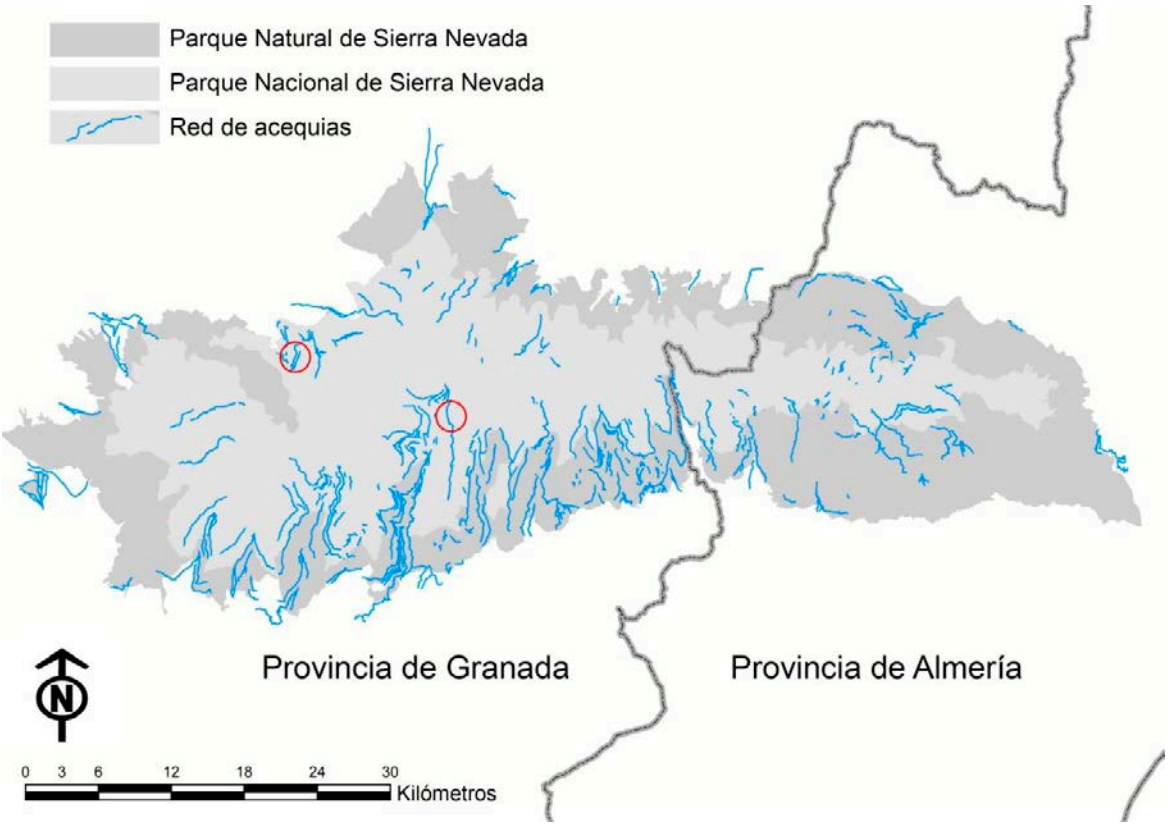


iii. Matorrales de alta montaña: el objetivo general de esta acción es asegurar un mantenimiento en la cantidad y calidad de servicios ecosistémicos que provee la comunidad de matorrales de alta montaña en Sierra Nevada en un contexto de cambio climático. El mantenimiento de los servicios se favorecerá a partir de un aumento de la resiliencia del ecosistema, de manera que se fomenten sus probabilidades de adaptarse a la situación de cambio que se prevé. Para alcanzar este objetivo se están poniendo en marcha experiencias de restauración ecológica del enebral y de su vegetación acompañante. Para ello se han restaurado dos acequias de careo tradicionales, ya que los aportes de humedad resultan esenciales para la germinación y establecimiento de las plántulas. De este modo, se ha procedido a la realización de siembras de enebro de montaña *Juniperus communis* y de agracejo *Berberis hispanica*.

Todas estas acciones centrales del proyecto están siendo evaluadas con un conjunto de indicadores que pueden ser agrupados en dos grandes categorías:

- Indicadores a escala de campo: involucran mediciones sobre el terreno de condiciones de la biodiversidad animal y vegetal que son indicadores de la capacidad de los ecosistemas para proveer servicios y bienes que actualmente se están viendo alterados por el deterioro de las condiciones climáticas.
- Indicadores a escala de paisaje: comprende el análisis de imágenes satelitales, el cual permite valorar información desde una perspectiva amplia, relacionando los valores observados con funciones de los ecosistemas directamente vinculadas a la provisión de servicios ecosistémicos.

FIGURA 5.
Ubicación de los tramos de acequias tradicionales restaurados y zonas de restauración experimental de matorrales de alta montaña.



3. Conclusiones

Es necesario incorporar los siguientes conceptos a los modelos de gestión tradicionales de los socioecosistemas de montaña:

- Función ecológica: trascendiendo la tradicional visión basada en la conservación de especies emblemáticas, endemismos y especies amenazadas, los nuevos paradigmas de conservación atienden al mantenimiento de las funciones de los ecosistemas, que en último término revierten en una mejora de las condiciones del ecosistema para proveer servicios a la sociedad.
- Servicios ecosistémicos: los ecosistemas naturales y los espacios protegidos son una fuente de valor incalculable de recursos y servicios ecosistémicos. Incorporar este concepto a gestión del medio natural, reconociendo los beneficios que ofrecen los cosistemas, involucra una puesta en valor de los ecosistemas naturales.
- Gestión adaptativa: Frente a la tradicional gestión carente de seguimiento, se ha de apostar por la gestión adaptativa basada en el seguimiento y contraste de las actuaciones, para evaluar los efectos del tratamiento sometido a prueba (Zamora et al, 2015a).
- Seguimiento a largo plazo: series de datos con la suficiente calidad, colectadas a lo largo de largos periodos de tiempo, son de enorme valor para detectar y comprender los cambios en la estructura de los ecosistemas, el funcionamiento de procesos ecológicos clave y la capacidad de proveer servicios ecosistémicos por parte del ecosistema (Zamora et al, 2017b).
- Espacios protegidos como laboratorios naturales: los espacios protegidos de montaña del siglo XXI se yerguen como laboratorios naturales ideales para evaluar nuevas estrategias de gestión y como enclaves privilegiados para analizar los efectos del cambio global sobre el medio natural y sus habitantes (Zamora et al, 2015).
- Gobernanza y participación ciudadana: se hace necesario incorporar la opinión y el criterio de grupos e interés local y agentes sociales a las estrategias de manejo del medio natural

(Lockwood et al, 2007). Life Adaptamed incorpora herramientas de inmersión social del proyecto y desarrolla acciones de participación con agentes locales y mecanismos que potencian la gobernanza para la gestión activa del cambio climático en los espacios naturales involucrados en el proyecto.

- Trabajo en red y transferibilidad de resultados: es importante profundizar en esquemas de trabajo que favorezcan la creación de puntos de encuentro entre gestores, investigadores y grupos de interés locales (stakeholders), favoreciendo el flujo de información bidireccional a la hora de incorporar conocimiento científico a la gestión y de promover líneas de investigación aplicada a la solución de problemas ambientales y gestión reales (ver Enquist et al, 2017).
- Efectos del cambio global: El cambio global está modificando los ecosistemas con gran rapidez. Las estrategias de gestión que resultaron válidas en el pasado no funcionan bajo los escenarios actuales. Es necesario modular las estrategias de gestión en escenarios cambiantes en los que se establecen nuevas interacciones ecológicas que requieren nuevos paradigmas de manejo.
- Todos estos conceptos forman parte de la filosofía de trabajo que se trata de poner en marcha a través del proyecto Life Adaptamed.

Referencias bibliográficas

- Enquist, C., Jackson, S.T.,Garfin, G., Davis, F., Gerber, L., Littell, J., Tank, J., Terando, A., Wall, T., Halpern, B., Hiers, J.K., Morelli, T.L., McNie, E., Stephenson, N.L., Williamson, M.A., Woodhouse, C.A., Yung, L., Brunson, M.W., Hall, K.R., Hallett, L.M., Lawson, D.M., Moritz, M.A., Nydick, K., Pairis, A., Ray, A.J., Regan, C., Safford, H.D., Schwartz, M.W. & Shaw, M.R. 2017. Foundations of translational ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(10): 541-550.
- Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76(1): 1-10.
- Lockwood, M., Davidson, J., Curtis, A., Stratford, E. & Griffith, R. 2007. Governance Principles for Natural Resource Management. *Society & Natural Resources*, 23(10): 986-1001.
- Pedrono M., Locatelli B., Ezzine-de-Blas D., Pesche D., Morand S. & Binot A. 2016. *Impact of Climate Change on Ecosystem Services*. In: Torquebiau E. (eds) Climate Change and Agriculture Worldwide. Springer, Dordrecht.
- Reineke, L.H. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *J. Agric. Res*., 456(7): 627-637.
- Scheffers, B.R., Meester, L.C., Bridge, T.C.L., Hoffman, A.A., Pandolfi, J.M. Corlett, R.T., Butchart, H.M., Pearce-Kelly, P., Kovacs, K.M., Duggeon, D., Pacifici, M., Rondinini, C., Foden, W.B., Martin, T.G., Mora, C., Bickford, D & Watson, J.E.M. 2016. The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. Science, 354: 719-729.
- Turner, W.R., Brandon, K., Brooks, T.M., Constanza, R., da Fonseca, G.A.B. & Portela, R. 2007. Global Conservation of Biodiversity and Ecosystem Services. *BioScience*, 57(10): 868–873.
- Tanner-McAllister, S.L., Rhodes, J. & M. Hockings. 2017. Managing for climate change on protected areas: An adaptive management decision making framework. *Journal of Environmental Management*, 204(1): 510-518.
- Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. & Aspizua, R. (editores). 2015. La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. 208 pp.
- Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M., Aspizua, R., Sánchez-Gutiérrez, F.J., Cano-Manuel, F.J., Ramos-Losada, B. & Henares-Civantos, I. 2017a. Global Change Impact in the Sierra Nevada Long-Term Ecological Research Site (Southern Spain). Bulletin of the Ecological Society of America, 98(2): 157-164. Doi: 10.1002/bes2.1308.
- Zamora R., Pérez-Luque A.J. & Bonet F.J. 2017b. *Monitoring Global Change in High Mountains*. In: Catalan J., Ninot J., Aniz M. (eds) *High Mountain Conservation in a Changing World*. Advances in Global Change Research, vol 62. Springer, Cham
- Información adicional en: https://www.lifeadaptamed.eu/

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE REDES SOCIALES DEPORTIVAS PARA LA FACILITAR LA GESTIÓN Y EXPLOTACIÓN DE RECURSOS NATURALES.

ISAAC LERA[1] CARLOS GUERRERO[1]; TONI PÉREZ[2] VICTOR M.EGUÍLUZ; CARLOS JUIZ[1]
isaac.lera@uib.es, carlos.guerrero@uib.es, toni@ifisc.uib-csic.es, victor@ifisc.uib-csic.es, cjuiz@uib.es
[1]*Departamento de Matemáticas e Informática. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, Spain.*
[2]*Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos IFISC (CSIC-UIB), Palma de Mallorca, Spain.*

RESUMEN

Los datos contenidos en redes sociales especializadas en actividades deportivas son un reflejo del comportamiento humano y su interacción con el entorno durante su tiempo libre. En este estudio, convertimos el gran volumen de trayectorias registradas en estas plataformas en redes complejas, con las que a través de sus características topológicas, obtener indicadores que sirvan para mejorar planes de explotación y protección de recursos naturales. La modelización de trayectos como redes se basa en detectar cruces de paso, inicios y fines de actividades junto con su distribución temporal. Con esta transformación, analizamos dos casos de estudio. En el primer caso, comparamos los accesos de senderos a dos picos con condiciones climatológicas diferentes. En el segundo, analizamos la red de pistas de esquí en Sierra Nevada. El análisis topológico abre la puerta a nuevos procedimientos de explotación.

Palabras clave: Redes sociales deportivas, Análisis de datos, Redes Complejas, Big Data

ABSTRACT

Data from sport social trackers are a reflection of the human behaviour and its interaction with the natural environment in leisure time. In this study, we propose a novel way of modelling the large volume of trajectories in complex networks, where topological characteristics provide us of indicators that serve to improve plans for the exploitation and protection of natural resources. The modelling of paths as networks is based on detecting the zones of passage and trailheads, and considering their temporal distribution. We analyse two case studies to obtain indicators: a comparison of hiking access to two peaks with different climatology, and the network of ski slopes in Sierra Nevada. The topological analysis opens the way to new exploitation models.

Keywords: *Sport Social Trackers, Data Analysis, Complex Network, Big Data*

1. Introducción

Analizar y monitorizar el flujo de personas durante su actividad de ocio en áreas naturales es clave y necesario para establecer una gestión eficiente en políticas de conservación y mejorar las necesidades de los visitantes. La caracterización del flujo de visitantes ha de ser representativa a lo largo de todas las estaciones del año y ha de estar influenciada por factores externos como por ejemplo la climatología, las horas de sol, días festivos, actividades culturales, la accesibilidad y el estado del terreno, etc. y por factores objetivos y subjetivos del visitante, como es la edad, la preparación física, la percepción de la dificultad de la ruta, el número y tipo de acompañantes, y otros objetivos personales que influyen en la toma de decisiones (Muhar, Arnberger & Brandenburg, 2002). Con esta información tan detallada es posible analizar el comportamiento humano geoposicionado sobre un terreno y encontrar indicadores que ayuden a determinar sus preferencias, y al mismo tiempo, identificar zonas con mayor atractivo respecto al resto según el perfil del visitante.

Existen diferentes técnicas de monitorización como por ejemplo las observaciones directas mediante cuestionarios, inspecciones o estaciones de conteo automáticas. Estas observaciones tienen una calidad alta pero no son representativas según el número de muestras, son puntuales o restringidas a una determinada zona y son capturadas en periodos de tiempo limitados. Como observaciones indirectas, podemos considerar la contabilización de ventas de entradas en zonas donde el acceso esté restringido, el uso de teleféricos, e incluso restaurantes o albergues pero se requiere de cooperación entre entidades y tan solo se contabiliza el acceso a la zona, sin disponer de información de cómo fluyen a través de ella. También existen otras técnicas como la grabación en vídeo, barreras o tornos, dispositivos de presión, sensores inductivos para el tráfico, o incluso algunos que requieren un trabajo de campo exhaustivo como la detección de basuras. Todas estas técnicas adolecen de algunos factores como son su aplicación prolongada, la falta de suministro eléctrico, coste de instalación, mantenimiento, etc.

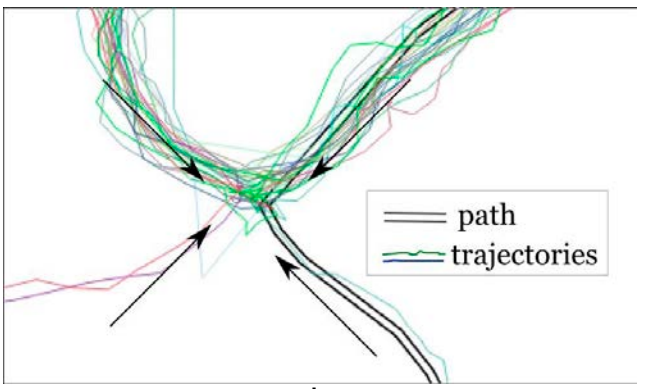
Nosotros proponemos el uso de redes sociales deportivas como fuente de información representativa del uso de entornos naturales y urbanos. Plataformas como por ejemplo Strava (Strava 2017), Endomondo (Endomondo 2017), Runtastic (Runtastic 2017), Wikiloc (Wikiloc 2017), entre otras, dan diferentes servicios a sus usuarios para almacenar, compartir, y planificar actividades deportivas. Los usuarios registran su actividad mediante dispositivos GPS como móviles, relojes, pulseras inteligentes o dispositivos más tradicionales y posteriormente, trasladan su actividad a la plataforma incluyendo datos descriptivos de la misma que por lo general son comentarios, guías o pautas para su realización. De cara al análisis de datos, éstos no son capturados mediante un proceso riguroso de control por lo que han de definirse procesos de filtrado y selección. Los datos presentan diversidad de muestreos, zonas indeseadas o franjas de tiempo y de ubicación ajenas a la zona donde se realizó la actividad deportiva. A pesar de ello, la ausencia misma del control proporciona datos de gran diversidad y representatividad a lo largo de un espacio amplio de tiempo, siendo adecuadas para describir el comportamiento humano. Teniendo en cuenta la generalización de los dispositivos que registran las actividades y el uso generalizado de estas plataformas, podemos asegurar que las rutas obtenidas de estos sistemas son una muestra representativa y aleatoria del total de los visitantes de una zona.

El análisis de trayectorias se suele realizar aplicando diferentes técnicas (Zheng 2015). Desde nuestro punto de vista, la técnica más frecuente suele ser la detección de grados de densidad o zonas de parada, y de esta forma, poder determinar las zonas con mayor uso. En esta propuesta, nosotros consideramos el concepto de cruce de caminos. Una intersección o un cruce representa un punto de presión humana sobre el entorno que repercute en el uso de los caminos, e implícitamente presenta características de accesibilidad, dificultad, alternativas de dirección, encuentros con otros usuarios, enlaces a otros sistemas de transporte y servicios, etc. Además, si incluimos los puntos de inicio y de fin de actividades quedan reflejados el grado de accesibilidad, las alternativas de dispersión, y los servicios (aparcamientos, paradas de transporte, etc.). La conexión de intersecciones, junto con los puntos de inicio y fin nos proporcionan una caracterización del flujo de visitantes sobre el entorno. La intervención sobre estos puntos influye en el flujo como, por ejemplo, la conservación de una senda –y su entorno- mediante una mejora en las señalizaciones o en su cierre.

Para determinar los cruces se pueden utilizar técnicas de alineamiento de trayectorias sobre mapas (Shan et al., 2017) (Hunter, Abbeel & Bayen, 2012). Estas técnicas requieren disponer de información geográfica del entorno en un formato abierto y manipulable donde poder comparar una trayectoria con segmentos de caminos. El Instituto Geográfico Nacional y los respectivos servicios autonómicos no incluyen un listado exhaustivo de sendas naturales. Otros sistemas de información geográfica colaborativos y gratuitos, como OpenStreetMap (OSM), tampoco contienen todas las sendas. Por tal ausencia de información, hemos propuesto identificar las intersecciones a partir de las trayectorias de los usuarios, lo cual proporciona otra perspectiva sobre el uso del entorno no vinculada a ninguna fuente geográfica de información sino a la propia actividad de los usuarios. En la figura 1, hay representadas varias trayectorias de visitantes

(líneas con diversos colores) y una senda identificada en OSM (doble línea negra). Se puede apreciar que hay dos sendas no registradas en OSM: izquierda superior e izquierda inferior. En la figura 1 podemos ver que hay un cruce de caminos donde se refleja la intensidad o preferencia de un determinado camino frente al resto.

FIGURA 1
Ejemplo de una intersección parcial entre trayectorias y una senda definida en OpenStreeMap. Las flechas determinan los diferentes flujos hacia la intersección de varios caminos.



En nuestra propuesta, las intersecciones junto con los puntos de inicio y fin son analizados desde la teoría de Redes Complejas (*Complex Networks*) (Strogatz, 2001) (Newman 2003). Una red compleja es un grafo con características topológicas no triviales como por ejemplo ponderación, multivértices, etc. De esta manera, los nodos representan las intersecciones y los puntos de inicio y fin, y las aristas representa la existencia de una senda que une dichos nodos. En nuestra red compleja se puede determinar los nodos más conectados, el grado de conexión de nodos, la conectividad de la red, las comunidades de nodos, la distancia entre nodos en función de las aristas, el agrupamiento en función del grado, la interdependencia de subredes, grado de asortatividad (la unión de nodos con características comunes), entre otros análisis (Newman, 2003). Trasladar estos estudios a nuestro caso suponer conocer las intersecciones que presentan mayor flujo (Lyon, Cottrell, Siikamäki & Van Marwijk, 2011), (O'Connor, Zerger & Itami, 2005), (Dye & Shaw, 2007) y el origen de las mismas; zonas críticas que unen diferentes comunidades de caminos; y una finalidad amplia de análisis con la inclusión de indicadores en la topología para determinar sus consecuencias en la red como pueda ser la inclusión de áreas donde evitar una sobresaturación, o la mejora de caminos y servicios para reconducir flujos a otras áreas (Freuler & Hunkizer, 2007)(Orellana, Bregt, Ligtenberg & Wachowicz, 2012).

Para este estudio hemos usado una colección de trayectorias de senderismo (Lera, 2017b) registradas en el archipiélago balear entre los años 2009 y 2016. Se ha extendido la colección incluyendo trayectorias provenientes del pico de Teide y de la estación de esquí de Sierra Nevada, considerando el mismo periodo de tiempo. Todas ellas provienen de la plataforma Wikiloc y han sido totalmente anonimizadas.

Este estudio es una ampliación del trabajo publicado en (Lera, Pérez, Guerrero, Eguíluz & Juiz, 2017) donde se analizó la conectividad de la red de senderos de las diferentes islas del archipiélago balear a lo largo de las estaciones del año. Las características topológicas de la red variaban a lo largo de las estaciones dejando constancia de las áreas con mayor atractivo, el grado de conexión y la aparición de comunidades.

Las principales contribuciones de esta propuesta son la generación de redes mediante trayectorias geoposicionadas y, fundamentalmente, la aplicación de teoría de redes complejas como sistema de obtención de indicadores para la explotación y gestión de recursos naturales.

En el presente estudio se muestra cómo se puede aplicar este método en dos casos de estudio. El primer caso representa un análisis sobre la caracterización de la red de sendas hacia la cumbre de dos picos y el segundo caso analiza la red de la estación de esquí de Sierra Nevada. Este trabajo pone de manifiesto que el análisis de estos datos es una herramienta más que ayuda a la explotación, gestión y conservación de entornos naturales al disponer de conocimiento más exacto sobre el comportamiento de los usuarios.

2. Estudios relacionados

La mayoría de los estudios actuales sobre la caracterización del movimiento en entornos naturales usan dispositivos GPS para registrar una trayectoria temporal y geoposicionada (Zheng, 2015). En el trabajo de Orellana et al. (2012), a los visitantes se les ofreció un dispositivo GPS para registrar su actividad sobre el parque natural de Dwingelderveld. En el estudio participaron 372 visitantes de un total de 1.5 y 2 millones de visitantes anuales, sobre un periodo de tiempo de una semana en dos estaciones diferentes primavera y verano. Identificaron los puntos de interés mediante la detección de patrones de suspensión, es decir, localizaron áreas donde había una mayor concentración de puntos registrados. Estas áreas fueron atracciones (granjas, miradores, árboles singulares, …), servicios (bancos, bares, centro de visitantes, …), entradas al parque (estacionamientos y paradas de transporte), y paneles informativos. El flujo lo obtuvieron a partir de la unión de secuencias entre trayectorias respecto a los puntos de interés. Finalmente, obtuvieron indicadores para reconocer cuáles eran los puntos más frecuentados, cuántos eran visitados en un mismo día por visitante, cuáles eran los puntos más usuales de acceso, y cómo fue el flujo de visitantes una vez dentro del parque. En el trabajo de Meijles et al. (2014), se estudió el patrón de los visitantes y las implicaciones que tenían sobre la gestión de un parque nacional: Drents-Friese Wold. Los visitantes fueron 138 estudiantes voluntarios de la universidad. Mediante un estudio de la densidad de puntos se analizó qué áreas fueron visitadas, el tiempo de permanencia, su siguiente destino y otros indicadores estadísticos.

En estos trabajos, los autores resaltan la importancia de obtener un mayor y más diverso número de trayectorias con diferentes tipos de actividades deportivas para caracterizar mejor el uso del parque. Las áreas estudiadas estaban muy acotadas, regiones relativamente pequeñas, y con voluntarios que en principio ya tenían un origen preestablecido como es el primer caso, o bien, no eran visitantes habituales de un parque natural, como en el segundo caso. El uso de dispositivos GPS se ha consolidado como mecanismo para capturar el flujo de visitantes en entornos no urbanos a pesar de su precisión en entornos donde la recepción de la señal del satélite está comprometida por el entorno natural. En estos estudios la configuración del GPS y su puesta a punto estaba controlada por lo que fue excepcional encontrar muestras anómalas. En nuestro caso, donde las trayectorias son obtenidas a partir de plataformas sociales, las anomalías son más frecuentes ya que el usuario es el responsable de la calidad de las muestras al gestionar totalmente su dispositivo GPS (configuración del muestro de coordenadas, encendido y desconexión, estado de la batería,…). A pesar de ello, las anomalías son suplidas por el gran volumen de datos. Además, presentan ventajas como la diversidad de actividades, la ya mencionada cantidad de trayectorias en comparación a otros tipos de monitorización más tradicionales y, principalmente, no están sometidas a ningún tipo de control reflejando decisiones reales de usuarios “genuinos”.

3. Generación de la red

El estudio del flujo se ha basado en la construcción de una red a partir de las trayectorias. La red modelizada se obtiene mediante la definición de nodos y aristas. Ambos elementos tienen una equiparación con elementos reales y, por ende, las conclusiones que se extraen sobre la topología de la red han de trasladarse a esa equiparación. Las redes complejas se han utilizado en multitud de estudios (Newman, 2003) y también para caracterizar el movimiento humano como por ejemplo para describir cómo fluyen las personas en sistemas de transporte. Por ejemplo, Soh

et al. (2010) transforman el registro de viajes de las personas que usan las líneas de metro y de bus de la ciudad de Singapur. Latora & Marchiori (2002) analizan la red de metro de Boston y Amaral et al. (2000) hacen un estudio sobre las conexiones del tráfico aéreo mundial. En estos casos, los nodos son las estaciones o aeropuertos y las aristas representa los diferentes trayectos entre las estaciones temporalmente registrados por los datos obtenidos de los diferentes tornos de acceso y plataformas de vuelo respectivamente. En nuestra propuesta, los nodos son intersecciones de trayectorias y puntos de inicio y fin de trayectorias.

Para describir el algoritmo de modelización vamos a definir una serie de elementos:

Definición 1. *Trayectoria*: Una trayectoria (τ) consiste en una secuencia finita y ordenada temporalmente de coordenadas $< c_0, c_1, \dots, c_n >$. Las coordenadas constan de latitud y longitud.

Definición 2. *Vectores de trayectoria* ($\vec{\tau}$) es la secuencia de vectores entre coordenadas consecutivas $\vec{\tau} = <v_0, v_1, ..., v_{n-1}>$, donde $v_i = \overline{c_i c_{i+1}}$

Definición 3. Operación de *intersección* (∩). Es la operación conmutativa que dadas dos trayectorias devuelve un conjunto de coordenadas comunes a ambas trayectorias:. $\tau_1 \cap \tau_2 = \tau_2 \cap \tau_1 = C$ donde $\forall c_i \in C: c_i \in \tau_i \cap \tau_i$. La operación de unión requiere de un umbral para estimar la similitud por la precisión de la señal del GPS. El código implementado de esta operación se encuentra disponible en el repositorio de código[127]. **Corolario 3.1** La secuencia ordenada de coordenadas comunes define un *segmento*. **Corolario 3.2** Denominamos *bucle* a un segmento de una misma trayectoria: $\tau_1 \cap \tau_1$.

3.1 Algoritmo para la computación de una red compleja

El problema de encontrar cruces de senderos recae en la complejidad de discernir entre intersecciones entre vectores de trayectorias e intersecciones que conforman un cruce. En la figura 1 se puede apreciar el elevado número de intersecciones entre trayectorias pero tan solo unas cuantas definen un cruce real de caminos. Ejemplificamos las fases del procedimiento propuesto con la figura 2. La figura 2.I contiene las coordenadas de tres trayectorias (τ) sobre un mapa topográfico. Estas coordenadas conforman los vectores de trayectorias ($\vec{\tau}$) representados en la figura 2.II. En la siguiente fase, la figura 2.III, es donde se realiza parte del cómputo: una a una se comparan las trayectorias y se buscan regiones comunes (símbolo cuadrado). Estas regiones comunes son los futuros nodos de la red. Las regiones son inicios y finales de una trayectoria, e inicios y finales de segmentos entre las trayectorias, que son en sí intersecciones. El segmento de una región depende de un umbral con el que se estime la igualdad de las secuencias. Por ejemplo, entre las regiones C y F pasan dos trayectorias que por su distancia de separación han sido consideradas como iguales.

Para detectar segmentos se realiza una interpolación en los vectores, en cada nuevo punto interpolado se calcula la existencia de una intersección entre una circunferencia con diámetro el umbral y el vector de la otra trayectoria. Al producirse la primera intersección tendremos el origen de un segmento y las sucesivas intersecciones dentro de una distancia considerada;otro umbral- seguirán formando parte del segmento. El tamaño de ambos umbrales afecta a la cantidad de segmentos, dando origen a más nodos. También consideramos segmentos cuando se produce el hecho de registrar movimientos sobre el mismo camino tanto en la ida como en la vuelta, es decir, al solapamiento de partes de una

[127] https://github.com/wisaaco/MatchGPX

misma trayectoria como es el caso de la trayectoria verde (entre regiones G e I). El muestreo y la precisión de las coordenadas determinan el número de las regiones y, por consiguiente, la precisión de la ubicación de la región respecto a la intersección real. En la última fase, figura 2.IV, se generan las aristas en función de la cantidad de trayectorias consideradas en los segmentos. La cantidad de trayectorias empleadas se han representado mediante los números sobre las aristas.

Este proceso se ha formalizado en el algoritmo expuesto en la figura 3. De cara a reducir el coste computacional que representa el cálculo de intersecciones el proceso se divide en dos partes: líneas 1-10 y líneas 11-19. Una primera parte detecta los límites de la trayectoria y la segunda parte computa las intersecciones donde haya solapamiento entre los límites. En la primera parte se calculan los límites de la trayectoria (línea 2), se obtienen la primera y última coordenada, si ambas están cercanas se reduce a una misma coordenada (líneas 3-5). Posteriormente, se suaviza el número de puntos de la coordenada (línea 6); se calculan las secuencias comunes de la trayectoria consigo misma (línea 8); en la línea 9 se determinan las secuencias válidas. En la segunda parte, se comparan las trayectorias simplificadas entre sí en caso que sus límites se solapen, computando las intersecciones (línea 15) y regiones comunes (línea 17). Como datos de entrada el algoritmo recibe el repertorio de trayectorias y dos umbrales para determinar si dos trayectorias son similares ($threshold_{length}$) y para determinar si dos secuencias son continuación una de la otra ($threshold_{sq}$). Tras la aplicación del algoritmo, el resultado es un conjunto de coordenadas: nodos de inicio y fin de trayectorias y otro conjunto de coordenadas de inicios y fines de secuencias comunes. El código está desarrollado en lenguaje Python y está disponible en un repositorio de código[128].

El número de intersecciones encontradas por el proceso debido a vectores de trayectoria es elevado a causa de las diferentes precisiones y muestreos de los dispositivos GPS, pero a pesar de ello, la acumulación de puntos en áreas cercanas a un cruce de caminos es aún mayor. A mayor número de trayectorias mayor es la acumulación de puntos alrededor de una intersección real y, por ende, más factible es diferenciar este tipo de acumulaciones de puntos. Se ha utilizado el algoritmo de agrupamiento llamado *mean-shift* (Chen, 1995) que detecta la máxima densidad de puntos de diferentes áreas espaciales. El algoritmo subdivide el espacio mediante una estimación de la amplitud del área y de la densidad de los puntos, y en cada región del espacio, asigna un peso a cada punto en función de los puntos colindantes obteniendo centroides locales de todas las acumulaciones.

Las aristas son las secuencias entre los nodos resultantes del algoritmo. Durante todo el proceso de sintetización se conserva el identificador de cada trayectoria para a posteriori determinar el número y dirección de las aristas que habrá entre dos nodos. Sobre este proceso se descartan aristas con el mismo nodo origen y destino ya que representan intersecciones cercanas; y secuencias con longitud igual a uno. El peso de cada arista es la distancia en metros entre ambos nodos considerando la trayectoria real. Las aristas, a diferencia de los nodos, no son elementos geoposicionados por lo que no se solapan directamente sobre una entidad real, es decir, sobre un camino.

La red generada dependen de tres factores: el número de trayectorias, el grado de solapamiento entre ellas y el espacio abarcado. Este ajuste es manual en función del tamaño del área abarcada. A continuación, mostramos dos casos de aplicación: una comparativa entre dos zonas de senderismo de acceso a dos picos con características muy diferenciadas (Teide y Serra de Tramuntana) y un estudio de una zona de pistas de esquí (Estación de Sierra Nevada).

[128] https://github.com/wisaaco/NetworkComplexFromTrajectories

4. Caso de estudio: dos cimas

La propuesta presentada analiza y compara dos cumbres y sus respectivos accesos en dos archipiélagos con una climatología claramente diferenciada. Hemos elegido dos cimas por ser elementos naturales atractivos a senderistas y generalmente accesibles por diversos caminos, donde se pueden desempeñar funciones de conservación y gestión. En un trabajo anterior se analizó cómo era la topología de la red de senderos de las Islas Baleares a lo largo de diferentes estaciones teniendo en cuenta la conectividad de la red y la existencia de comunidades, es decir, la existencia de subredes con mayor conectividad (Lera et al., 2017).

FIGURA 2
Ilustración del proceso de generación de una red compleja a partir de tres trayectorias.

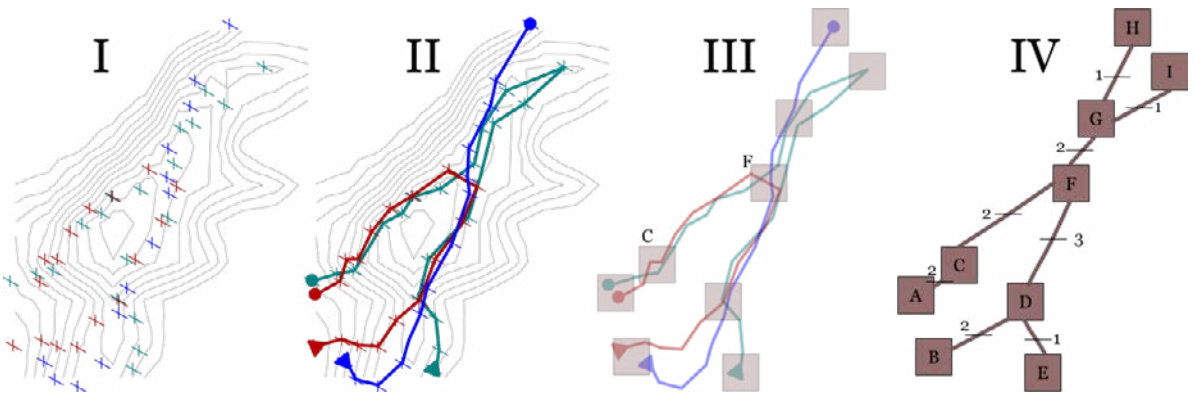


FIGURA 3
Algoritmo para computar nodos a partir de trayectorias

Data: trajectory dataset T, $Threshold_{length}$, $Threshold_{sq}$
Result: intersection points IS, IB; start/end points sC, eC

for each $\tau_i \in T$ **do**
  $B_i \leftarrow$ get Bounds (τ_i)
  $sC(\tau_i.id, i) \leftarrow$ get First Coordinate (τ_i)
  $eC(\tau_i.id, i) \leftarrow$ get Last Coordinate (τ_i)
  If distance$(sC_i, eC_i) <= Threshold_{length}$**:** $sC(\tau_i.id, i) \leftarrow eC(\tau_i.id, i)$
  $\tau_i' \leftarrow$ do a Smooth Filter (τ_i)
  $T' \leftarrow$ insert$(\{B_i, \tau_i'\})$
  $ipoints_i \leftarrow (\tau_i' \cap \tau_i')$
  $IS(\tau_i.id, i) \leftarrow$ compute Start/End points of each sequence $(ipoints_i, Threshold_{sq})$
end for
repeat
  $\{B_i, \tau_i'\} \leftarrow pop(T')$
  for $\{B_j, \tau_j'\} \in T'$ **do**
    if $B_i \cap B_j \neq \emptyset$ **then**
      $ipoints_{ij} \leftarrow (\tau_i' \cap \tau_j')$
    end if
    $IB(\tau_i'.id, i, j)) \leftarrow$ compute Start/End points of each sequence $(ipoints_{ij}, Threshold_{sq})$
  end for
until $T'.size == 0$

En este caso de estudio, el objetivo es determinar la red de caminos más frecuentada para alcanzar la cima en función de las dos estaciones con mayor diferencia de frecuencia que suele coincidir con la mayor diferencia de temperatura. Destacar que ambos picos no son los lugares más frecuentados por los senderistas bajo el catálogo de trayectorias utilizado en este estudio, pero son buenos ejemplos de aplicación en entornos donde pueden realizarse estudios controlados sobre el terreno de la presencia de usuarios.

La primera cima es el Puig del Massanella (1364m), es la segunda cima más alta del archipiélago Balear situada en la isla de Mallorca. La primera cima, el Puig Major (1445m), se ha descartado por alojar una base militar y no ser accesible a senderistas. La segunda cima considerada es el Pico del Teide (3718m), la cima más alta de España ubicada en el Parque Nacional del Teide en Tenerife. Para hacer cima en el Teide, por el "Sendero Telesforo Bravo", se ha de solicitar un permiso pero tal como se muestra en la red (ver figura 7.b) la mayoría de las trayectorias registradas alcanzan esa cota.

El catálogo de trayectorias de las Islas Baleares y de las Islas Canarias consiste en un total de 42483 y 44155 trayectorias respectivamente que cubren 8 años (desde 2009 a 2016). Del total de trayectorias, tan sólo se disponen de 258 trayectorias que hagan cima en el Puig del Massanella y, 400 rutas sobre el cono del Teide. De ese total de rutas se han filtrado aquellas con una distancia y duración acotada en menos de 60km y 24h respectivamente, y se ha descartado alguna ruta por presentar atributos anómalos para calcular las estadísticas básicas presentadas en la tabla 1. En la tabla 1 se muestran los valores medios de longitud, duración, mínima elevación, máxima elevación, metros descendidos, metros ascendidos, el número de veces observada en la plataforma social (*seeTime*), la temperatura media registrada en las estaciones meteorológicas del aeropuerto de Palma de Mallorca y el aeropuerto Tenerife Sur y la cantidad de rutas en dicha estación.

La temperatura presentada corresponde a los días de realización de las actividades y ha sido tomada por estaciones meteorológicas situadas en los respectivos aeropuertos. La diferencia de ubicación entre la estación y el lugar no es tan relevante en Mallorca como si lo es en Tenerife, ya que el Teide tiene climatología de alta montaña con inviernos secos y fríos. En la figura 4, figura de la izquierda, se observa que el número de actividades registradas en el archipiélago Balear desciende en verano y que una de las causas son las altas temperaturas. Tal hecho afecta a la estructura de la red como se analiza en (Lera et al., 2017). Respecto al Teide, esta relación está presente en invierno donde la cantidad de actividades, su duración y longitud son menores respecto al resto de estaciones. En la tabla podemos apreciar como la diferencia de altura de ambos picos influye en la duración, longitud y el desnivel positivo. Otro dato a considerar es el número de veces que la ruta es consultada en la plataforma web, ya que este podríamos asociarlo al nivel de popularidad, o también conocido como magnetismo.

Tabla 1
Estadísticas sobre las rutas de ambos picos: Massanella y Teide desglosadas en función de la estación del año.

Place	*Season*	*ength (m)*	*uration (min)*	*Min. Elevatio*	*Max. Elevatio*	*ownhill (m)*	*lphill (m)*	*SeeTim e*	*mperature (ºC)*	*Quantit y*
Massanella	*Spring*	20613.5	445.9	478.3	1526.8	1349.5	1325.8	255.5	18.2	31
	Summer	13134.5	368.4	538.9	1385.3	1017.1	992.1	656.3	29.6	11
	Autumn	14095.0	9085.3	600.2	1508.8	956.3	1023.4	230.5	20.5	11
	Winter	17609.4	478.5	593.3	1780.3	1368.5	1336.2	438.7	8.7	22
Teide	*Spring*	16788.6	8263.3	2702.6	4314.8	1127.4	1734.9	1283.2	19.9	52
	Summer	13926.0	3016.3	2631.3	4182.7	660.7	1495.0	444.5	24.0	37
	Autumn	18207.5	3491.1	2379.4	4240.6	1104.4	1710.6	557.0	22.8	33
	Winter	9824.4	300.0	3062.2	4132.1	672.6	881.6	1239.8	18.0	10

Como cabría esperar, la práctica del senderismo suele ser más frecuente en días no laborables (figura 5). En la figura 6, aproximadamente el 90% de actividades sobre el Massanella duran menos de 10 horas, siendo mayor este número en el Teide. Respecto a la distancia, ésta es inferior y con mayor frecuencia en el Teide hasta llegar a los 15km (un 60%), donde aumenta la probabilidad sobre distancias menores sobre el Massanella.

FIGURA 4

Porcentaje de actividades durante las cuatro estaciones (izquierda) y el número de actividades en función de la temperatura media del archipiélago Balear (derecha).

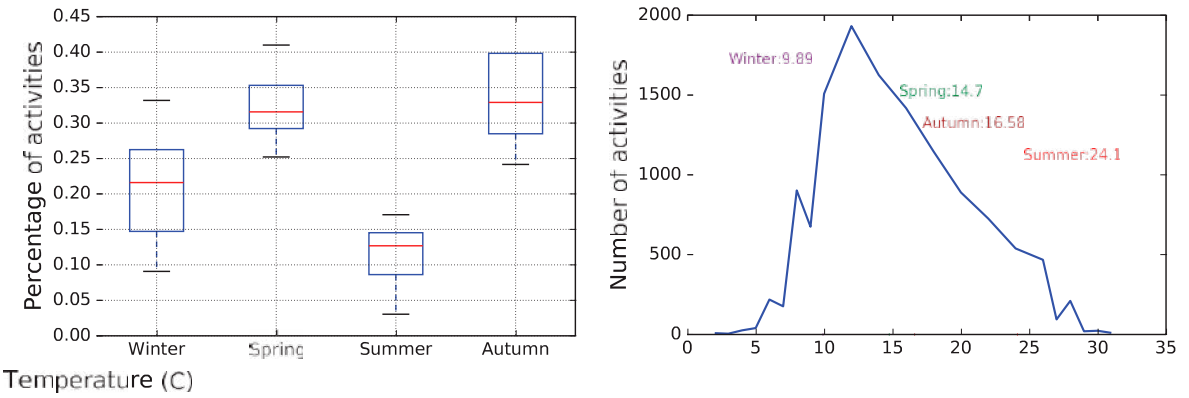


FIGURA 5

Frecuencia ponderada de actividades a lo largo de la semana sobre el Massanella y el Teide.

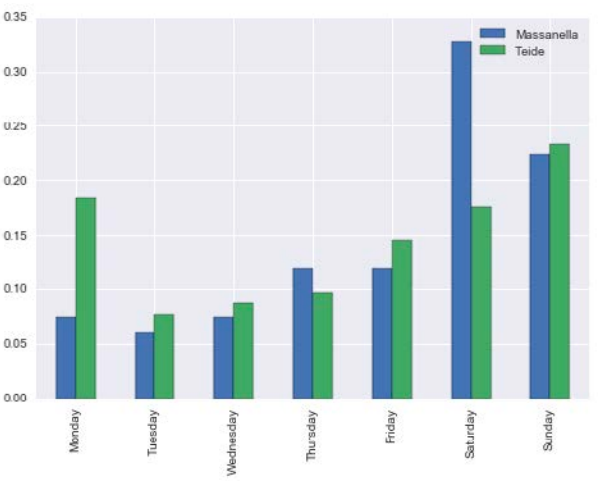
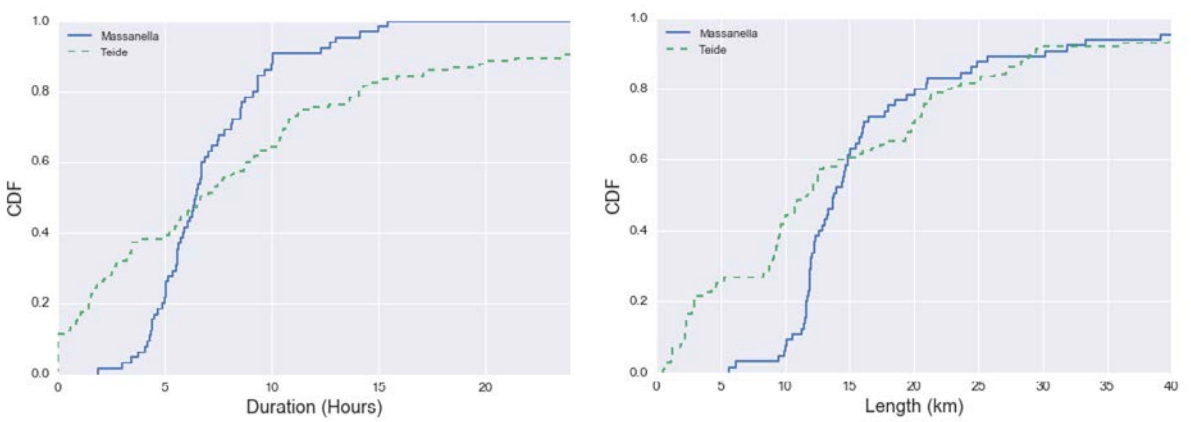


FIGURA 6

Funciones de distribución acumulada asociada a la duración en horas (izquierda) y asociada a la longitud (derecha) de las rutas sobre el Massanella y el Teide.



La representación visual de las redes nos permiten discernir cuales son los senderos para alcanzar las cimas y aquellos más frecuentados. Mediante una pequeña aplicación, las redes se han transformado en ficheros de formato geográfico que pueden incorporarse en herramientas como QGIS (2009). En la figura 7 se muestra la red del Teide con las trayectorias realizadas en primavera. Los nodos de la red son símbolos con color púrpura y en su leyenda figura el número de trayectorias que pasan por dicha región. Al mismo tiempo se muestran las aristas y las trayectorias. Como se puede apreciar la envergadura de la red en términos geoposicionados es amplia si la comparamos con la red de la estación de invierno (figura 8). La red de invierno tan sólo transcurre por la alternativa más frecuentada: el sendero de Montaña Blanca.

En la figura 7.b se aprecia que la senda de la derecha está más frecuentada que la senda de la izquierda para alcanzar la estación del teleférico Al nivel del teleférico, se alcanza la cima desde allí o desde los dos laterales los cuales no están contemplados oficialmente.

FIGURA 7
Red del Teide en la estación de primavera. En a) se muestra la totalidad de la red con los nodos geoposicionados. En b), se muestra la ruta más recurrente por el sendero de montaña blanca hasta el cono.

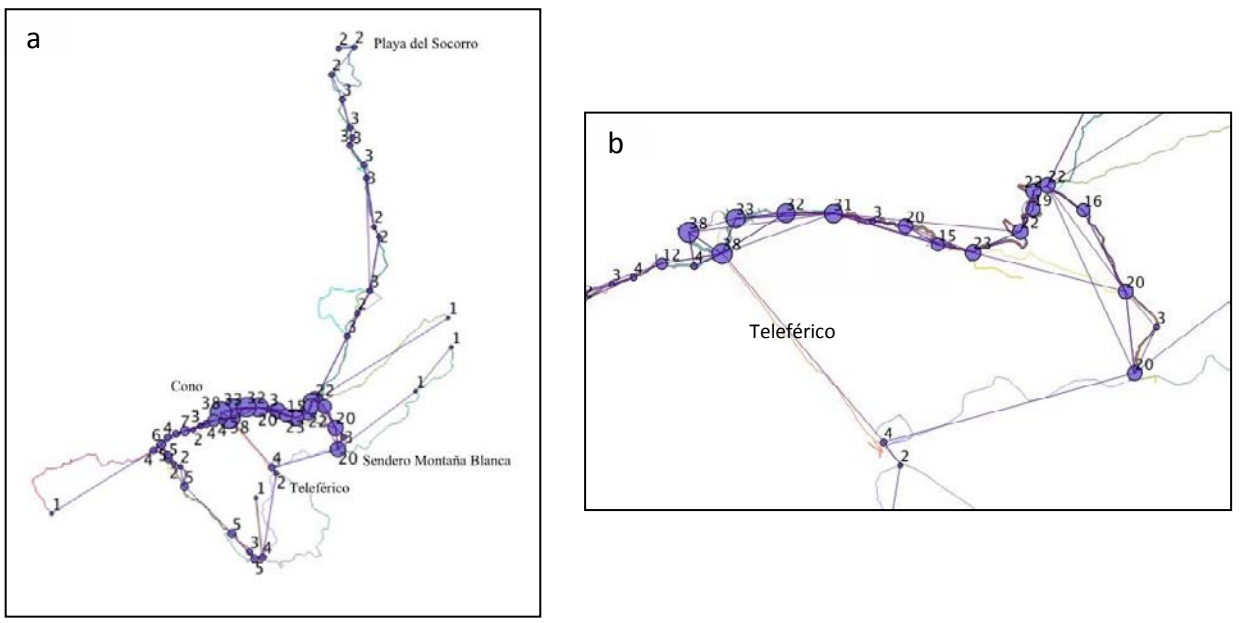
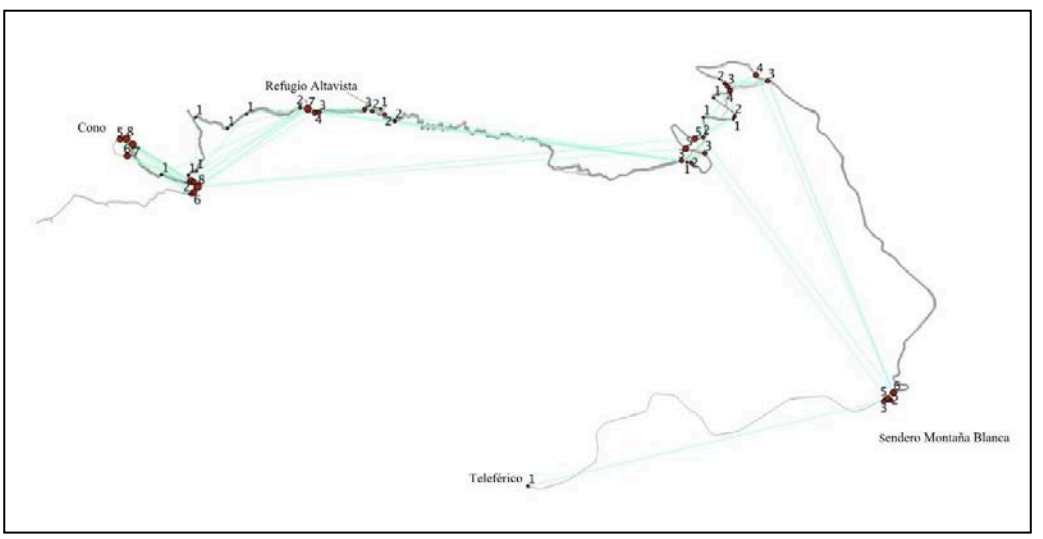


FIGURA 8
Red del Teide durante el invierno



En la figura 9 se presentan tres imágenes sobre la red del Massanella durante la estación de la primavera. En la figura 9.a se muestra la red junto con las trayectorias. En la figura 9.b se muestra tan sólo la red y en la 9.c, se incluye una ortofotografía de la zona. A simple vista se puede apreciar que los nodos representan las principales intersecciones, como por ejemplo el triángulo superior donde está el *Coll des Prat* y formado por los nodos con peso 6-12-12. La principal senda para alcanzar la cima proviene del *Coll de Sa Batalla* ya que es la más corta y posiblemente se deba a la opción de estacionar el coche en una zona urbanizada relativamente cercana. También, se aprecia las diversas vías para alcanzar el pico desde la ladera de la montaña (9.c) con el posible impacto natural que tiene.

A continuación, analizamos las redes de ambos picos en la estación de primavera. Un aspecto interesante de la red es su diámetro. El diámetro representa la distancia más corta entre los nodos más distantes. El diámetro de la red de Massanella es 7 y del Teide 12. Esto significa que para transitar a lo largo de las cimas el número de cruces a atravesar es superior en el Teide. Otro aspecto de la topología es el camino medio más pequeño. Se calcula considerando el camino más corto entre todos los pares de nodos y se promedia sobre el total de pares. En ambas redes el camino es de 3, lo cual implica, en promedio, el paso por 3 cruces para alcanzar un punto desde cualquier otro.

El grado de la red es un indicador de la conectividad entre las diferentes áreas y viene proporcionado por el número de aristas de un nodo. En la figura 10 (izquierda) observamos que el mayor número de nodos en la red del Massanella presentan un menor grado en comparación con los del Teide. A su vez, la red del Teide contiene 3 nodos con una alta conexión.

Una característica de la topología de una red es la intermediación de un nodo (*betweeness centrality*). Esta medida cuantifica la frecuencia de un nodo a actuar como un nexo a lo largo del camino más corto entre dos nodos. La red del Massanella tiene elementos con un comportamiento similar en función de la unión, esto se debe a la mayor proporción de opciones. Las sendas al Pico del Teide presentan una menor variabilidad de opciones por lo que surgen nodos más importantes respecto a otros en mantener conexa la red. Todos estos indicadores se han calculado mediante la librería NetworkX (Aric et al., 2008).

Explotación de los datos

Gracias a la información obtenida de este estudio, un posible ejemplo de actuación, entre otros, puede ser la ubicación de agentes medioambientales en los puntos con mayor distribución para llevar a cabo recuentos, funciones de información o detección de infracciones. Este último supuesto puede aplicarse en las zonas de paso donde se inicia el acceso a la ladera norte del Massanella. Ésta se encuentra registrada como zona de exclusión en el Plan de Ordenación de Recursos Naturales (PORN) de la Serra de Tramuntana. En la figura 9 se observa la existencia de rutas que no respetan dicha exclusión y gracias al estudio anterior se sabría cuándo actuar al conocer la distribución temporal y dónde gracias a la detección de las zonas donde se inicia la infracción. También existe la posibilidad de modificar las rutas para evitar el paso por ciertas zonas que se consideren especialmente sensibles para el entorno. Sabiendo las intersecciones desde las que se llega con mayor probabilidad se puede actuar con un número menor de recursos humanos, y sin que el propio control suponga un impacto sobre las zonas sensibles.

FIGURA 9
Red parcial de las trayectorias del Massanella durante la primavera. A) la red con trayectorias, B) sin mostrar las trayectorias, y C) con una ortofotografía de la zona (fuente: IDEIB)

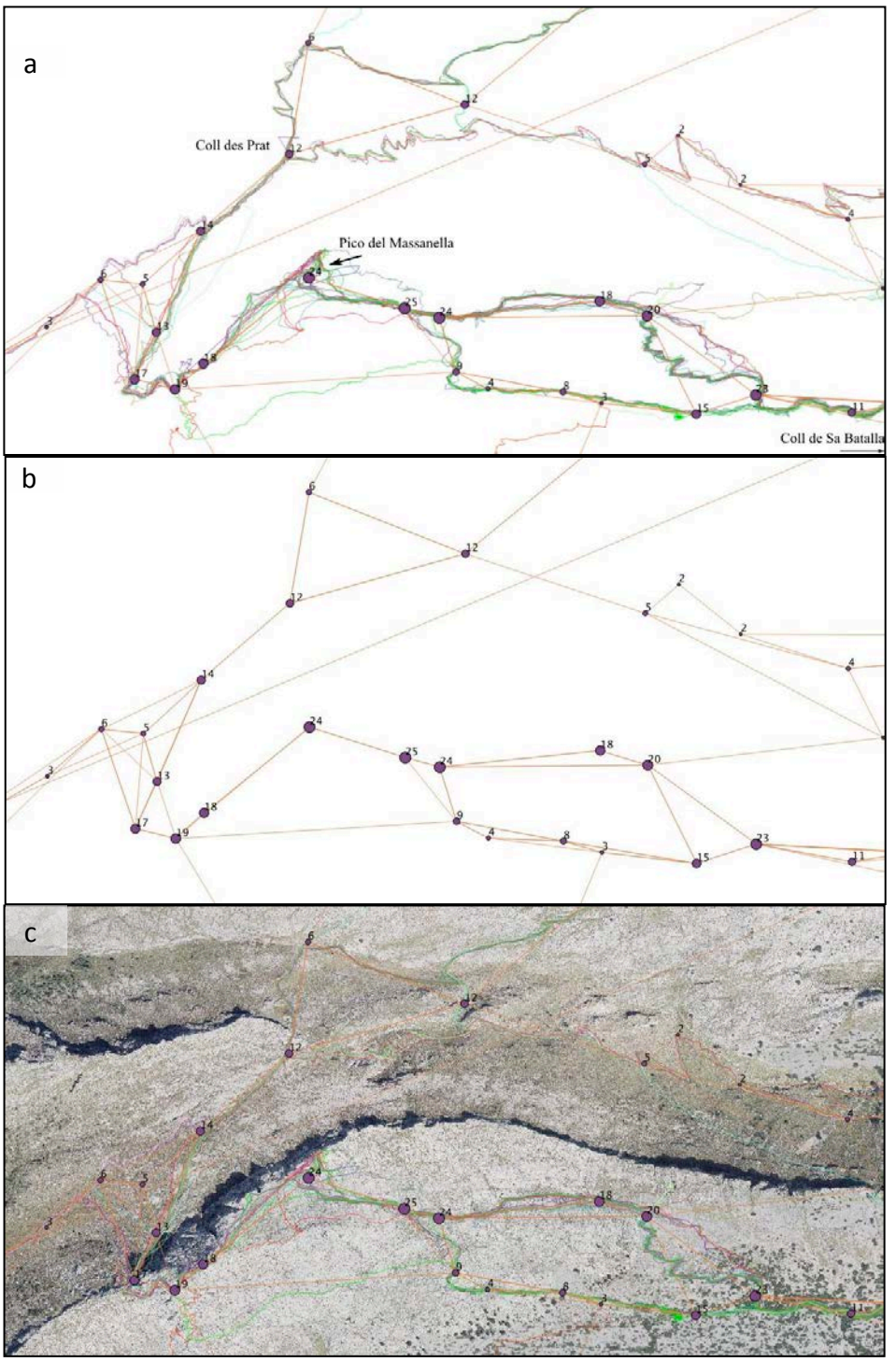
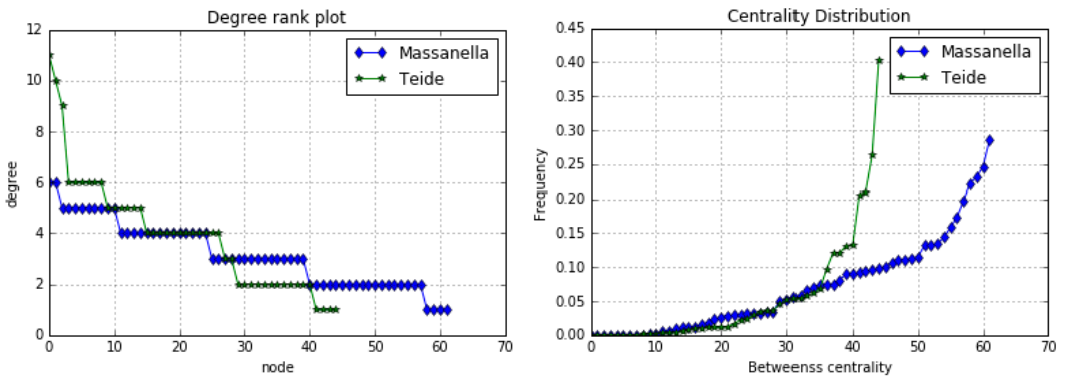


FIGURA 10
Izquierda: Distribución del grado de aristas. Derecha: Distribución del grado de intermediación



5. Caso de estudio: pistas de esquí de Sierra Nevada

Para analizar la red de actividades de esquí en la estación de Sierra Nevada se han considerado todas las actividades de esquí sobre esa área independientemente de la fecha en que se efectuaron, obteniendo un total de 111 muestras. Es un número relativamente bajo en comparación con otras actividades pero creemos que es así al hecho de que hay una relación directa entre la plataforma social y el tipo de actividades registradas, o dicho de otro modo, los practicantes de un mismo deporte suelen usar siempre una herramienta en concreto, y podemos ver como Wikiloc no es una herramienta muy popular entre los aficionados al esquí alpino. A pesar de ello, al ser un área relativamente pequeña y con un gran número de intersecciones entre trayectorias la red presenta una topología con un alto grado cohesión, lo cual es un reflejo directo de la cohesión entre pistas. En la figura 11 se muestra la red de pistas de esquí sobre la estación. En la figura 12 y en la figura 13 se muestra la red resultante. La primera figura abarca la totalidad de la estación y la segunda una ampliación del área de Borreguiles. El número de nodos y aristas es mayor que en el resto de casos a causa del área y la relación de cruces entre las trayectorias.

FIGURA 11
Plano de pistas de Sierra Nevada
(fuente: http://sierranevada.es/media/6055/plano-pistas-16-17-a3.pdf ; último acceso: 30/10/2017)

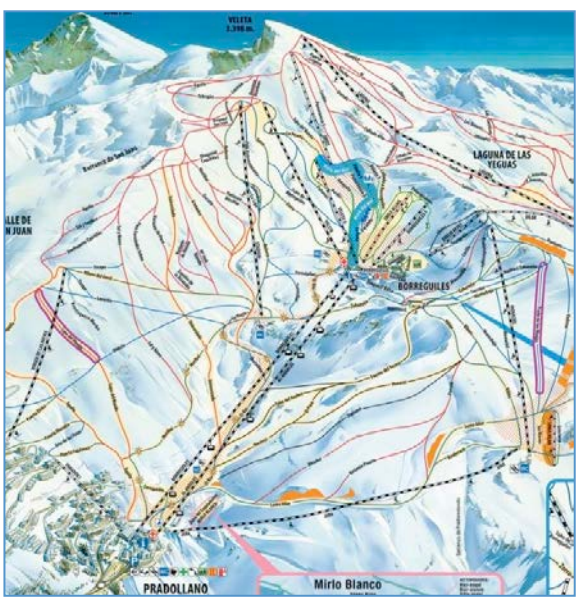


FIGURA 12
Red de la estación de esquí junto con las trayectorias sobreexpuestas. El centro de la imagen corresponde a Borreguiles. Imagen con rotación similar al plano de pistas, teniendo el pico del Veleta en la zona superior derecha.

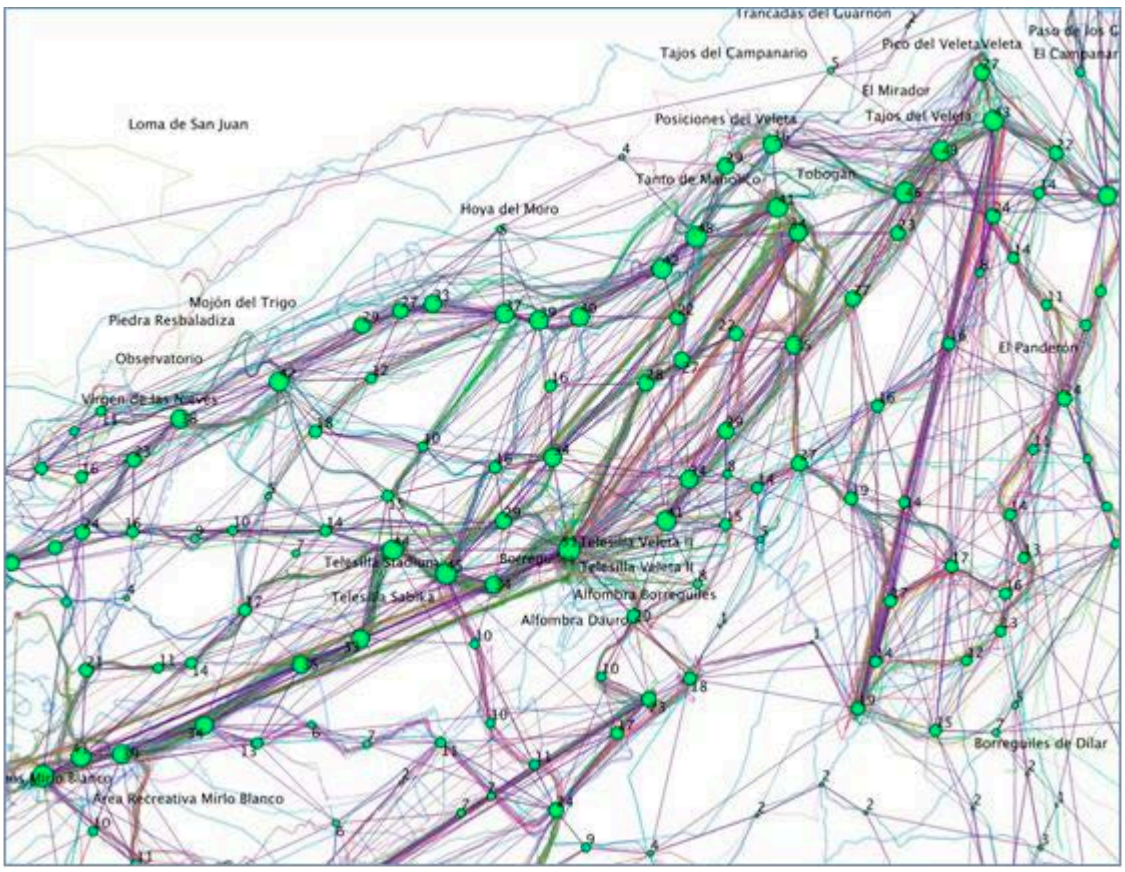
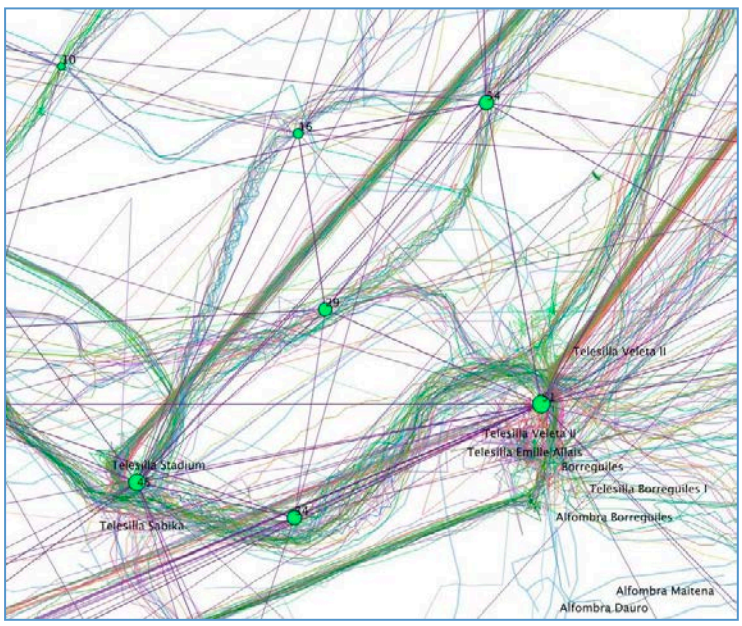


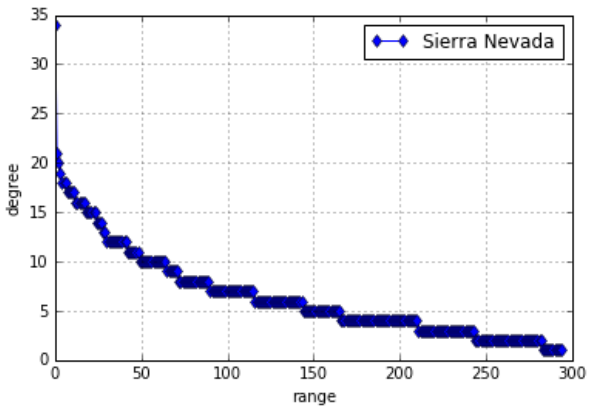
FIGURA 13
Detalle de la red sobre el área de Borreguiles junto con las trayectorias para apreciar la congruencia de los principales cruces.



El diámetro de la red de Sierra Nevada es de 17. Lo cual nos dice que un usuario que quiera alcanzar dos puntos lejanos ha de pasar por al menos 17 cruces de caminos. Podríamos valorar con información complementaria cual es el posible riesgo, coste o medios necesarios para llegar a dicho punto.

La figura 14 muestra el grado de distribución de los nodos. Este indicador presenta una evolución similar al presentado en una red de senderos (Lera et al., 2017). Lo que podemos interpretar es que hay un porcentaje de nodos con un alto grado de cohesión, pero es mayor el número de nodos con menor número de conexiones. Este valor nos indica la relevancia de un punto, y cuáles son los puntos en los que podemos mejorar la conectividad.

FIGURA 14
Distribución del rango de grados entre los nodos

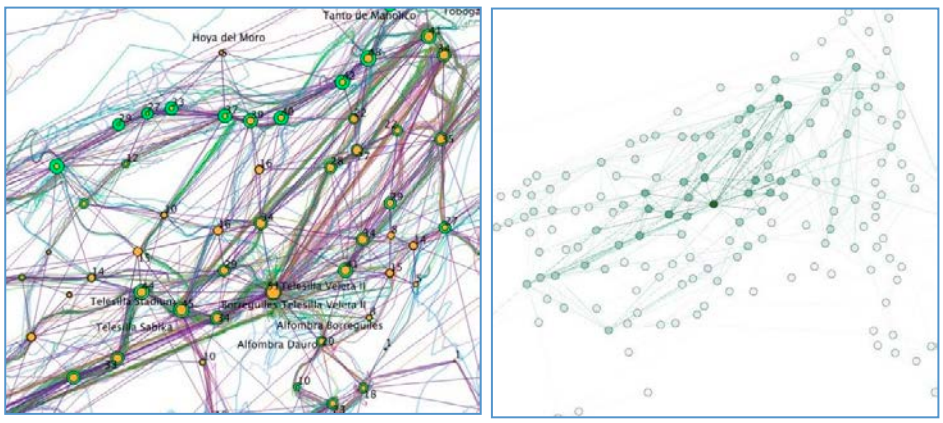


Otra característica topológica de una red compleja es la centralidad del vector propio (*eigenvalue centrality*). La centralidad del vector propio mide la importancia de un nodo según la importancia de sus nodos vecinos. Es decir, valora los nodos que están conectados a otros nodos bien conectados. En la figura 15 (izquierda) la centralidad se muestra en color naranja sobre los nodos. En la imagen de la derecha el grado de centralidad está representado con un grado de tonalidad; donde el nodo con mayor centralidad es el correspondiente a Borreguiles. Además, los nodos que forman el triángulo de remontes de: Veleta, Stadium y Borreguiles son las áreas más importantes en términos de conexión y frecuencia. Disponer de indicadores externos como por ejemplo el uso de remontes, las horas de funcionamiento de los cañones de nieve, y datos climatológicos de la zona afectarán a las características de la red con las que se pueden determinar las áreas condicionadas o no por estos indicadores.

Explotación de los datos

En el caso de una estación de esquí, los resultados del análisis pueden servir, entre otros, para detectar las zonas con una mayor tasa de cruce de esquiadores, para así incrementar la señalización o los elementos que obligan a ralentizar la marcha de los mismos. También puede servir para detectar zonas de entrada y salida de rutas no señalizadas (conocidas como “fuerapistas”) para, por ejemplo, incluir elementos que impidan su realización, o señalizarlas para evitar accidentes por cruces inesperados de esquiadores. Otra actuación, modificando la parametrización de la topología es la detección de trayectorias populares donde se pueden llevar a cabo una mayor inversión para su cuidado (ej. incorporación de cañones de nueve, pisado de pistas, etc.).

FIGURA 15
Representación de la centralidad del vector propio. A la izquierda, el valor está representado con color naranja sobre los nodos de la red. A la derecha, parte de la red donde la intensidad del color verde representa los nodos con mayor grado de centralidad.



6. Conclusiones

Las redes sociales deportivas son una fuente de datos descriptivas sobre la presencia humana en entornos urbanos y naturales posibilitando la existencia de nuevos indicadores contextuales que hasta la fecha eran difíciles de conseguir. Estos catálogos han de considerarse un complemento más a las técnicas tradicionales de monitorización. En consecuencia, analizar el elevado volumen de datos requiere de nuevas técnicas para simplificar sin perder información contextual. Nuestra propuesta de transformación de trayectorias en redes complejas provee una abstracción matemática donde obtener indicadores sobre el global de la información. En nuestra modelización los nodos se equiparán a cruces o intersecciones de actividades e inicios y fines de actividades, y las aristas representan la unión de senderos o vías de estos nodos. La equiparación de cruces o intersecciones es un poderoso concepto donde intervenir en la gestión de recursos naturales y donde se refleja la dirección del flujo de visitantes.

La principal contribución de este trabajo es la capacidad de ofrecer estudios de usabilidad, cohesión, importancia, densidad y probabilidad a través de las trayectorias registradas por los usuarios de las plataformas sociales. Este trabajo muestra la validez de esta propuesta para aplicarla a diferentes casos de estudio de cara a la obtención de indicadores. Hemos presentado dos casos de estudio. En el primero se compara el acceso de dos picos el Teide y el Massanella, ambos presentan un atractivo para senderistas. En las redes se puede apreciar cual son los caminos más utilizados, sus alternativas, y se puede analizar las características de los diferentes tramos. En el segundo caso, se analiza la red de trayectorias de esquí en las pistas de Sierra Nevada. El número de nodos es superior a las redes de ambos picos obviamente por la naturaleza de la actividad y la restricción de espacio. En la red se aprecia como uno de los laterales formados por tres remolques presenta mayor ocupación e importancia para los usuarios, con vértice en la zona de Borreguiles.

Este tipo de análisis supone una herramienta adicional para aquellos equipos y empresas que necesitan llevar a cabo estudios de entornos naturales, ya que les ofrece información, que, hasta la fecha, no disponían o les era difícil de adquirir. El abanico de posibilidades de análisis que abre el hecho de disponer de las bases de datos de las trayectorias y de las herramientas para analizarla, es muy grande, y es necesario la colaboración interdisciplinar para poder establecer los datos y análisis que pueden ser necesarios para cada particular. Por ejemplo, se abre la posibilidad de incluir en los casos presentados

indicadores del entorno: zonas de protección especial, uso de remontes, teleféricos o de cañones de nieve, zonas temporales de exclusión, degradación del terreno, entre otros datos. También, es importante la colaboración de plataformas sociales para habilitar canales de compartición de datos, y garantizar la futura explotación de datos lo cual genera un beneficio social y económico para todas las entidades participantes.

Referencias bibliográficas

- Amaral, L. A. N., Scala, A., Barthelemy, M., & Stanley, H. E. (2000). Classes of small-world networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*(21), 11149-11152.
- Aric A. Hagberg, Daniel A. Schult and Pieter J. Swart, (2008) Exploring network structure, dynamics, and function using NetworkX, in Proceedings of the 7th Python in Science Conference (SciPy2008), Gäel Varoquaux, Travis Vaught, and Jarrod Millman (Eds), (Pasadena, CA USA), pp. 11–15.
- Cheng, Y. (1995). Mean shift, mode seeking, and clustering. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *17*(8), 790-799.
- Dye, A. S., & Shaw, S. L. (2007). A GIS-based spatial decision support system for tourists of Great Smoky Mountains National Park. *Journal of Retailing and Consumer Services*, *14*(4), 269-278.
- Endomondo. Running and Walking. (n.d.). Retrieved October 09, 2017, from https://www.endomondo.com/
- Freuler, B., & Hunziker, M. (2007). Recreation activities in protected areas: bridging the gap between the attitudes and behaviour of snowshoe walkers. *Forest Snow and Landscape Research*, *81*(1/2), 191-206.
- Hunter, T., Abbeel, P., & Bayen, A. (2014). The path inference filter: model-based low- latency map matching of probe vehicle data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *15*(2), 507-529.
- Latora, V., & Marchiori, M. (2002). Is the Boston subway a small-world network?. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *314*(1), 109-113.
- Lera, I., Pérez, T., Guerrero, C., Eguíluz, V. M., & Juiz, C. (2017). Analysing human mobility patterns of hiking activities through complex network theory. *PloS one*, *12*(5), e0177712.
- Lera I. (2017) Dataset of Human Hiking GPS Trajectories on Balearic Islands (SPAIN) https://osf.io/77n9t.
- Lyon, K., Cottrell, S. P., Siikamäki, P., & Van Marwijk, R. (2011). Biodiversity hotspots and visitor flows in Oulanka National Park, Finland. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*, *11*(sup1), 100-111.
- Meijles, E. W., de Bakker, M., Groote, P. D., & Barske, R. (2014). Analysing hiker movement patterns using GPS data: Implications for park management. *Computers, Environment and Urban Systems*, *47*, 44-57.
- Muhar, A., Arnberger, A., & Brandenburg, C. (2002). Methods for visitor monitoring in recreational and protected areas: An overview. *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Institut for Landscape Architecture & Landscape Management Bodenkultur University Vienna*, *2001*, 1-6.
- Newman, M. E. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM review*, *45*(2), 167-256.
- O'Connor, A., Zerger, A., & Itami, B. (2005). Geo-temporal tracking and analysis of tourist movement. *Mathematics and Computers in Simulation*, *69*(1), 135-150.
- Orellana, D., Bregt, A. K., Ligtenberg, A., & Wachowicz, M. (2012). Exploring visitor movement patterns in natural recreational areas. *Tourism Management*, *33*(3), 672-682.
- Quantum GIS Development Team (2009). Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.osgeo.org
- Runtastic. Running, Cycling & Fitness GPS Tracker. Retrieved October 09, 2017, from https://www.runtastic.com/
- Shang, S., Chen, L., Wei, Z., Jensen, C. S., Zheng, K., & Kalnis, P. (2017). Trajectory similarity join in spatial networks. *Proceedings of the VLDB Endowment*, *10*(11), 1178-1189.
- Soh, H., Lim, S., Zhang, T., Fu, X., Lee, G. K. K., Hung, T. G. G., ... & Wong, L. (2010).
- Weighted complex network analysis of travel routes on the Singapore public transportation system. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *389*(24), 5852-5863.
- Strava. Run and Cycling Tracking on the Social Network for Athletes. (n.d.). Retrieved October 09, 2017, from https://www.strava.com/
- Strogatz, S. H. (2001). Exploring complex networks. *nature*, *410*(6825), 268.
- Wikiloc. GPS trails and waypoints of the World. Tracker. Retrieved October 09, 2017, from https://www.wikiloc.com/
- Zheng, Y. (2015). Trajectory data mining: an overview. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, *6*(3), 29.

ESBOZO METODOLÓGICO PARA UN DERECHO DE LA MONTAÑA.

ADOLFO J. SÁNCHEZ HIDALGO.
Universidad de Córdoba

RESUMEN.

La montaña ha dejado de ser el espacio místico y solitario que ofrece al hombre una vía de escape a la cotidianeidad del convivir en sociedad. La montaña es ahora un espacio abierto al hombre medio, es cada vez más un lugar de recreo y práctica deportiva que necesita de una ordenación de su explotación y vivencia social. Esta comunicación propone una metodología para la construcción del llamado Derecho de la Montaña, desde una perspectiva heterogénea de las normas jurídicas acorde con la tipología de normas señaladas en la reciente Teoría Comunicacional del Derecho. Ahora bien, no debe descuidarse la dimensión ética, es decir el conjunto de bienes y valores que tan atractivas han hecho a las montañas y su adecuada protección jurídica para garantizar la integridad y el futuro de las mismas.

Palabras clave: Norma jurídica, Derecho de la Montaña, voluntad, dominio, razón.

ABSTRACT.

The mountain isn't the mystical and lonely space that offers to the men a runaway from the daily nature of the social cohabitation. Now the mountain is an open space to the middle man, progressively it is leisure and sports place that needs one regulation of his use and social living. This communication proposes a methodology for the construction of the called Mountain Law from the heterogenic prospective of the rules of Law according to the typology of rules signed in the recent Communicational Theory of Law. Well them, it not be neglected the ethical dimension, that is the set of goods and values of the mountain and his appropriate legal protection to ensure the integrity and the future of her.

Keywords: *Legal rules, Mountain Law, will, possession, reason.*

1. Introducción.

Hoy nos hallamos en Granada, rindiendo homenaje a las alturas y no debemos olvidar Sierra Nevada, cuyas colinas invitaba a recorrer ascéticamente San Juan de la Cruz como medio para el ejercicio de la oración y la vivencia mística de la fe. Allá en las gélidas alturas, el hombre podía escuchar mejor el propio latido y buscar la infinitud del espíritu. Sierra Nevada y Juan de la Cruz, el Sinaí y Moises, el Olimpo y Hesiodo, el Monte de las Tentaciones y Jesús, el Kailásh hogar de Sivá, el Shangri-La oculto en el Tíbet para Hilton, etc. La montaña era el espacio de iluminación espiritual, la atracción de lo inalcanzable o el hogar de los dioses y bestias legendarias. Siguiendo la triada histórica del genial napolitano Giambattista Vico (1978: 250-280), esa fascinación religiosa que despertaban las montañas coincidiría con su llamada edad de los dioses y su conocimiento sólo podía ser objeto de revelación para algunos elegidos, prohibido para el hombre común (Vico, 1978: 250-253).

A la edad de los dioses, le sigue en la filosofía histórica de Vico la edad de los héroes. El conocimiento ya no será el misterio revelado, sino la verdad conquistada. El hombre que supera su debilidad para alzarse victorioso sobre sus semejantes y tomar lo inasequible, porque las grandes hazañas y lo fuera de lo común son la esencia de la heroicidad (Vico, 1978: 272-274). Esta edad viquiana la podemos vislumbrar en la valentía y memoria de los primeros grandes exploradores: Herzog y Lachenal, Buhl, Tenzing y Hillary, Lacedelli y

Compagnoni, etc, (Muñoz Gutiérrez, 2011: 64). En la cumbre se alza el explorador, vencedor de la fatiga y el miedo. La lucha contra las propias limitaciones, contra los obstáculos y dificultades, que constituye la esencia de la práctica deportiva, se revela excelente en la montaña; pero, a diferencia del ideal caballeresco "ser el mejor entre iguales" (Anzalone & Sánchez Hidalgo, 2016: 17), aquí en las alturas la victoria es elevarse sobre sí mismo, superarse y coronar lo inalcanzable: el heroísmo. Así como Píndaro cantaba a los atletas victoriosos, Rilke o Nietzsche cantan a estos héroes con elegías cargadas de poesía (Pérez de Tudela, 2008: 169).

Cuando mueren los dioses y los héroes se olvidan, deviene la edad de los hombres y su vulgaridad, ahora el hombre medio profana los espacios prohibidos y ridiculiza farsariamente las hazañas heroicas (Vico, 1978: 279). La montaña ha dejado de ser el espacio sagrado o la aventura de lo desconocido y, en cambio, se nos aparece como un espacio de ocio y recreo. El hombre común ha tomado la montaña, porque sus laderas, colinas y hondonadas son espacios perfectos para la escalada amateur, el esquí, el parapente, puenting, rafting y otros deportes de "aventura". Si la montaña se ha convertido en un espacio de convivencia social apto para todos, es el momento de que este espacio sea sometido al derecho humano, entendido vulgarmente como el conjunto de reglas que ordenan este convivir.

La revelación o la voluntad triunfante no serán más las fuentes de la justicia de las alturas, en adelante la razón geométrica del hombre común está llamada a domeñar los entresijos y recovecos de las sierras. Sirviéndonos de la teoría de Schmitt (Medina Morales, 1996: 333-336), los primeros exploradores realizaron el acto jurídicamente originario de la toma de la tierra (*nemein*); corresponde ahora a los hombres ultimar la construcción jurídica, mediante el reparto (*teilen*) y la explotación (*weiden*). Ha llegado el momento para un Derecho de la Montaña (Pérez de Tudela, 2005: 81-126).

¿Cómo ha de construirse este Derecho? Es la pregunta que intentaré responder con esta comunicación. En este sentido, comenzaremos por analizar los diversos tipos de normas jurídicas y la necesidad de ir llenándolas de contenido con la realidad fáctica de las diferentes prácticas deportivas de aventura. Esto constituirá la dimensión formal del llamado Derecho de la Montaña. Seguidamente, abordaremos la dimensión axiológica o material de las actividades de montaña, es decir, el conjunto de valores o bienes éticos implicados en este tipo de prácticas humanas y cuáles son los peligros que los amenazan. Finalmente, Deberá responderse a la pregunta que, seguramente, se harán en soledad algunos nostálgicos del alpinismo heroico: ¿es el derecho una amenaza para la auténtica vida de la montaña? ¿Debe la montaña resistirse a la acción uniformizante del derecho humano? ¿Existe verdadera aventura dentro de las lindes que dibujan las normas?

2. Las diversas clases de normas jurídicas y el Derecho de montaña.

Afortunadamente, hace décadas que la ciencia jurídica ha dado cuenta del error del monismo normativo de la escuela positivista y su concepción homogénea de norma jurídica (Hart, 1968). La meditada obra del profesor Robles (última ed. 2015) *Teoría del Derecho. Fundamentos de Teoría Comunicacional del Derecho*, en su volumen I divide las diferentes clases de normas jurídicas en dos grandes tipos: normas directas de la acción y normas indirectas de la acción.

Las normas directas de la acción son aquellas que están referidas propiamente a la acción, la crean jurídicamente hablando – también podríamos decir que la generan convencionalmente –, estableciendo su procedimiento de realización, la carga deóntica propia de la acción y los poderes que asisten a los actores. De este modo, distingue Robles entre normas procedimentales, deónticas y potestativas

Las normas indirectas de la acción establecen las condiciones necesarias para la existencia de la acción en el mundo del derecho (Robles, 2015: 219). Robles, también las denomina normas ónticas, porque se dirigen a regular la existencia, el ser (*ontos*) de la acción (Robles, 2015: 221), como son: las referidas a los sujetos, al tiempo, espacio y al sistema de fuentes (Robles, 2015: 219-220).

De acuerdo con este esquema formal dibujado por Robles lo primero que deberá realizarse es una categorización de las diferentes actividades que serán objeto de atención por parte de este Derecho y, seguidamente, sus propiedades y condiciones de existencia.

2.1. Las diversas actividades del Derecho de Montaña.

En este primer momento, es necesario delimitar el conjunto de actividades que deben ser objeto de atención jurídica. Delimitar debe entenderse en el sentido de tipificar y asignar un nombre a un conjunto heterogéneo de acciones, lo que en gran medida viene dado de antemano por la práctica deportiva. La norma no se inventa *ex nihilo* este conjunto de actividades, sino que categoriza jurídicamente una actividad, que ya se encontraba dibujada por su reglamentación deportiva. Más precisamente, podemos afirmar que la práctica social preexiste a la norma, de modo que ésta no hace sino recrear jurídicamente aquella (Pérez Luño, 2004: 42).

Un catálogo enunciativo de este tipo de actividades, a título de ejemplo, se puede encontrar en la Ley 5/2016 de 19 de julio del Deporte de Andalucía, que en su Anexo I se recoge como “deportes de riesgo”: los deportes de invierno; espeleología; alpinismo; escalada en roca; escalada en hielo; recorridos por barrancos, cañones y desfiladeros; raquetas de nieve; esquí de travesía; y piragüismo en sus modalidades de aguas bravas y rafting. La legislación andaluza las unifica en razón de su peligrosidad, nuestro criterio para un Derecho de la Montaña debería ser, en cambio, el espacio en el que este conjunto de acciones tienen lugar. El *logos* de su juridicidad, el principio de ordenación, será que este tipo de actividades tienen lugar en el marco geográfico de la montaña. No obstante, la peligrosidad o el riesgo inherente a su práctica será una cualidad no indiferente al efecto de su categorización normativa; pero será siempre una cualidad de la actividad y no la condición para la misma.

Si se quiere utilizar un concepto amplio de acción objeto de este Derecho, podríamos afirmar que se trata de toda actividad deportiva que tenga lugar en la montaña. Claro que una definición tan genérica, necesita definir jurídicamente qué debe entenderse por “actividad deportiva” y por “montaña”. Una vez más, estas respuestas vienen ya dadas al legislador, pues, en el primer supuesto, las instituciones oficiales y la doctrina han establecido reiteradamente qué es una actividad deportiva; y, en el segundo supuesto, la geografía (*natura rerum*) se impone al genio legislativo, que sólo mediante ficciones podrá salvar esta imposición (Henkel, 1968: 486). De modo enunciativo, se puede entender por actividad deportiva, de acuerdo con el Consejo Internacional para la Educación Física y el Deporte: “toda actividad física con carácter de juego que adopte la forma de lucha consigo mismo o con los demás o constituya una confrontación con los elementos naturales” (Gamero Casado, 2012: 57).

2.2. Normas, procedimientos, conductas y poderes.

Trasladando esta reflexión a nuestro esquema, el Derecho de la Montaña no sólo deberá señalar mediante normas procedimentales las diferentes actividades pertenecientes a su ámbito de aplicación, sino también las conductas pertinentes en cada tipo de actividad. Las normas han de señalar cuáles son los deberes de actuar, es decir, establecer el conjunto de normas deónticas que permitan dotar de sentido jurídico a ese grupo de

actividades que integran el derecho montañés. ¿Cómo determinar la conducta exigible? Estas preguntas exceden del ámbito formal en el que nos hallamos y exigen acudir al terreno de la ética material de los valores.

Toda vez, que se ha decidido acerca de cuáles son los deberes de conducta exigibles en este tipo de prácticas, llega la ocasión de establecer el conjunto de atributos, facultades o poderes que hagan posible el cumplimiento del deber. Esta es la función que cumplen las normas potestativas.

En gran medida el Derecho de la Montaña ya aparecerá perfilado en la práctica, lo que el legislador debe hacer es aprender del lenguaje de la experiencia y descubrir la regla jurídica (Vallet de Goytisolo, 2002: 25-28). Es más, la misma observación de la realidad mostrará aquellos puntos oscuros o interrogantes, que merecen una respuesta impositiva en forma de norma. Nos encontramos ante la eterna tensión entre la lógica iusprivatista e iuspublicista, porque habrá aspectos de la vivencia social de la montaña resueltos suficientemente por la iniciativa de los particulares y otros que necesitan del imperio del Estado (u otra organización intersubjetiva) para su ordenación (Anzalone, 2017: 57); pero ésta es la naturaleza del Derecho del Deporte: un derecho anfibio, ya que se mueve por igual en el campo del derecho privado o en los dominios del derecho público (Medina Morales, 2017: 36).

2.3. Vertebración óntica del Derecho de la Montaña.

Establecidas la congenie de actividades que serán objeto de atención para el Derecho de la Montaña, señalados el conjunto de deberes de conducta inherente a cada una de estas actividades y otorgados los poderes y facultades que asisten a los sujetos de este derecho de las alturas; aún es necesario individualizar el conjunto de circunstancias o condiciones que permitirán la vertebración jurídica de estas actividades, esto es, las llamadas normas ónticas encargadas de definir los sujetos de la acción, las circunstancias espacio-temporales y el sistema de fuentes normativas.

Las normas ónticas de naturaleza subjetiva determinarán quiénes merecen la consideración de sujetos jurídicos a efectos de este Derecho de la Montaña, que no tienen por qué ser sólo personas físicas, también, se pueden incluir como sujetos a las personas jurídicas, menores de edad, incapacitados, asociaciones voluntarias, etc. En pocas palabras, lo que hacen esta clase de normas es señalar quiénes son sujetos pasivos de este Derecho y qué condiciones han de reunir para serlo.

Las normas ónticas espacio-temporales establecen, como revela su denominación, el tiempo y espacio en el que tiene lugar la acción jurídica, más allá de estas condiciones espacio-temporales no existe acción. Siendo así, la reglamentación de cada tipo de actividad deberá señalar la exigencia de unas mínimas condiciones del terreno para su práctica, el terreno en el que se permite la práctica y las zonas excluidas, el tiempo de duración, etc. Debe señalarse, especialmente en este ámbito, que aquello que ocurre fuera de estas coordenadas escapa de la regulación del derecho deportivo y exigirá una respuesta conforme al derecho común (Medina Morales, 2016: 451).

En último lugar, las normas ónticas encargadas de señalar el sistema de fuentes normativas, que se ocupan de una determinada acción. Se trata de normas que recuerdan cuál es el contexto normativo en el que se inserta una determinada actividad. El derecho de la montaña debería contribuir, exigencia imperiosa, a clarificar el conjunto de normas y directivas referidas a todas las actividades deportivas de montaña. En este sentido, encontraremos normas federativas (regionales, nacionales e internacionales), normas municipales, autonómicas, estatales, comunitarias.

> El establecimiento de este conjunto de reglas ónticas sobre los sujetos, las condiciones espacio-temporales y el sistema normativo, no han de ser observadas meramente como convenciones técnico-formales. Estas normas responden – en mayor o menor medida – a juicios de valor acerca de la buena práctica deportiva, porque el establecimiento de unos criterios u otros contribuye con mayor o menor fortuna a garantizarla. Es decir, incluso estas normas de naturaleza formal, responden al impulso ético de ordenar la convivencia bajo unas condiciones mínima de previsibilidad, seguridad y justicia (Robles, 2009: 25-48).

3. Razón y voluntad: Derecho y montaña.

Escrito para la eternidad nos lego Aristóteles (1970: 2-3): "el hombre es por naturaleza un animal social" y aquél "que no puede vivir en sociedad, o no necesita nada por su propia suficiencia, no es miembro de la ciudad, sino una bestia o un dios". No obstante, la racionalidad abrumadora de esta afirmación contrasta con el impulso, irracional e individualista, de obtener una experiencia absolutamente íntima; encontrar una revelación, una vivencia que nos eleve y distinga del resto de nuestros congéneres; o, simplemente, una pulsión huidiza y evasiva consecuencia del "estar ahí" con los demás. Aún cuando, la montaña en la literatura ha sido ese lugar de evasión, lo cierto es que la sociedad nunca abandonará al hombre y, hasta en los casos más límites, la comunidad está presente en la forma de lenguaje, de conciencia ética, de normas aprehendidas, del recuerdo que nos empuja a huir o la imagen del retorno soñado.

Ahora bien, sea la soledad iluminadora o la ética del sufrimiento, debemos reconocer que la experiencia vital de la montaña se nos ofrece literariamente como la antítesis de la vida en ciudad, por ello, no debe extrañarnos que el Derecho (una realidad propiamente ciudadana) sea visto como una amenaza para la experiencia auténtica e incomunicable de los paisajes de monte.

Precisamente, esta visión de la montaña enfrentada a la vida en ciudad (podríamos decir esta tensión entre soledad y comunidad, entre dificultad y comodidad) es la que durante décadas ha estado detrás de la doctrina de la libre asunción del riesgo, con la clara intención de mantener el Derecho al margen de las actividades de montaña. La montaña es un terreno indómito, abrupto, no apto para el hombre común; en virtud de esta peligrosidad, quien se adentra en él asume la posibilidad del accidente y la previsión del daño (Romeral Hernández, J., 2016). Nada tiene el Derecho que ofrecer aquí, la montaña es un espacio de aventura.

En la misma definición de la palabra "aventura"[129] se encuentran los sustantivos "incierto" y "riesgo", aunque sé que no es el momento de perderse en reflexiones etimológicas; no obstante, qué hay de incierto en el camino explorado y en la cumbre coronada. Las montañas del planeta ya han sido dominadas por la voluntad humana, nada en ellas queda de "incierto"; sólo permanece el "riesgo" de andar tras las huellas de los grandes aventureros. Pensaba Marx que la historia se repite primero como tragedia y, después, como farsa (Marx, 2003: 10). No muy diferente es lo que ocurre ahora con los quijotes de las actividades de montaña. Éstos, en su deseo de emular las narraciones y crónicas que han hecho volar su imaginación, corren hacia las colinas en busca de una experiencia que transforme su confortable existencia; pero no siempre son conscientes de los riesgos que les aguardan.

Ahora es la ciudad y sus gentes las que toman la montaña para ocio y esparcimiento, como si de un oasis de endorfinas y adrenalina se tratase. En consecuencia, la idea de un espacio indómito e incivilizado, un cultivo para la aventura, ya no se sostiene y exige una nueva forma de aproximación ética y jurídica para enriquecer su experiencia. Esto se consigue de la mejor

[129] http://dle.rae.es/?id=4YIaSvd (11/01/2018)

manera mediante el Derecho. La racionalidad de las normas se impone al imperio de la voluntad y a la imprevisibilidad de la aventura. Las normas jurídicas dibujarán una imagen de la montaña similar a las naturalezas muertas que cuelgan en las paredes de los museos.

A partir de ahora debemos ser razonables, es decir, tendremos el orden que nos dan las normas (Bobbio, 1960: 69). El Derecho de la Montaña habrá de tomar posición acerca de los diferentes sujetos que han tomado dominio de las colinas y atribuirles un régimen de responsabilidad propio. El Derecho debe establecer los cauces y linderos de las actividades deportivas de montaña, para que la peligrosidad inherente a las mismas sea, en la medida de lo posible, previsible y racionalizada (Diez Picazo, 1973: 168).

4. Valores éticos y bienes jurídico: "datos previos" a la norma.

El jurista ha de ser prudente, consciente de la dimensión histórica en la que le ha tocado vivir y vislumbrar razonablemente los bienes o valores que subyacen en la convivencia humana (Henkel, 1968: 404).

¿Cómo identificar estos bienes o valores en el contexto que nos ocupa? Mi posición al respecto es tomada de la de Henkel (1968: 401), esta es, hay que rechazar tanto el objetivismo como el subjetivismo; en cambio debe asumirse una posición histórica y relacional.

Cuando afirmamos que los valores (o bienes) son una realidad relacional, se quiere decir que éstos son el resultado de un particular acto de valoración subjetiva, en relación a un objeto concreto, en una situación determinada, dentro de un contexto social y culturalmente variable en el tiempo y el espacio (Henkel, 1968: 404-409). Valorar significa tomar posición o decidir, respecto a una determinada situación conflictiva, en función de las circunstancias objetivas y los fines que se pretenden alcanzar, si son o no lícitos, su aceptación o repulsa social. Lógicamente la decisión, el juicio de valor, será diferente en cada tipo de sujeto, aunque la situación sea idéntica. No es la misma posición la del Legislador, el juez, el deportista, el árbitro, el presidente federativo, etc. La razón de estas diferencias, será que su experiencia y vivencia de la situación es diferente, por lo que los valores en liza serán también diversos; pero, no por ello, enfrentados.

El buen jurista (teórico o práctico) habrá de identificar los distintos valores presentes y gracias a ellos llenar de contenido las diferentes clases de normas jurídicas o su interpretación. El contenido valorativo deviene, de este modo, en un "dato previo" a la norma, que ha de ser tenido en cuenta a efectos de su elaboración por parte de la autoridad competente, o bien, como criterio axiológico desde el que construir la interpretación de las normas (Henkel, 1968: 419). Toda vez, que estos valores se incorporan al texto o espíritu de las normas jurídicas, van adquiriendo la condición de bienes jurídicos: un valor positivo y no meramente espiritual (Henkel, 1968: 418). A este alumbramiento de los bienes jurídicos, todos los juristas están igualmente llamados; pero sólo serán determinadas autoridades las encargadas de consagrarlos.

Referencias bibliográficas

- Albert Márquez, J., (2017), "las reglas del derecho y las reglas de los juegos. Del análisis del lenguaje de los juristas a la Teoría Comunicacional del Derecho en la obra de Gregorio Robles, Medina Morales, D., *La Teoría Comunicacional del Derecho a examen*, Civitas-Thomson Reuters, Pamplona.
- Anzalone, A., (2017), "El fenómeno deportivo entre ética, política y economía", Jiménez Soto, I, Pérez Serrabona González, F., *Los retos del deporte profesional y profesionalizado en la sociedad actual*, Reus, Madrid.

- Anzalone, A, Sánchez Hidalgo, A., (2016), "La *areté* agonal desde la visión viquiana de la historia", *Ingenium. Revista de Pensamiento Moderno y Metodología en Historia de las Ideas*, n. 10.
- Aristóteles., (1970), *Política*, Instituto de Estudios Políticos de Madrid, Madrid.
- Bobbio, N., (1960), *Teoría dell' Ordinamento Giuridico*, Giappichelli, Torino.
- Carnelutti, F., (1948), *El arte del Derecho*, Ediciones Jurídicas Europa-América, Buenos Aires.
- Diez Picazo, L., (1973), *Experiencias jurídicas y Teoría del Derecho*, Ariel, Barcelona.
- Gamero Casado, E., (2012), *Fundamentos de derecho deportivo,* Tecnos, Madrid.
- Hart, H. L. A., (1968), *El concepto del Derecho,* Abeledo Perrot, Buenos Aires.
- Henkel, H., (1968), *Introducción a la Filosofía del Derecho*, Taurus, Madrid.
- Jiménez Soto, I., (2015), *La configuración jurídica del deporte en el medio natural,* Reus, Madrid.
- Kaufmann, A., (2000), *Derecho, moral e historicidad*, Marcial Pons, Barcelona.
- Marx, K., (2003), *El dieciocho brumario de Luis Bonaporte,* Fundación Federico Engels, Madrid.
- Medina Morales, D., (1996), "El pensamiento ordinalista de Schmitt y el origen de la propiedad", *Estudios sobre Carl Schmitt*, Fundación Cánovas del Castillo, Madrid.
- Medina Morales, D., (2016), "Ética, ética moderna y ética deportiva", *Revista Aranzadi de Derecho del Deporte y entretenimiento,* n. 51.
- Medina Morales, D., (2017), "El deporte en la sociedad actual. Reflexiones en cuanto a su ubicación y perspectivas", Jiménez Soto, I, Pérez Serrabona González, F., *Los retos del deporte profesional y profesionalizado en la sociedad actual*, Reus, Madrid.
- Muñoz Gutiérrez, C., (2011), *Paso a paso. Razones para subir montañas,* Eutelequia, Madrid.
- Nietzsche, F., (1965), *Obras Completas*, III, *Así habló Zaratustra*, Aguilar, Mexico-Buenos Aires.
- Nietzsche, F., (1967), *Obras Completas*, IV, *La voluntad de poder*, Aguilar, Mexico-Buenos Aires.
- Pérez de Tudela y Pérez, C., (2011), "Al encuentro con la tierra", *Anales de la Real Academia de Doctores de España*, Vol. 15, n. 1.
- Pérez de Tudela y Pérez, C., (2008), "El alpinismo, las montañas y la filosofía trascendente", *Anales de la Real Academia de Doctores de España*, Vol. 12.
- Pérez de Tudela y Pérez, C., (2005), "Derecho de la Montaña", *Anales de la Real Academia de Doctores de España*, Vol. 9.
- Pérez de Tudela y Pérez, C., (2004), "Las montañas son camino de la reflexión", *Anales de la Real Academia de Doctores de España*, Vol. 8.
- Pérez Luño, A. E., (2004), *Teoría del Derecho. Una concepción de la experiencia jurídica,* Tecnos, Madrid.
- Robles Morchón, G (2009)., *La justicia en los juegos. Dos ensayos de teoría comunicacional del derecho,* Minima Trotta, Madrid.
- Robles Morchón, G., (2015), *Teoría del Derecho. Fundamentos de Teoría Comunicacional del Derecho*, Vol. I, Civitas-Thomson Reuters, Pamplona.
- Romeral Hernández, J., (2016), "Seguridad y salud laboral en el deporte profesional", *revista Aranzadi de derecho del deporte y entretenimiento*, n. 52.
- Vico, G., (1978), *Ciencia Nueva,* Fondo de Cultura Económica, México.
- Vallet de Goytisolo, J., (2002), "Las instituciones jurídicas: definición, análisis, tipificación, clasificaciones y funciones", *Anuario de Derecho Civil*, Vol. 55, n. 1.

CO-CREACIÓN DE VALOR ONLINE EN EL ECOTURISMO DE MONTAÑA

LAURA HERNÁNDEZ LÓPEZ ; SALVADOR DEL BARRIO GARCÍA
laurahlz@gmail.com, dbarrio@ugr.es
Universidad de Granada; Universidad de Granada

RESUMEN

El presente estudio pretende dar a conocer la importancia de la co-creación de valor en entornos virtuales de ecoturismo de montaña. El trabajo se centra en el análisis del ecoturismo, sus tipologías y principales motivaciones, deseos e intereses de los ecoturistas, prestando especial atención al ecoturismo de montaña.

Asimismo, se plantea un modelo teórico de los factores que afectan a la co-creación de valor en entornos virtuales de ecoturismo de montaña.

Este trabajo también profundiza sobre los retos tecnológicos a los que se enfrenta el sector de ecoturismo donde los ecoturistas de montaña se consideran clientes capacitados que están dispuestos a co-crear compartiendo sus experiencias, conocimientos, recursos y habilidades. Finalmente, para tratar de responder a la cuestión sobre ¿cómo se co-crea valor en entornos virtuales de ecoturismo de montaña? se analizan diversos casos prácticos de co-creación de valor y se resaltan los componentes que influyen en este proceso.

Palabras clave Co-creación de valor, ecoturismo de montaña, entornos virtuales, tipología del ecoturista, motivación, participación, consecuentes

ABSTRACT

The present study intends to make known the importance of the value co-creation in virtual environments of mountain ecotourism. The work focuses on the analysis of ecotourism, their typology and main motivations, desires and interests of ecotourists, paying special attention to mountain ecotourism.

Likewise, a theoretical model of the factors that affect the value co-creation in virtual environments of mountain ecotourism is proposed.

This work also delves into the technological challenges facing the ecotourism sector where mountain ecotourists consider themselves trained clients who are willing to co-create by sharing their experiences, knowledge, resources and skills. Finally, to try to answer the question about how to co-create value in virtual environments of mountain ecotourism? several practical cases of co-creation of value are analyzed and the components that influence this process are highlighted.

Keywords: *Value co-creation, mountain ecotourism, virtual environments, ecotourism typology, motivation, participation, consequents*

1. Introducción

El sector del ecoturismo está siendo cada vez más valorado por organizaciones, instituciones, gobiernos y empresas, debido a sus principios en pro del medio ambiente, la mejora del bienestar social, cultural y económico de las áreas protegidas (TIES, 2015). Para

Orams (1995) el hombre es tan "natural" como cualquier elemento del paisaje o ambiente natural, incluyendo su comportamiento, de ahí que cuesta pensar que los seres humanos no se comporten de manera “no ecoturística”. Sin caer en este paradigma ideológico extremo, partimos de la idea de que el ecoturismo se enfoca al grado de responsabilidad del ser humano hacia la naturaleza (Cheia, 2001).

Por ecoturismo se entiende *“una actividad donde las autoridades, la industria turística, los turistas y la población local cooperan para que los turistas puedan viajar a zonas auténticas para admirar, estudiar y disfrutar de la naturaleza y la cultura de una manera que no explote el recurso, pero que contribuye al desarrollo sostenible”* (Bjork, 2000). Más recientemente, la Sociedad Internacional de Ecoturismo (TIES) describe al ecoturismo como *“viajes responsables a áreas naturales que conservan el medioambiente, sustentan el bienestar de la población local e implican la interpretación y la educación de sus actores”* (TIES, 2015).

En este sentido, el ecoturismo ha ido ganando fuerza en los últimos años y una muestra de ello es que la ONU reconoció como Año Internacional del Ecoturismo y de las Montañas el 2002 y más recientemente, ha nombrado el 2017 como el Año Internacional del Turismo Sostenible. Los postulados en los que se basan estas decisiones son que *“es un instrumento positivo para erradicar la pobreza, proteger el medio ambiente, mejorar la calidad de vida y empoderar económicamente a las mujeres y los jóvenes, así como su contribución a las tres dimensiones del desarrollo sostenible, especialmente en los países en desarrollo”* (ONU, 2015).

La contribución del ecoturismo o turismo sostenible en estas economías emergentes es indudable, habiendo pasado su cuota de mercado turístico del 30% en el año 1980 al 45% en el 2016, estando previsto que alcance el 57% en el 2030 (OMT, 2017). Según la *Adventure Travel Trade Association* (ATTA) el ecoturismo tiene ya el nivel más alto de demanda de consumidores para las actividades de viaje, seguido de actividades culturales, ambientalmente sostenibles y senderismo (ATTA, 2017).

En este trabajo centraremos nuestra atención en el ecoturismo de montaña, y definiremos a los ecoturistas de este tipo de turismo, en la línea propuesta por Sarkar et al. (2013), como *“aquellos que viajan con la motivación principal de ver, disfrutar y experimentar la naturaleza en un área natural relativamente intacta e incontaminada como son las montañas”*.

Una de las claves para fortalecer las ventajas competitivas del sector de ecoturismo en las montañas está asociada a la innovación, la calidad de los servicios y al uso eficiente de los recursos tecnológicos que hagan posible una interacción continua entre las empresas y los ecoturistas (SECTUR, 2013). Para tal fin, adquiere gran relevancia el concepto de co-creación de valor (CCV) donde los consumidores aportan conocimientos y destrezas, tienen la disposición de experimentar y aprender, y la capacidad de entablar un diálogo activo (Prahalad & Ramaswamy, 2000). Ramaswamy & Ozcan (2013) manifiestan que *“la co-creación ha llegado y es el futuro de la estrategia y la innovación”*.

Los turistas pueden considerarse viajeros experimentados e informados que participan activamente en el desarrollo del producto y en la co-creación de experiencias turísticas (Arroyo, 2011). Asimismo, el turismo es un ejemplo ideal de procesos de co-creación de valor en el consumo hedónico (Prebensen et al., 2013). Pero hoy en día, el sector del ecoturismo de montaña se enfrenta a grandes desafíos vinculados a las formas en las que debe interactuar con el consumidor, el uso que debe de hacer de las TICs y la sincronización de diferentes actores claves en su éxito (desarrollos ecoturísticos, operadores de ecoturismo en las montañas, gobierno, instituciones, etc.)

El presente trabajo se enfoca en la relevancia de ecoturismo de montaña y la necesidad de indagar la convergencia con la co-creación de valor virtual, planteando a nivel teórico un modelo de formación de la co-creación de valor en el ecoturismo en las montañas que es un primer paso para que futuras investigaciones lo valoren a nivel empírico. Asimismo, otra contribución de nuestro trabajo es examinar diversos casos prácticos de éxito en la co-creación de valor online en el sector al objeto de que sirvan de referencia para futuros gestores de montañas.

2. Importancia del ecoturismo de montaña en la actualidad

Desde sus inicios, como actividad en áreas naturales, el ecoturismo tiene un enfoque comunitario que reconoce la necesidad de promover tanto la calidad de vida de las personas como la conservación de los recursos naturales (Scheyvens, 1999). Para determinar la importancia del ecoturismo en las montañas debemos evaluar tanto sus atributos positivos como los negativos. En este sentido, Valentine (1993) expresa que el ecoturismo es un gran negocio el cual puede proporcionar divisas y recompensas económicas para la preservación de los sistemas naturales y la vida silvestre; pero a la vez, el ecoturismo también amenaza con destruir los recursos de los que depende.

Diversos autores han estudiado la importancia, la sostenibilidad y la rentabilidad del ecoturismo en áreas de montaña (Fredman, 2008; Geneletti & Dawa, 2009; Matarredona & Ivars, 1995; Nepal, 2002; Nepal & Chipeniuk, 2005; Scott, 2005). De acuerdo con Nepal (2002) el ecoturismo en las montañas ofrece grandes oportunidades, siempre y cuando se adopten planes y políticas para eludir los peligros ecológicos y sociales, siendo necesarios un uso razonable de los recursos turísticos naturales, una planificación adecuada, una conciencia local, unas dinámicas instituciones y políticas locales y una visión de la sostenibilidad a largo plazo de los proyectos ecoturísticos (Nepal, 2002).

Krüger (2005) también señala que los proyectos exitosos de ecoturismo pueden ser víctimas de su propio éxito si el número de turistas no se controla estrictamente o no se aplican cuotas, o si no se implica en los mismos a las propias comunidades locales. Otros autores temen que a este paso el desarrollo local y económico ocasione efectos negativos como la *desculturalización*, la pérdida de identidad o la distorsión en la estructura de la comunidad (Velázquez-Sánchez et al., 2014).

Asimismo, es preciso asegurar que los valores y principios inherentes al ecoturismo se incorporen a sus productos y actividades, lo cual constituye un reto para los gestores de marketing que desean aprovechar el interés del consumidor por el ecoturismo (Wight, 1993). El ecoturismo en las montañas no debe considerarse una actividad masiva, sino que requiere de una gestión y control de sus activos físicos, donde se protejan las áreas naturales y la identidad cultural de las poblaciones.

En las últimas décadas se ha producido una progresiva revalorización de los espacios naturales, que sumada a la visión multifuncional de la sensibilidad ecológica, ha provocado que muchas zonas de montaña hayan apostado por reorientar su economía hacia actividades ecoturísticas (Basora et al., 2010). Diversas comunidades locales han emprendido proyectos ecoturísticos para dar a conocer sus atractivos y prácticas culturales, pero aún requieren de capacitación y fortalecimiento para que esa riqueza pueda ser aprovechada de forma sostenible (Báez & Acuña, 2003).

El gran reto al que se enfrenta el ecoturismo en las montañas es la conservación del entorno local sin alterar el equilibrio del medio ambiente y evitando daños a la naturaleza, al mismo tiempo que genere un impacto positivo en la comunidad creando una economía sostenible basada en el cuidado del medio ambiente y en la mejora de la calidad de vida de la sociedad

a través de la generación de ingresos y el impulso de fuentes de empleo (Villavicencio & Vélez, 2016).

En la tabla 1, se exponen algunas de las ventajas y desventajas del ecoturismo en las montañas en cuanto al entorno natural, social, económico y cultural.

Tabla 1:
Ventajas y desventajas del ecoturismo de montaña

Ventajas	Desventajas
Genera divisas e ingresos para las comunidades locales próximas. Promueve la protección de la biodiversidad. Tiene efectos multiplicadores en la generación empleos directos e indirectos en la zona de influencia. Permite el establecimiento de negocios locales dirigidos a proporcionar suministros de artesanías, recuerdos, práctica de esquí, gastronomía, entre otros. Se cuenta con oportunidades para el desarrollo del eco-emprendimiento local. Crea la posibilidad de colocar productos y servicios producidos localmente. Exige la capacitación del personal en diversas actividades ecoturísticas, además de regular y certificar a los operadores locales siguiendo los procedimientos para la protección del medio ambiente.	Puede alterar la cultura y el estilo de vida de las poblaciones locales próximas. Puede conducir a la erosión del suelo cuando desarrollan nuevas rutas de senderismo. Las operaciones ecoturísticas pueden contaminar el medio ambiente local. El ecoturismo puede conducir a la deforestación de la montaña. La deforestación destinada a ampliar la infraestructura local y los alojamientos hoteleros debe ser evaluada adecuadamente. El control extranjero de las operaciones de ecoturismo puede limitar el impacto económico local de las operaciones de ecoturismo. Esto puede conducir a la fuga de divisas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Gouvea (2004)

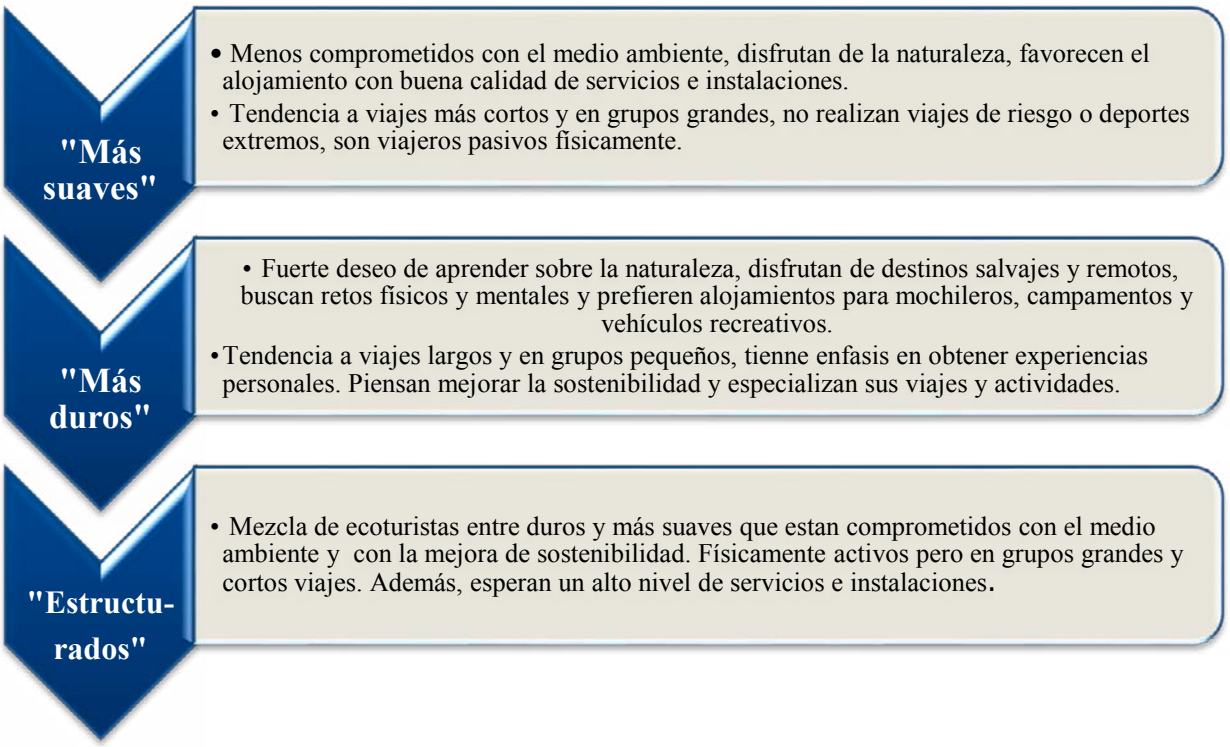
3. Motivaciones y tipos de ecoturistas de montaña

Es evidente que los turistas han experimentado cambios en sus actitudes, motivaciones y percepciones con respecto a los tipos de turismo relacionados con la naturaleza y el medioambiente. Diversos autores coinciden en que los ecoturistas de montaña son más respetuosos con el medio ambiente y están más interesados en aprender sobre el entorno natural, cultural y social de los destinos (Dolnicar et al., 2008; Tao et al., 2004; Weaver & Lawton, 2002), lo que significa que este segmento de consumidores busca activamente productos o servicios que se perciban ecológicamente más sostenibles y que puedan satisfacer sus necesidades más que el coste de los mismos.

Weaver & Lawton (2002), en su estudio de *ecolodges* en Australia, encontraron que las principales motivaciones de los ecoturistas son el experimentar la paz y tranquilidad, el autodescubrimiento y la observación de la vida silvestre en su hábitat natural. Mientras tanto, Chan & Baum (2007) en sus hallazgos revelan que los ecoturistas son atraídos principalmente por los atributos del destino, sean estas atracciones naturales, vida silvestre, estilo de vida local y actividades ecológicas. Por otra parte, Báez & Acuña (2003) encontraron que el ecoturista está interesado en tener contacto directo con la naturaleza, busca un intercambio cultural, está dispuesto a aprender, es siempre activo y dinámico. Entre otras características encontraron que el ecoturista generalmente está bien educado y tiene conocimiento previo sobre el destino y las posibles actividades a realizar. Además, prefiere el contacto directo con las personas y un servicio personalizado.

Siguiendo a Weaver & Lawton (2002) podemos clasificar a los ecoturistas en tres grandes grupos, (véase figura 1): (1) los más suaves, menos comprometidos con cuestiones del medio ambiente, (2) los más duros, muy comprometidos con la sostenibilidad ambiental, (3) los estructurados, mezcla de ecoturistas duros y más suaves.

FIGURA 1
Clusters de ecoturistas



Fuente: Elaboración propia a partir de Weaver & Lawton (2002)

4. Propuesta de un modelo teórico de co-creación virtual en ecoturismo

Desde una perspectiva tradicional, los gerentes son considerados los únicos que pueden asignar los recursos para el funcionamiento de las empresas, siendo el precio de un producto o servicio la medida de valor a la que debían reducirse todos los intercambios económicos (Singaraju et al., 2016). Sin embargo, esta perspectiva tradicionalista ha sido cuestionada por nuevos modelos que integran a la empresa, a los clientes y a otros *stakeholders* como abastecedores de diversos recursos y generadores de valor (Zwass, 2010).

En la literatura de marketing y en la discusión de la lógica de servicio dominante (S-D Logic) el término co-creación de valor se ha utilizado de forma consistente (Altinay et al., 2016; Grönroos, 2008; Gummesson & Mele, 2010; Prahalad & Ramaswamy, 2004a; Ramaswamy & Ozcan, 2013; Vargo & Lusch, 2011; Zwass, 2010). La idea es dirigida hacia el consumidor y la empresa quienes están íntimamente involucrados en la creación conjunta de valor único para el consumidor individual y sostenible para la empresa (Prahalad & Ramaswamy, 2004b).

Hace un par de décadas, Gummesson (1996) introdujo el concepto de co-producción, un proceso que implica a clientes en la producción conjunta con la empresa de manera que la creación de valor se da mediante una interacción diádica. Siguiendo este pronunciamiento, Gronroos (2000) menciona que el valor es creado por el consumidor mediante interacciones entre el cliente y el proveedor. Al mismo tiempo, Prahalad & Ramaswamy (2000) introdujeron el término de co-creación de experiencias personalizadas haciendo hincapié en que los clientes quieren formarse sus experiencias ya sea con ellos mismos, de forma individual, con expertos u otros clientes.

Vargo & Lusch (2004) concluyeron que las empresa sólo pueden ofrecer propuestas de valor ya que los consumidores son participantes activos, determinan el valor y colaboran en la creación del mismo a través del proceso de coproducción. Consecuentemente, Cova & Salle (2008) tuvieron una perspectiva de redes, su definición no estaba únicamente basada en el consumidor sino destacaron que el proceso de co-creación de valor involucra tanto a actores de la red del cliente (negocio) como de la red de proveedores.

Una visión mucho más global es la de Randall et al. (2011) quienes concluyeron que la co-creación es un proceso evolutivo que ocurre no sólo entre la empresa y el cliente sino también entre la comunidad de clientes y *stakeholders*. En estudios más recientes, Agrawal & Rahman (2017) indican que la co-creación de valor conduce a la generación de experiencias que se transforman en conocimiento y aprendizaje del cliente, pero se necesita esencialmente la interacción, la participación de los diversos actores y la integración de recursos.

En la revisión de la literatura sobre estudios de co-creación de valor en el ámbito del turismo se han encontrado interesantes líneas de investigación, tales como el consumidor en la co-creación de experiencias turísticas en viajes, vacaciones y entretenimiento (Bharwani & Jauhari, 2013; Binkhorst, 2008; Piller & Gülpen, 2016; Prebensen & Foss, 2011; Sfandla, 2013); grado de co-creación hacia la satisfacción y lealtad de clientes de agencias de viaje (Grissemann & Stokburger-Sauer, 2012); antecedentes y consecuentes de la experiencia de valor (Prebensen, Woo, & Uysal, 2013); co-creación de experiencias de turismo potenciados por la tecnología (Neuhofer et al., 2014); interacción social entre turistas en el proceso de co-creación (customer to customer) (Harvey & Lorenzen, 2007; Rihova et al., 2015); o co-creación de valor en el comercio colaborativo en el turismo (Sigala, 2015).

Para Tussyadiah & Zach (2013) la co-creación en el turismo se interpreta como la integración de la creatividad e ideas de los turistas en el proceso de desarrollo e innovación de nuevos productos y servicios turísticos. Además, los turistas se convierten en productores, proveedores y vendedores de sus propios bienes de viaje negociando e intercambiando recursos (Sigala, 2015). Por tanto, el término co-creación de clientes denota un enfoque de innovación abierta donde los consumidores participan activamente en el diseño de nuevas ofertas (Piller & Gülpen, 2016).

Sin embargo, en el ámbito de ecoturismo existe escasa literatura acerca de la co-creación de valor a través de mecanismos o plataformas virtuales (Lu & Stepchenkova, 2012; Revilla et al., 2016; Sarkar et al., 2015; Sarkar et al., 2013; Talsma & Molenbroek, 2012), y más específicamente en ecoturismo de montaña no se ha encontrado ninguna evidencia empírica.

Este trabajo, aunque teórico, es el primero que aborda el mecanismo de co-creación de valor en ecoturismo de montañas, proponiendo un modelo teórico para examinar la co-creación de valor online del ecoturista en las montañas, incluyendo varios antecedentes como la motivación, la participación del ecoturista y otros consecuentes como la satisfacción con su rendimiento de co-creación y el *e-WOM* posterior a la experiencia de co-crear de los ecoturistas (WOMpe) (véase figura 2).

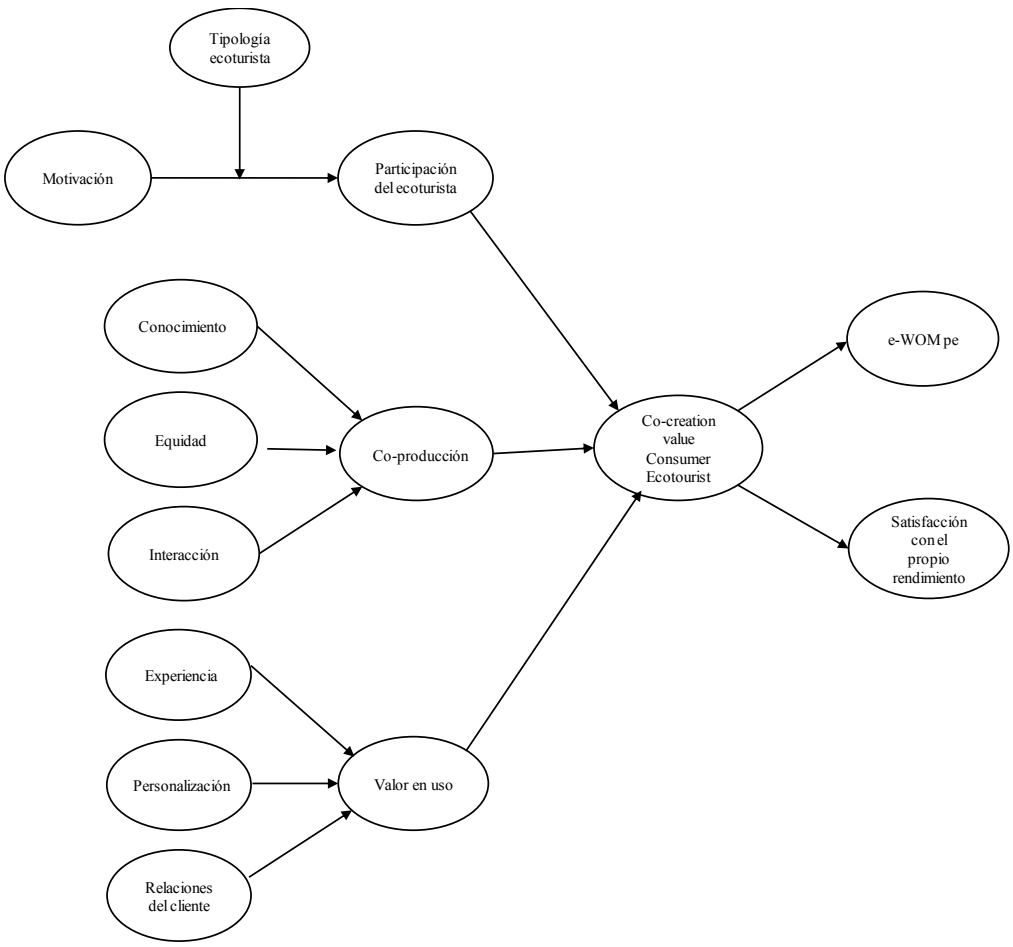
4.1. Antecedentes de la co-creación de valor del ecoturismo de montaña

Diversos autores coinciden en que la co-creación de valor virtual es una combinación de múltiples motivos intrínsecos y extrínsecos que impulsan a los usuarios a participar (Füller, 2010; Constantinides et al., 2015; Yadav et al., 2016).

Füller (2010) encontró que los consumidores motivados intrínsecamente tienden a preferir comportamientos orientados a la experiencia (curiosidad, autoeficacia, desarrollo de

habilidades, amistad, creatividad, disfrute, prestigio, aprendizaje y altruismo), mientras que aquellos impulsados por factores extrínsecos (recompensas monetarias, compensaciones financieras, premios, crecimiento profesional) tienden a favorecer comportamientos orientados hacia objetivos. Por su parte, Yang et al. (2014) destacaron la necesidad de las empresas de incorporar en sus estrategias de marketing a factores intrínsecos como el logro, el reconocimiento y el progreso

FIGURA 2.
Propuesta de modelo teórico de la co-creación de valor virtual del ecoturista de montaña



Fuente: Elaboración propia a partir de Füller (2010); Grissemann & Stokburger-Sauer (2012); Ranjan & Read (2016)

También, Sarkar et al. (2015) descubrieron que los ecoturistas se encuentran motivados por la adquisición e intercambio de conocimientos en relación con los aspectos ecológicos como parte de sus elementos educativos y de aprendizaje del ecoturismo. En los hallazgos de Constantinides et al. (2015) los clientes primero necesitan estar motivados para implicarse en las actividades de co-creación. Estos autores concluyeron que la participación del cliente en proyectos de co-creación está motivada por cuatro tipos distintos de beneficios (beneficios de aprendizaje, integración social, personales y hedónicos).

Otros trabajos encontraron que la motivación tiene una influencia positiva en la participación de los turistas (Füller, 2010; Prebensen et al., 2013). En este marco teórico la

motivación al igual que la participación del cliente son antecedentes vitales para el desarrollo de la co-creación de valor de los ecoturistas.

La participación de cliente (customer participation) es definida como "el grado al cual el cliente está participando en la producción y la entrega el servicio" (Dabholkar, 1990, p. 484). Para Prebensen & Foss (2011) en este proceso de co-creación de valor el consumidor participa en la producción de la experiencia, adaptando y co-creando para satisfacer sus necesidades turísticas. Por su parte, Chathoth et al. (2013) consideraron que la co-creación de valor requiere y depende de un nivel alto de participación de cliente en la personalización del producto o el servicio. De acuerdo con Prebensen et al. (2013) la participación del cliente es una acción motivada, involucrada y considerada un antecedente que afecta a la co-creación de valor en el turismo. También, Tussyadiah & Zach (2013) descubrieron que la participación de consumidores activos, informados, conectados y empoderados en diferentes etapas de la cadena de valor se manifiesta en la co-creación de valor y es una dimensión crítica para la realización de este proceso.

Por otra parte, el modelo planteado recoge un constructo novedoso a este marco teórico como efecto moderador que es la tipología de los ecoturistas en la montaña. Basándonos en el estudio de Weaver & Lawton (2002), habría que considerar que los ecoturistas tienen diferentes perfiles siendo más suaves, más duros o estructurados (véase figura 1). Por lo tanto, se plantea que la tipología de los ecoturistas puede moderar la relación entre la motivación y la participación del ecoturista en la co-creación de valor.

Asimismo, algunos autores han explorado la naturaleza y composición de la co-creación de valor (Cossío-Silva et al., 2016; Gummesson & Mele, 2010; Randall et al., 2011), y han descubierto que el constructo de co-creación de valor es multidimensional (Agrawal & Rahman, 2017; Ng et al., 2010; Ranjan & Read, 2016; Yi & Gong, 2013).

Ranjan & Read (2016) consideran que la co-creación de valor es un constructo formativo de tercer orden, con dos dimensiones o antecedentes en este caso, coproducción y valor en uso, y en cada dimensión a su vez con tres elementos subyacentes. La primera dimensión de coproducción está caracterizada por trabajar de forma directa o indirecta con el cliente (co-working), por la interacción entre los clientes y las empresas. Exponen tres elementos subyacentes como el conocimiento que comparte los usuarios; la equidad referida al control que comparte la empresa hacia el usuario y el empoderamiento del consumidor; y la interacción entre los diversos actores que intervienen en el proceso de co-creación de valor. La segunda dimensión de valor en uso viene determinada por la experiencia del usuario co-creando valor al momento del uso de las plataformas; las relaciones se refieren a las capacidades relacionales del cliente que crean el valor por sí mismas y se manifiestan en forma de la colaboración y compromiso; y personalización en el proceso donde se trata de satisfacer las necesidades individuales de cada uno de los usuarios, dependiendo de su gusto, elección o conocimiento.

4.2. Consecuentes de la co-creación de valor en entornos virtuales en ecoturismo de montaña

Como principales consecuentes, sugeridos por la literatura, en este marco teórico se propone al boca-oído electrónico (*e-WOM)* (Agrawal & Rahman, 2015; Gebauer et al., 2013; Rahman et al., 2015) y la satisfacción con su rendimiento de co-creación (Grissemann & Stokburger-Sauer, 2012) (véase figura 2).

El *e-WOM* se define como cualquier comentario positivo o negativo hecho por un cliente potencial, actual o anterior sobre una marca, producto o servicio que esté disponible para otros clientes u organizaciones a través de Internet (Verhagen et al., 2013).

Las comunidades virtuales, los blogs, las redes sociales y las páginas de opinión turística otorgan una plataforma para que los líderes de opinión en línea, de cualquier parte del mundo, expresen sus opiniones (Oliveira & Panyik, 2014). Gebauer et al. (2013) encontraron que co-crear en entornos virtuales puede contribuir a difundir el boca a boca electrónico, aludiendo que una experiencia agradable con el acto de co-creación puede conducir a reacciones positivas de *e-WOM*. La experiencia de co-creación de valor influye en el *e-WOM* de los consumidores ya que como co-evaluadores generan publicidad gratuita y el boca a boca convierte a los clientes en embajadores de las empresas que co-crean valor mientras difunden la idea dentro de sus círculos sociales (Agrawal & Rahman, 2015).

Por su parte, Rahman et al. (2015) concluyeron que múltiples actores co-crean experiencias de consumo y esto se hace particularmente evidente en la comunicación del boca a boca electrónico del consumidor relacionado con la marca o empresa posterior a su experiencia (e-WOMpe). Además, estos autores encontraron que e-WOMpe es crucial como consecuente de la co-creación de valor en términos de moldear el comportamiento del cliente y tienen un impacto positivo en cómo los clientes hablan con otros acerca de la marca (Rahman et al., 2015). Por tanto, se propone que posterior al acto de la co-creación de valor los ecoturistas de montaña difundirán sus opiniones y dependiendo de su experiencia el e-WOMpe será positivo o negativo.

Asimismo, el modelo propuesto incluye como consecuente la satisfacción del ecoturista con su rendimiento de co-creación (Grissemann & Stokburger-Sauer, 2012), definida como la satisfacción que han tenido los clientes sobre su comportamiento en la creación de valor de la oferta de servicios.

Gebauer, Füller, & Pezzei (2013) demostraron los pros y los contras de la co-creación en línea, obteniendo como resultado la satisfacción/insatisfacción del cliente con su experiencia y desempeño de la co-creación en comunidades online.

5. Entornos virtuales de co-creación de valor en ecoturismo. Casos prácticos.

En una era de soberanía de los consumidores y medios de comunicación social la co-creación no sería posible sin utilizar plataformas interactivas (Neuhofer, 2016; Yadav et al., 2016). Sawhney et al. (2005) señalan que los entornos virtuales permiten a las empresas crear un diálogo continuo y absorber el conocimiento social de los clientes potenciales. Füller (2010) concluye que las herramientas tecnológicas son importantes para fomentar el proceso de co-creación y apuestan por la instauración de plataformas que garanticen un contenido actual y de alta calidad. Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de constituir plataformas para la interacción y el diálogo entre los diversos *stakeholders* (Ramaswamy & Gouillart, 2010).

De acuerdo con Luo et al. (2015), las principales características de las redes sociales basadas en las TICs que sustentan la co-creación de valor son la combinación de competencias, capacidades y conocimientos. La adopción de las plataformas de medios sociales ha formado una nueva generación de clientes capacitados que co-crean compartiendo sus experiencias, conocimientos e ideas innovadoras con los productores (Constantinides et al., 2015).

Kao et al. (2016) concluyen que para implementar la co-creación en el entorno de plataformas sociales las empresas primero deben diseñar diferentes medios interactivos para atraer a los consumidores, consecuentemente deben cultivar la participación de los usuarios, crear compromiso, ganar confianza y escuchar a los consumidores. Algunas empresas han

comenzado a proporcionar a los clientes herramientas, kits de diseño, códigos fuente y un entorno virtual para participar y co-crear valor para sí mismas y con sus clientes (Agrawal & Rahman, 2017).

Yoo et al. (2016) en su estudio sobre la plataforma Tripadvisor encontraron que la funcionalidad de su infraestructura tecnológica le da a la empresa la posibilidad de co-crear valor en formas innovadoras y tiene la capacidad de recopilar, analizar y proporcionar el contenido generado por el usuario a los proveedores turísticos de tal forma que pueden explotarlo para publicidad, construcción de marca, identificación de mercados potenciales, mejorar sus ofertas y promociones turísticas, entre otros (Yoo et al., 2016).

Más concretamente, en el ámbito del ecoturismo, Sarkar et al. (2015) concluyeron que los destinos deben alentar a los ecoturistas a mejorar el diálogo y el intercambio de contenido a través de sus plataformas sociales. Por tanto, uno de los principales interés del ecoturismo de montaña debería radicar en explorar el potencial de las TICs y las plataformas sociales como instrumentos estratégicos para mejorar positivamente las experiencias turísticas (Neuhofer et al., 2014). Además, las TICs brindan las herramientas para facilitar un diálogo virtual entre residentes y turistas antes, durante y después de su salida del destino (Oliveira & Panyik, 2014).

Para examinar la importancia de la co-creación de valor virtual del ecoturismo en las montañas, a continuación se analizan los casos de Skitude y Wikiloc de prácticas exitosas de co-creación de valor. Para realizar este análisis se eligieron algunos componentes y cuestiones sobre las plataformas y usuarios considerados por Füller (2010) como: Recursos que aporta el ecoturista, ¿qué es lo que han aportado los ecoturistas a la plataforma?; procesos y herramientas, ¿cómo va a interactuar el ecoturista?; tareas, ¿qué tareas va a realizar el ecoturista durante la interacción con la empresa?; y compañeros de co-creación, ¿con quién quieren interactuar?

5.1. Skitude (http://www.skitude.com/)

Esta plataforma digital de monitorización y gamificación permite compartir experiencias de esquí, snowboard y otras actividades al aire libre, a través de la web y un conjunto de aplicaciones móviles disponibles para smartphones (SKITUDE, 2017). La marca española Skitude Technologies, SL., ha desarrollado la app de Sierra Nevada (España) que consiste en un sistema de información y comunicación de nieve y montaña, ofrece información en tiempo real sobre la estación de Sierra Nevada, webcams en directo, mapas de pista digitales y otras utilidades (Sierra Nevada Granada, 2017).

- Recursos que aporta el ecoturista. Colabora con sus habilidades, tiempo, conocimientos y competencias. También aporta sus recursos físicos como smarthphones para descargar la app, equipos para realizar las actividades al aire libre, entre otros. Skitude muestra las observaciones de la comunidad obteniendo 22.521 kilómetros registrados de tracks GPS (camino o senderos recorridos) y 243.199 horas registradas en la plataforma de actividades realizadas por usuarios.

- Procesos y herramientas. Skitude provee de herramientas que permiten monitorizar y registrar sus estadísticas sobre distancia, desnivel, tiempo transcurrido, velocidad media, velocidad máxima, y estación de esquí. Cuentan con herramientas de geolocalización, realidad aumentada (RA) y navegación GPS diseñadas especialmente para usarlas en la montaña, como el servicio SOS de emergencia o el localizador de amigos sobre el mapa. También destacan su base de datos con más de 2.500 estaciones de esquí y con información de interés para planificar la experiencia en los deportes en montañas. Las fotos, contactos y estadísticas se almacenan en el

dispositivo móvil del usuario y también se guardan directamente en el cloud (SKITUDE, 2017).

Incluye la herramienta de rankings, con las categorías de distancia recorrida, desnivel acumulado, jornadas con actividad, mejor tiempo, etc., y la aplicación recopila todos los tracks de los usuarios, los envía de forma automatizada a la plataforma Skitude para analizarlos y una vez procesados puedan ser consultados tanto en la aplicación móvil como en la página web (SKITUDE, 2017).

- Tareas. En primer lugar el usuario debe crear un perfil, otorgando datos personales. Posteriormente, registrar las actividades con las Apps, de tal forma que los usuarios deben situar las imágenes y los diferentes caminos o pistas que han recorrido mediante el Tracker GPS de la app. Durante el uso de esta aplicación los usuarios deberán guardar, analizar y compartir las experiencias de las actividades en la montaña, especificando el tipo de actividad que están realizando y que son clasificadas como actividades de invierno y de verano.

- Compañeros de co-creación. Los usuarios pueden interactuar con otras personas que tengan los mismos intereses y motivaciones por las actividades de montaña. Para tal caso, Skitude realiza una estrategia de gamificación donde los usuarios compiten y participan registrando todas sus actividades y los mejores 50 están en el ranking de los líderes. También incluyen desafíos que son concursos con premios patrocinados por marcas comerciales, estos desafíos están destinados a promocionar las actividades de nieve y montaña tanto a nivel mundial como local. (SKITUDE, 2017). De tal forma que la plataforma les permite participar, jugar, interactuar, dialogar con la comunidad y crear su propia red de contactos.

5.2. Wikiloc (https://es.wikiloc.com)

Se trata de un sitio para descubrir y compartir rutas al aire libre a pie, en bicicleta y de muchas otras actividades de naturaleza en España y el mundo. Es una empresa privada catalogada como *mashup* gratuita que fue desarrollada por el español Jordi Ramot en el año 2006. Han sido premiados por la Sociedad Geográfica Española y por Google Maps España por el mejor *mashup* (WIKILOC, 2017). Se expone a Wikiloc como un caso de éxito en la co-creación de valor en pro del ecoturismo mediante sus herramientas de alta tecnología y de interacción entre los usuarios.

- Recursos que aporta el ecoturista. Actualmente la comunidad Wikiloc está conformada por 3.207.483 miembros quienes comparten sus conocimientos y habilidades sobre 7.323.683 rutas y 11.950.721 fotos al aire libre (WIKILOC, 2017).

- Procesos y herramientas. La plataforma es interactiva y retroalimentada constantemente por los usuarios. Proporcionan aplicaciones móviles con mapas gratuitos y una plataforma de información geográfica para descubrir y compartir la selección de experiencias al aire libre en el mundo. Proporciona mapas topográficos que funcionan estando en la montaña sin Internet para hacer rutas que pertenecen a diferentes condiciones según el desplazamiento como mountain bike, senderismo, ciclismo, cicloturismo, alpinismo, carrera por montaña, rutas familiares, rutas en kayak, entre otras diversas rutas.

  Las principales herramientas tecnológicas sobre las que se muestran las rutas son mapas de Google Maps, Google Earth y OpenStreetMap. Además, cuentan con aplicaciones móviles para iPhone y Android. Para almacenar y compartir rutas al aire

libre lo hacen mediante la técnica de la georreferenciación (GPS) y waypoints para ubicar puntos de referencia en determinadas rutas.

- Tareas. Los ecoturistas deben añadir fotos y videos de los senderos realizados, además de guardarlos por GPS para crea un mapa propio y que se muestran en el Google Earth, y todo esto se comparte con otros usuarios. En la plataforma deben incluir el nivel de dificultad, tiempo de realización, coordenadas, fecha de subida y fecha de realización de la ruta. Los usuarios hacen comentarios, describen sus experiencias y deben añadir toda la información posible. Otros usuarios pueden comentar sobre las rutas expuestas, hacerles preguntas y también dar una valoración, evaluando principalmente tres atributos que son: información, fácil de seguir y entorno.

- Compañeros de co-creación. El objetivo de Wikiloc es compartir y descubrir las mejores rutas en cualquier lugar del mundo y para que esto sea posible incentivan intrínsecamente a sus usuarios mediante el UserRank (rango de usuario), lo exponen como un reconocimiento y un indicador del grado de aportación de cada uno de los ecoturistas a la comunidad (WIKILOC, 2017). Este grado de participación se mide mediante el número de seguidores, visitas al perfil, participando con comentarios y valoraciones de las rutas. La interacción entre los usuarios es alta, incluyen a compañeros de ruta y siguen a los usuarios de acuerdo a las actividades que desean realizar y por país.

A pesar de una variedad de industrias, diferentes contextos culturales y grupos de edad, estos ejemplos de Skitude y Wikiloc demuestran que las empresas pueden crear valor con grandes grupos de clientes y usuarios (Piller & Gülpen, 2016), lo que demuestra que la co-creación de valor no es ajena al sector de ecoturismo en las montañas, y que se están generando modelos de negocio basados en instrumentos tecnológicos que permiten recopilar, procesar, distribuir y utilizar información para crear valor en los procesos de intercambio de servicios (Singaraju et al., 2016).

6. Discusión y conclusiones

Este documento describe el perfil de los ecoturistas en los procesos de co-creación de valor virtual, destacando la importancia de los entornos virtuales mediante casos prácticos que nos demuestran la interacción entre los múltiples actores, los recursos que aportan los ecoturistas y la innovación tecnológica de las empresas mediante la cual los ecoturistas pueden conectarse e intercambiar conocimientos, información y habilidades. Sin embargo, aunque se ha incrementado el número de estudios sobre la co-creación de valor aún queda mucho por explorar y más en el sector del ecoturismo, en general, y de las montañas, en particular, mercado que ha ido incrementándose potencialmente.

El éxito de una plataforma virtual de co-creación depende del valor que aporten los ecoturistas a las plataformas y de que éstas permitan una interacción dinámica y activa entre sus usuarios para que los ecoturistas puedan crear valor en conjunto con las empresas de ecoturismo y otros *stakeholders*. Además, los turistas no visitarán las plataformas a menos que haya disponibilidad de una gran cantidad de información y esto requiere de una innovación continua (Yoo et al., 2016). Los destinos de ecoturismo deben mejorar sus procesos de socialización en línea y el intercambio de conocimientos entre los ecoturistas, alentándolos al boca a boca electrónico a través de las plataformas de medios sociales como Facebook, Trip Advisor, You Tube, blogs, entre otras (Sarkar et al., 2015).

El marco teórico propuesto en el estudio puede ser utilizado para desarrollar hipótesis de investigación que puedan ser comprobadas, por lo que el presente estudio pretende indagar sobre los componentes en el proceso de la co-creación de valor en entornos virtuales. La

investigación futura debe integrar métodos empíricos para comprobar el objeto de estudio y profundizar en la tipología de los ecoturistas para analizar sus características cognitivas y emocionales en el marco de la co-creación de valor online.

En un mundo de competencias constantes y negocios emergentes, las plataformas de co-creación de valor pueden beneficiar a las empresas de ecoturismo de montaña con las nuevas colaboraciones de los ecoturistas, de las comunidades virtuales y de otros actores. Las empresas líderes están aprendiendo a sostener una ventaja competitiva mediante las experiencias de co-creación de valor con los clientes (Ramaswamy, 2008).

Desde luego, esta temática deberá abordarse con perspectivas centradas en la innovación y en el aprovechamiento de las TICs, en donde las organizaciones vayan más allá de la presencia tradicional, favoreciendo la interacción, la colaboración en línea, la conectividad y la posibilidad de generar y compartir contenidos y conocimientos por parte de los usuarios (Daries et al., 2016).

Se destaca que la co-creación de valor del ecoturista es relevante debido a la naturaleza experiencial de los productos ecoturísticos (Tussyadiah & Zach, 2013). Para ello, se hacen necesarias ricas interacciones entre los usuarios, descubrir sus motivaciones e influencias para colaborar y participar en la co-creación online. Los especialistas en el marketing de ecoturismo de montaña deberán poner especial énfasis en proporcionar kits de herramientas interactivas, dinámicas y continuas a los ecoturistas ya que éstos buscan herramientas que les permitan crear soluciones y transferir fácilmente su conocimiento (Füller, 2010).

A medida que avanzamos en el tema de la co-creación de valor apuntamos hacia nuevos modelos de negocio y plataformas virtuales con especial enfoque en el empoderamiento del ecoturista. La evolución en las relaciones, la personalización y la experiencia entre los consumidores darán ventajas competitivas a las empresas con enfoque en el ecoturismo de montaña, quienes deben ser conscientes de la necesidad de incrementar los esfuerzos en la gestión de la CCV en entornos virtuales.

Las montañas, lugar donde nace vida, nos ofrecen retos para alcanzar sus cimas y debemos darnos prisa para recorrer caminos y senderos que antes desconocíamos. Así pues, la co-creación de valor forma parte de estos desafíos y pone a la experiencia humana en el centro del diseño de la empresa (Ramaswamy & Gouillart, 2010).

Referencias bibliográficas

- Agrawal, A. K., & Rahman, Z. (2015). Roles and Resource Contributions of Customers in Value Co-creation. *International Strategic Management Review*, *3*(1–2), 144–160.
- Agrawal, A. K., & Rahman, Z. (2017). CCV Scale: Development and Validation of Customer Co-Created Value Scale in E-Services. *Current Psychology*, 1–17.
- Altinay, L., Sigala, M., & Waligo, V. (2016). Social value creation through tourism enterprise. *Tourism Management*, *54*(January), 404–417.
- Arroyo, R. (2011). La sociedad de ensueño del turismo. *Anuario Turismo Y Sociedad*, *12*, 17–26.
- ATTA. (2017). 2017 Adventure Travel Trends Snapshot. Retrieved November 22, 2017, from https://www.adventuretravel.biz/research/2017-adventure-travel-trends-snapshot/
- Báez, A. L., & Acuña, A. (2003). *Guía para las mejores prácticas de ecoturismo en áreas protegidas*. CDI. Retrieved from http://www.cdi.gob.mx/ecoturismo/docs/guia_mejores_practicas_ecoturismo.pdf
- Basora Roca, X., Romero-Lengua, J., Sabaté, X., & Sogues Marco, M. (2010). La valorización del patrimonio forestal como recurso ecoturístico en zonas de montaña: El caso del mig pallars y el parque natural del alt pirineu (pirineo de lérida, cataluña). *Ager*, (9), 31–62.
- Bharwani, S., & Jauhari, V. (2013). An exploratory study of competencies required to co-create memorable customer experiences in the hospitality industry. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, *25*(6), 823–843.
- Binkhorst, E. (2008). Turismo de co-creación, valor añadido en escenarios turísticos. *Journal of Tourism*

Research/Revista de Investigacion En Turismo, *1*(1), 40–51.
- Bjork, P. (2000). Ecotourism from a conceptual perspective, an extended definition of a unique tourism form. *International Journal of Tourism Research*, *2*, 189–202.
- Chan, J., & Baum, T. (2007). Motivation Factors of Ecotourists in Ecolodge Accommodation: The Push and Pull Factors. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, *12*(4), 349–364.
- Chathoth, P., Altinay, L., Harrington, R. J., Okumus, F., & Chan, E. S. W. (2013). Co-production versus co-creation: A process based continuum in the hotel service context. *International Journal of Hospitality Management*, *32*(1), 11–20.
- Cheia, G. (2001). Ecotourism: Definition and concepts. *Journal of Tourism*, (15), 56–60. Retrieved from http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail?vid=6&sid=9fe78607-1b6b-419c-9c0f-136feb6bce8e%40sessionmgr4001&hid=4208&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3D#db=hjh&AN=90571014
- Constantinides, E., Brünink, L. A., & Romero, C. L. (2015). Customer motives and benefits for participating in online co-creation activities. *International Journal of Internet Marketing and Advertising*, *9*(1), 21.
- Cossío-Silva, F. J., Vega-Vázquez, M., & Revilla-Camacho, M. Á. (2016). La percepción del cliente sobre la co-creación de valor. Adecuación de la escala de Yi y Gong al contexto español. *Esic Market Economics and Business Journal*, *47*(1), 25–40.
- Cova, B., & Salle, R. (2008). Marketing solutions in accordance with the S-D logic: Co-creating value with customer network actors. *Industrial Marketing Management*, *37*(3), 270–277.
- Dabholkar, P. A. (1990). How to Improve Perceived Service Quality by Improving Customer Participation. *Developments in Marketing Science*, *13*, 483–487.
- Daries-Ramon, N., Cristóbal-Fransi, E., Martin-Fuentes, E., & Marine-Roig, E. (2016). Turismo de nieve y de montaña: análisis de la presencia web de las estaciones de esquí a través del modelo EMICA. *Cuadernos de Turismo*, *37*, 113–134.
- Dolnicar, S., Crouch, G. I., & Long, P. (2008). Environment-friendly Tourists: What Do We Really Know About Them? *Journal of Sustainable Tourism*, *16*(2), 197–210.
- Fredman, P. (2008). Determinants of visitor expenditures in mountain tourism. *Tourism Economics*, *14*(2), 297–311.
- Füller, J. (2010). Refining Virtual Co-Creation from a Consumer Perspective. *California Management Review*, *52*(2), 98–122.
- Gebauer, J., Fúller, J., & Pezzei, R. (2013). The dark and the bright side of co-creation: Triggers of member behavior in online innovation communities. *Journal of Business Research*, *66*(9), 1516–1527.
- Geneletti, D., & Dawa, D. (2009). Environmental impact assessment of mountain tourism in developing regions: A study in Ladakh, Indian Himalaya. *Environmental Impact Assessment Review*, *29*(4), 229–242.
- Gouvea, R. (2004). Managing the ecotourism industry in Latin America: Challenges and opportunities. *Problems and Perspectives in Management*, *2*(2), 71–79.
- Grissemann, U. S., & Stokburger-Sauer, N. E. (2012). Customer co-creation of travel services: The role of company support and customer satisfaction with the co-creation performance. *Tourism Management*, *33*(6), 1483–1492.
- Gronroos, C. (2000). Creating a Relationship Dialogue: Communication, Interaction and Value. *Marketing Review*, *1*(1), 5.
- Grönroos, C. (2008). Service logic revisited: who creates value? And who co-creates? *European Business Review*, *20*(4), 298–314.
- Gummesson, E. (1996). Relationship marketing and imaginary organizations: a synthesis. *European Journal of Marketing*, *30*(2), 31–44.
- Gummesson, E., & Mele, C. (2010). Marketing as Value Co-creation Through Network Interaction and Resource Integration. *Journal of Business Market Management*, 1–18.
- Harvey, D. C., & Lorenzen, J. (2007). Signifying Practices and the Co-tourist. *Economic Policy*, (2116). https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000349921.14519.2A
- Kao Ming-Hsien Yang Ji-Tsung Ben Wu Ya-Yun Cheng, T.-Y., Kao, T.-Y., Yang, M.-H., Ben Wu, J.-T., & Cheng, Y.-Y. (2016). Co-creating value with consumers through social media. *Journal of Services Marketing*, *30*(2), 141–151.
- Krüger, O. (2005). The role of ecotourism in conservation: Panacea or Pandora's box? *Biodiversity and Conservation*, *14*(3), 579–600.
- Lu, W., & Stepchenkova, S. (2012). Ecotourism experiences reported online: Classification of satisfaction attributes. *Tourism Management*, *33*(3), 702–712.
- Luo, N., Zhang, M., & Liu, W. (2015). The effects of value co-creation practices on building harmonious brand community and achieving brand loyalty on social media in China. *Computers in Human Behavior*, *48*, 492–499.
- Matarredona Coll, E., & Ivars Baidal, J. A. (1995). El turismo rural: una alternativa para el desarrollo integrado de los municipios rurales de La Montaña alicantina. *Investigaciones Geográficas*, *14*(14), 59–76.
- Nepal, S. K. (2002). El turismo como base del desarrollo sostenible en la montaña: visión retrospectiva del Himalaya Nepalés.
- Nepal, S. K., & Chipeniuk, R. (2005). Mountain tourism: Toward a conceptual framework. *Tourism Geographies*, *7*(3), 313–333.
- Neuhofer, B. (2016). Value Co-creation and Co-destruction in Connected Tourist Experiences. *Information and Communication Technologies in Tourism*, (February), 779–792.

- Neuhofer, B., Buhalis, D., & Ladkin, A. (2014). A Typology of Technology-Enhanced Tourism Experiences. *Tourism*, *113*(2014), 16(4), 340-350.
- Ng, I. C. L., Nudurupati, S. S., & Tasker, P. (2010). Value Co-Creation in the Delivery of Outcome-Based Contracts for Business-To-Business Services. *Business*, 1–48.
- O'Connor, P. (2008). User-Generated Content and Travel: A Case Study on Tripadvisor.Com. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2008* (Vol. 33, pp. 47–58). Vienna: Springer Vienna.
- Oliveira, E., & Panyik, E. (2014). Content, context and co-creation: Digital challenges in destination branding with references to Portugal as a tourist destination. *Journal of Vacation Marketing*, *21*(1), 53–74.
- OMT. (2017). *Panorama OMT del turismo internacional. Edición 2017*. Retrieved from https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284419043
- ONU. (2015). Resolución aprobada por la Asamblea General el 22 de diciembre de 2015. Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo, 2017. *Septuagésimo Período de Sesiones*. Nueva York: Asamblea General ONU. Retrieved from http://www2.unwto.org/es/tourism4development2017
- Orams, M. B. (1995). Towards a more desirable form of ecotourism. *Tourism Management*, *16*(1), 3–8.
- Piller, F. T., & Gülpen, C. (2016). Beyond the Offer: Co-creation in Tourism: When Your Guest Becomes Your Partner, Value Emerges, 171–187.
- Prahalad, C. K., & Ramaswamy, V. (2000). Co-Opting Customer Competence. *Harvard Business Review*, *78*(1), 79–90.
- Prahalad, C. K., & Ramaswamy, V. (2004a). Co-creating unique value with customers. *Strategy and Leadership*, *32*(3), 4–9.
- Prahalad, C. K., & Ramaswamy, V. (2004b). Future of Competition: Co-Creating Unique Value with Customers (Hardcover). In *Harvard Business School Press Books* (p. 1). Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bsx&AN=11212944&site=eds-live%5Cnhttp://harvardbusinessonline.hbsp.harvard.edu/relay.jhtml?name=itemdetail&id=9535&referral=8207
- Prebensen, N. K., & Foss, L. (2011). Coping and co-creating in tourist experiences. *International Journal of Tourism Research*, *13*(1), 54–67.
- Prebensen, N. K., Woo, E., & Uysal, M. S. (2013). Experience value: antecedents and consequences. *Current Issues in Tourism*, (February 2015), 1–19.
- Rahman, K., Karpen, I. O., Reid, M., & Yuksel, U. (2015). Customer-to-customer interactions and word of mouth: conceptual extensions and empirical investigations. *Journal of Strategic Marketing*, *23*(4), 287–304.
- Ramaswamy, V. (2008). Co-creating value through customers' experiences: the Nike case. *Strategy and Leadership*, *36*(5), 9–14.
- Ramaswamy, V., & Gouillart, F. (2010). Building the Co-Creative Enterprise. *Harvard Business Review*. Retrieved from https://hbr.org/2010/10/building-the-co-creative-enterprise?referral=03758&cm_vc=rr_item_page.top_right
- Ramaswamy, V., & Ozcan, K. (2013). Strategy and co-creation thinking. *Strategy & Leadership*, *41*(6), 5–10.
- Randall, W., Gravier, M., & Prybutok, V. (2011). Connection, trust, and commitment: dimensions of co-creation? *Journal of Strategic Marketing*, *19*(1), 3–24.
- Ranjan, K. R., & Read, S. (2016). Value co-creation: concept and measurement. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *44*(3), 290–315.
- Revilla Hernández, M., Santana Talavera, A., & Parra López, E. (2016). Effects of co-creation in a tourism destination brand image through twitter. *Economic Policy*, (2116). https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000349921.14519.2A
- Rihova, I, Buhalis, D, Moital, M, and Gouthro, M.-B. (2015). Conceptualising Customer-to-customer Value Co-creation in Tourism. *Tourism*. https://doi.org/10.1002/jtr
- Sarkar, S. K., Au, N., & Law, R. (2015). A study on online actions of ecotourists visiting nature based atractions in Kuala Lumpur. *Revista Turismo: estudos e práticas, 4.*
- Sarkar, S. K., Au, N., & Law, R. (2013). Analysing Ecotourists' Satisfaction in Socialisation and Knowledge Sharing Intentions via Social Media. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2014* (pp. 313–326). Cham: Springer International Publishing.
- Sawhney, M., Verona, G., & Prandelli, E. (2005). Collaborating to create: The internet as a platform for customer engagement in product innovation. *Journal of Interactive Marketing*, *19*(4), 4–34.
- Scheyvens, R. (1999). Ecotourism and the empowerment of local communities. *Tourism Management*, *20*(2), 245–249. Retrieved from http://ac.els-cdn.com/S0261517798000697/1-s2.0-S0261517798000697-main.pdf?_tid=9e81feac-4448-11e7-b10f-00000aacb35d&acdnat=1496046614_2464ee14c96a8ffe53510bb15c66ad88
- Scott, D. (2005). Global environmental change and mountain tourism. In G. Stefan & M. Hall (Eds.), *Tourism and Global Environmental Change: Ecological, Social, Economic and Political Interrelationships* (Routledge, pp. 54–75). London.
- SECTUR. (2013). Programa Sectorial de Turismo 2013-2018. *Gobierno Federal Mexico*, 88 pp. https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104
- Sierra Nevada Granada. (2017). Sierra Nevada App. Retrieved December 14, 2017, from http://sierranevada.es/es/invierno/app/
- Sigala, M. (2015). Collaborative commerce in tourism: implications for research and industry. *Current Issues in Tourism*, *3500*(January), 1–10.
- Singaraju, S. P., Nguyen, Q. A., Niininen, O., & Sullivan-Mort, G. (2016). Social media and value co-creation in

multi-stakeholder systems: A resource integration approach. *Industrial Marketing Management*, *54*(April), 44–55.

- SKITUDE. (2017). SKITUDE: Términos y condiciones. Retrieved from http://www.skitude.com/es/terminos-y-condiciones
- Talsma, L., & Molenbroek, J. F. M. (2012). User-centered ecotourism development. *Work*, *41*(SUPPL.1), 2147–2154. https://doi.org/10.3233/WOR-2012-1019-2147
- Tao, C.-H. (Teresa), Eagles, P. F. J., & Smith, S. L. J. (2004). Implications of Alternative Definitions of Ecotourists. *Tourism Analysis*, *9*(1), 1–13.
- TIES. (2015). TIES Announces Ecotourism Principles Revision. Retrieved May 19, 2017, from http://www.ecotourism.org/news/ties-announces-ecotourism-principles-revision
- Tussyadiah, I., & Zach, F. (2013). (2013). Social media strategy and capacity for consumer co-creation among destination marketing organizations. *Information and Communication Technologies in Tourism*, 24–35.
- Valentine, P. S. (1993). Ecotourism and nature conservation. A definition with some recent developments in Micronesia. *Tourism Management*, *14*(2), 107–115.
- Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2004). Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. *Journal of Marketing*, *68*(1), 1–17.
- Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2011). It's all B2B...and beyond: Toward a systems perspective of the market. *Industrial Marketing Management*, *40*(2), 181–187.
- Velázquez-Sánchez, R. M., Vásquez, O. R. S., Canseco, M. G. B., & Gómez-Velázquez, J. (2014). Ecoturismo y Desarrollo Local de Comunidades Indígenas en México. In *Global Conference on Business and Finance Proceedings* (Vol. 9, pp. 1704–1715). Retrieved from http://www.researchgate.net/publication/271139247_factores_que_inciden_en_el_desarrollo_y_permanencia_de_la_micro_pequea_y_mediana_empresa_en_el_pas_caso_de_estudio_navojoa
- Verhagen, T., Nauta, A., & Felberg, F. (2013). Negative online word-of-mouth: Behavioral indicator or emotional release? *Computers in Human Behavior*, *29*(4), 1430–1440.
- Villavicencio, W., & Vélez, C. (2016). Evaluación de la satisfacción e imagen del Bosque Húmedo La Esperanza como destino ecoturístico. *Revista Científica Ciencia Y Tecnología*, *1*(13). Retrieved from http://www.uteg.edu.ec/revista/index.php/cienciaytecnologia/article/view/88
- Weaver, D. B., & Lawton, L. J. (2002). Overnight Ecotourist Market Segmentation in the Gold Coast Hinterland of Australia. *Journal of Travel Research*, *40*(3), 270–280.
- Wight, P. (1993). Ecotourism : Ethics. *Journal of Travel Research*, *31*(3), 3–9.
- WIKILOC. (2017). Wikiloc's history. Retrieved November 24, 2017, from https://es.wikiloc.com/
- Yadav, M., Kamboj, S., & Rahman, Z. (2016). (2016). Customer co-creation through social media: The case of "Crash the Pepsi IPL 2015." *Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice*, *17*(4), 258–258.
- Yang, Chiang, Cheng, H. (2014). Customer Value and Customer Roles on Social Media : A Travel Agency Case Study. *International Journal of Business and Information*, *9*(4), 411–432.
- Yi, Y., & Gong, T. (2013). Customer value co-creation behavior: Scale development and validation. *Journal of Business Research*, *66*(9), 1279–1284.
- Yoo, K.-H., Sigala, M., & Gretzel, U. (2016). Exploring TripAdvisor. In R. Egger, I. Gula, & D. Walcher (Eds.) (pp. 239–255). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54089-9_17
- Zwass, V. (2010). Co-Creation: Toward a Taxonomy and an Integrated Research Perspective. *International Journal of Electronic Commerce*, *15*(1), 11–48.

ACTUACIÓN PARA LA DIVULGACIÓN DE LOS VALORES GEOLÓGICOS EN LOS PARQUES NACIONALES DE MONTAÑA

L. ROBERTO RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ
lr.rodriguez@igme.es
Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.

RESUMEN

Durante la mayor parte de los cien años de historia de los parques nacionales españoles han sido muy escasas las actuaciones para el conocimiento y divulgación de sus valores geológicos. Esta situación cambia a partir del año 2006 cuando se inicia la edición de una colección de Guías Geológicas de Parques Nacionales, con el fin de dar a conocer el rico y variado patrimonio geológico de la Red de Parques Nacionales aprovechando el foco de atracción que representan para los10 millones de personas que visitan estos espacios naturales protegidos cada año. En estas guías se considera a los parques nacionales son un "laboratorio geológico natural¨ en los que es posible visualizar tanto los procesos geológicos activos como aquellos que sucedieron en el pasado y han dejado su impronta y su registro.También se hace énfasis en que este patrimonio esta "protegido para todos", mediante la figura de parque nacional.

Con esta iniciativa se pretende convertir a simples turistas amantes de la naturaleza en ¨geoturistas, de forma que después de la visita a cada parque valoren y entiendan la importancia de los procesos geológicos en la vida cotidiana y aprendan a observar al Planeta Tierra como un planeta vivo y en contaste cambio.

Con el fin de difundir mejor las guías geológicas, se ha construido un sitio web en el que se pueden visualizar sus contenidos: http://www.igme.es/LibrosE/GuiasGeo/libros.htm. Este sitio web ha tenido una extraordinaria acogida con más de 250.000 visitas por año, de las cuales un 30% proceden de fuera de España.

ABSTRACT

During the greater part of them one hundred years of history of the Spanish national parks have been very scarce them performances for the knowledge and disclosure of their values geological. This situation changes starting from the year 2006 when is starts the edition of a collection of guides geological of parks national to give to know the rich and varied heritage geological of the network of parks national, taking advantage of the focus of attraction that represent these spaces for 10 million of people that visit these spaces natural protected each year. These guides are considered parks national are a "geological natural laboratory ¨ in which it is possible to display both active geological processes such as those that happened in the past and have left their mark and its registration. It also emphasizes that this heritage is "protected for all", using the figure of National Park.

This initiative is intended to convert simple tourists lovers of nature in ¨geoturistas¨, so that after the visit to each park they appreciate and understand the importance of geological processes in everyday life and to learn to observe the planet Earth as a living planet and contrast change.

To disseminate best them guides geological, is has built a web site in which is can display their contenthttp://www.igme.es/LibrosE/GuiasGeo/libros.htm. This website has had a extraordinary reception with an average of 250,000 visits a year, with 30% of visits from outside of Spain.

1. Introducción

La figura de parque nacional en España tiene ya cien años de historia, pues el 7 de diciembre de 1916 se aprueba en las Cortes una ley que contempló la selección de una serie de parajes excepcionales de montaña (Ordesa y Covadonga), para la conservación de sus valores naturales y el disfrute y respeto de la sociedad. Aunque en su mayor parte los Parques Nacionales españoles no consideraran el patrimonio geológico como tal en su declaración, muchos de ellos, especialmente los de montaña, incluyen buenas representaciones de la geodiversidad española. A pesar de ello durante la mayor parte de estos cien años han sido escasas las actuaciones para el conocimiento y divulgación de los valores geológicos en la Red de Parques Nacionales. Esta situación cambia a partir del año 2002 cuando el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN) llegan a un acuerdo para elaborar y editar una colección de Guías Geológicas de Parques Nacionales editándose en 2006 la primera de elas , correspondiente al Parque Nacional del Teide. Posteriormente, en el año 2007, ya aparecen las leyes 5/2007 de la Red de Parques Nacionales y 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, en las que ya de forma explícita, el patrimonio geológico y la geodiversidad, son considerados como parte del patrimonio natural y la diversidad natural.

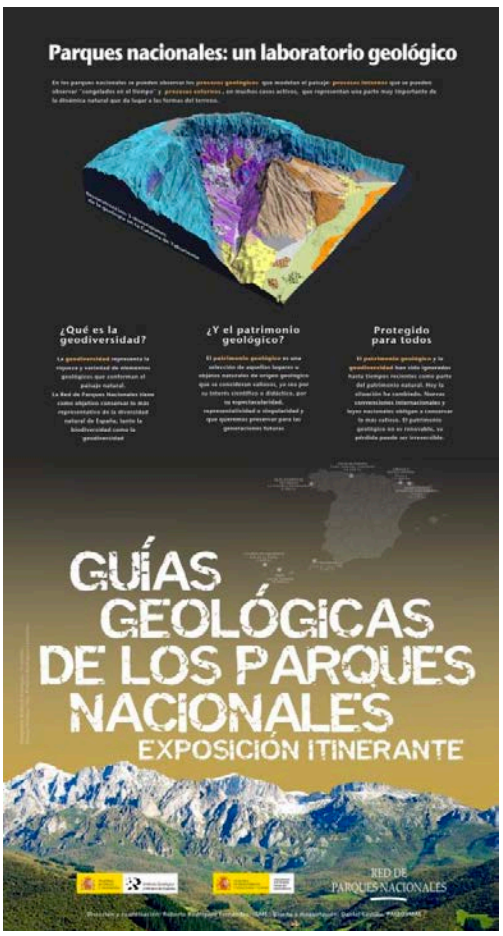
El objetivo fundamental que se plantea al diseñar estas guías es el de dar a conocer el rico y variado patrimonio geológico de cada parque nacional, así como fomentar el interés por la Geología, aprovechando el indudable foco de atracción que representan estos espacios naturales protegidos para un público muy variado, ya que cada año visitan los 15 parques nacionales españoles algo más de 10 millones de personas. Hasta el inicio de esta iniciativa, eran muy escasos en España los ejemplos de guías que tratasen de una forma adecuada, para el público no especializado, los aspectos geológicos que permiten la interpretación del paisaje en los espacios naturales protegidos y especialmente en la Red de Parques Nacionales, sin embargo en este momento existe ya un contexto sociológico en el que se había detectado una creciente demanda del sector de turismo activo y del público en general, de guías y otros productos divulgativos que sirviesen para un mejor conocimiento y explicación del paisaje natural (Rodríguez Fernández, 2004). Con estas guías se pretende llenar el vacío que hay en la divulgación de los grandes paisajes geológicos españoles y hacer que sus lectores tengan un mejor conocimiento de los procesos geológicos que intervienen en la génesis del paisaje

La elaboración de estas guías está concebida como un manual de campo para la visita auto-guiada de cada parque, de forma que los visitantes dispongan de un documento, donde los lugares de interés geológico y las formas geológicas singulares, sean descritos con rigor científico pero de manera divulgativa a lo largo de los itinerarios seleccionados. (Rodríguez Fernández, 2011). Actualmente están editadas la mayor parte de las guías geológica correspondientes a los parques nacionales de montaña como la del Parque Nacional del Teide (con una 1ª y una 2ª edición en castellano y otra en inglés) , la de Picos de Europa (también con una 1ª y una 2ª edición), la correspondiente al Parque Nacional de Aigüestortes i Estany S. Mauruici (con una edición en castellano y otra en catalán), la del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada, . la de Ordesa y Monte Perdido (con una edición en castellano y otra en francés) y la del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente , estando previsto finalizar la del Parque nacional de la Sierra de Guadarrama en 2018. Además se ha editado las guías geológicas de otros parques nacionales como Timanfaya Islas Atlánticas de Galicia, Garajonay e isla de la Gomera, y Cabañeros. A lo largo de 2018 está previsto finalizar y editar las guías geológicas correspondientes a los parques nacionales de Monfragüe, Archipiélago de Cabrera, Doñana, y Tablas de Daimiel.

Con el fin de divulgar de una forma más sintética los aspectos más destacables del patrimonio geológico de cada parque, se han elaborado de una serie de paneles divulgativos de gran formato (2 m x 90 cm) de cada parque nacional, recogidos en una exposición itinerante. Esta exposición se encuentra a disposición de las entidades interesadas en su utilización, en el Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM) y es visitable en la página web de esta institución. La exposición consta de 32 paneles, (Rodríguez Fernández, *et al.* 2011), uno introductorio de carácter general y

otros dos por cada parque. En el panel inicial o introductorio (Fig. 1) de la exposición se definen de forma sucinta los conceptos de patrimonio geológico y geodiversidad, y se expresa la idea de que los parques nacionales son un “laboratorio geológico natural en los que es posible visualizar tanto los procesos geológicos activos como aquellos que sucedieron en el pasado y han dejado su impronta y su registro, haciendo especial hincapié en que la Tierra es un planeta vivo y en cambio constante a lo largo del tiempo geológico (Rodríguez Fernández y Díaz Martínez, 2012).También se hace énfasis en que este patrimonio esta “protegido para todos”, mediante la figura de parque nacional, como parte de su objetivo de conservación del patrimonio natural, incluido el geológico, y de la diversidad natural, incluida la geodiversidad.

FIGFURA 1.
Aspecto de dos paneles de la exposición itinerante



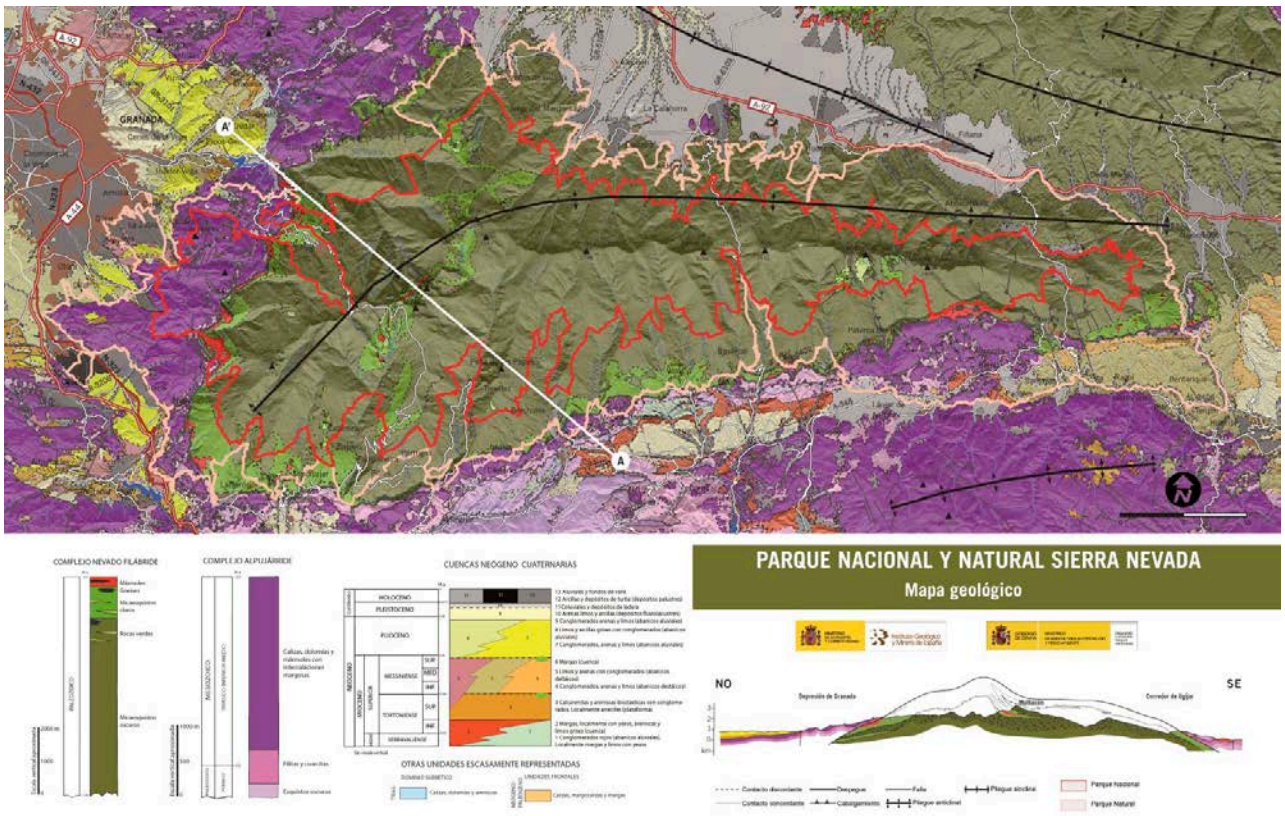
Estas actuaciones forman parte de una estrategia de divulgación del patrimonio geológico y la geodiversidad (Rodríguez Fernández y Díaz Martínez, 2012). Con esta iniciativa se pretende convertir a simples turistas amantes de la naturaleza en ¨geoturistas¨, de forma que después de la visita a cada parque valoren y entiendan la importancia de los procesos geológicos en la vida cotidiana y aprendan a observar al Planeta Tierra como un planeta vivo y en contaste cambio.

2. Estructura y contenidos de las guías geológicas de Parques Nacionales

Cada guía geológica tiene cuatro partes bien diferenciadas. En la primera se exponen algunos conceptos geológicos básicos dependiendo de la naturaleza del parque (vulcanología en los parques nacionales de Canarias, formación de cordilleras en los Pirineos, etc.) , en la segunda se explica , de la forma más gráfica posible, el marco geológico en el que está ubicado el parque (

isla oceánica, cordillera varisca o alpina,..); en la tercera parte se hace una descripción más detallada de la geología del parque, con una exposición cronológica de las unidades geológicas y de los procesos tectónicos y geomorfológicos que las afectan, descritos de forma clara y concisa, con rigor científico y afán divulgativo, en la que las citas bibliográficas y descripciones litológicas estén reducidas al nivel mínimo que facilite una lectura comprensible del texto. En la cuarta y última parte de cada guía se describen los itinerarios geológicos seleccionados, de acuerdo con los planes de gestión de cada parque. Cada itinerario se desarrolla en un capítulo específico en el que se precisa su interés, longitud, dificultad y tiempo de recorrido, y tiene una expresión detallada en un mapa geológico de situación (fig.2)

FIGURA 2:
Mapa geológico del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada



Normalmente se diferencian tres tipos de itinerarios: uno o dos itinerarios básicos por las rutas aptas para vehículos a motor que atraviesan el parque, un número mayor de rutas por los senderos oficiales del parque y unas pocas rutas de mayor dificultad, para visitantes más interesados y con experiencia montañera. Cada guía incluye también un *glosario de términos geológicos,* y un apéndice con la bibliografía seleccionada más relevante y con aquellas direcciones de interés para obtener más información o para facilitar la estancia de los potenciales visitantes. La edición impresa de cada guía consta de un documento de unas 200 a 300 páginas en un formato estándar de guía turística y de fácil manejo. Contiene una abundante información gráfica en color y fotografías que facilitan la comprensión del texto y hacen agradable y amena su lectura, para el tipo de público al que se dirige. Se incluyen esquemas geológicos y aquellos elementos explicativos: bloques diagramas, cortes geológicos o cuadros estratigráficos que, de forma sintética y con ánimo didáctico, facilitan la comprensión de los procesos geológicos que se han desarrollado en el ámbito territorial de cada parque nacional. Cada guía va acompañada de un *mapa geológico* (fig.2*)*, con delimitación cartográfica precisa de las unidades geológicas con significado en la evolución geológica o en la génesis del paisaje. Cada unidad se representa con un color que resalta de los que la delimitan a techo y muro, en tonos suaves que no oculten la base topográfica y los demás elementos geológicos contenidos en el mapa. Cuando la disponibilidad de bases topográficas en

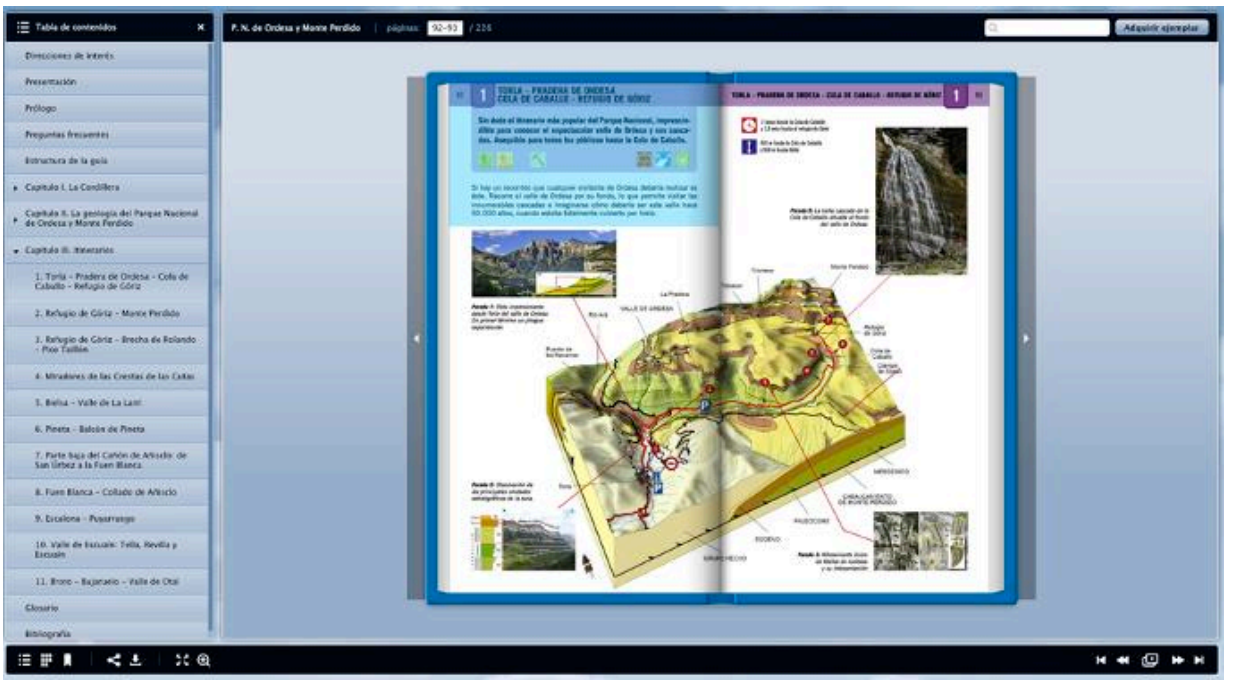
formato digital lo ha permitido, se han representado las unidades geológicas sobre el modelo digital del terreno, para facilitar la identificación de los elementos geológicos en el paisaje.

3 Difusión web de las guías geológicas de Parques Nacionales

Con el fin de divulgar y difundir de una forma más generalizada las guías geológicas, se ha construido un sitio web en el que se pueden visualizar todos los contenidos de las guías en formato de libro electrónico: http://www.igme.es/LibrosE/GuiasGeo/libros.htm. En esta página-web se puede visualizar cada guía geológica pulsando el comando *ver guía* que aparece debajo de la reproducción de cada una de las portadas (Fig. 6).También se ha construido un blog donde se hace una breve descripción de cada guía y donde los visitantes pueden dejar sus comentarios: http://igmepublicaciones.blogspot.com.es/2013/03/guias-geologicas-de-parques-nacionales.html.

Esta página web y sus contenidos ha recibido una Mención de Honor en la convocatoria de los premios Ciencia en Acción de 2014 de la Caixa, en la categoría de: ¨Materiales didácticos en soporte no interactivo¨.

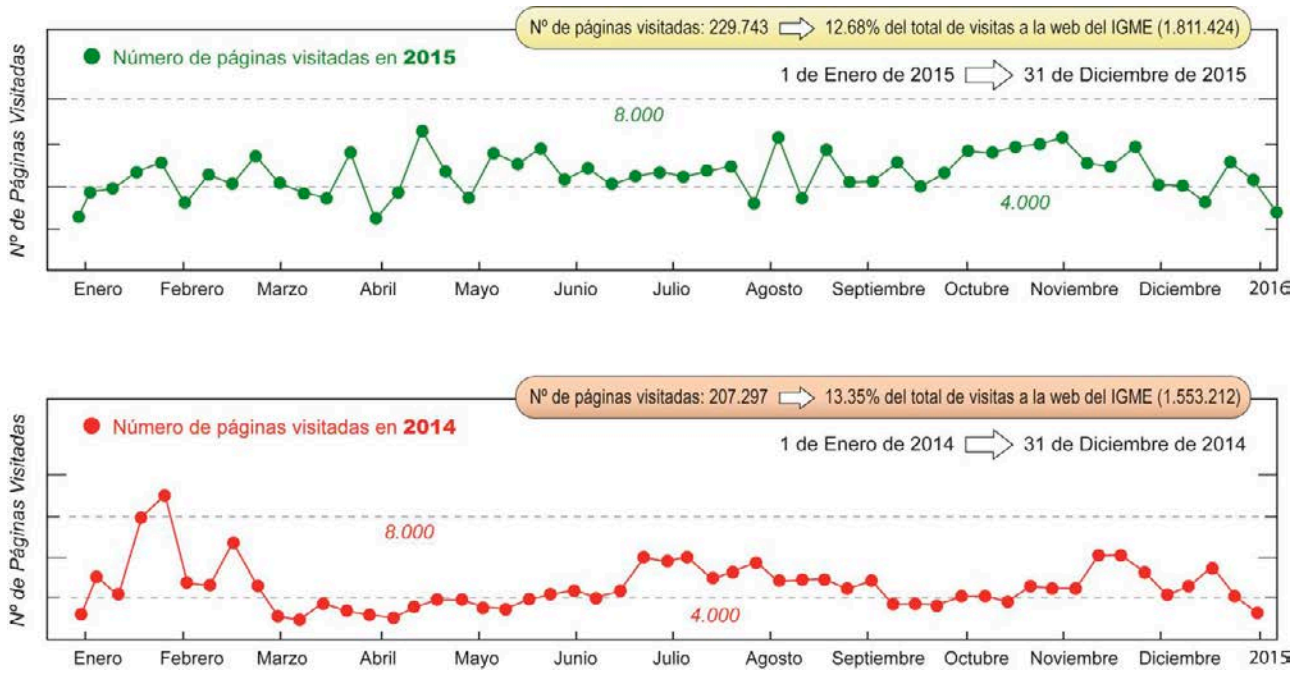
FIGURA 3.
Imagen de la página de la guía geológica del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido visualizable en http://www.igme.es/LibrosE/GuiasGeo/ordesa_sp/index.html



Con el fin de conocer el impacto social de esta actuación se han realizado una serie de estadísticas y mediciones mediante la herramienta *Google Analytics*, que han permitido conocer, entre otras variables, las páginas visitadas en relación a las guías geológicas de Parques Nacionales durante los años 2014 y 2015. En el año 2014 se produjeron un total de 207.297 visitas representado el 13.35% de las páginas vistas totales de la web del IGME (1.552.212), (Rodríguez Fernández y González Menéndez, 2015; Fig. 3) con un promedio de casi 18.000 páginas vistas por mes y con algún máximo en los meses de enero y febrero de casi 30.000 visitas/ mes. En el año 2015 se ha mantenido e incluso incrementado la tendencia, en términos absolutos, con un total de 229.743 visitas, aunque con una notable variabilidad mensual.

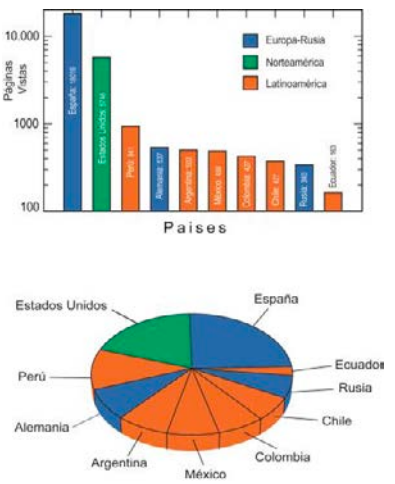
También se ha realizado un análisis y seguimiento de los datos del blog, que, aunque más modestos en general, también colocan a las Guías Geológicas de Parques Nacionales como la publicación más visitada a gran distancia del resto de guías, manuales y libros disponibles en ese blog, (Rodríguez Fernández y González Menéndez, 2015).

FIGURA 4.
Páginas visitadas totales en 2014 y 2015 de las Guías Geológicas de Parques Nacionales. Los datos han sido obtenidos mediante la herramienta Google Analytics



Estos resultados gráfico; estadísticos también nos han permitido conocer algunos datos un poco sorprendentes como el gran número de visitas de fuera de España, destacando sobre todo las de Estados Unidos y de países de Iberoamérica como Perú, Argentina, México, Colombia o Chile, y con la presencia importante de visitas de otros países europeos como Alemania y Rusia (Fig.5).Estos datos revelan el también importante impacto internacional las Guías Geológicas de Parques Nacionales, a pesar de que están disponibles únicamente en español, con la excepción de la Guía Geológica del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, disponible también en francés y recientemente la del Teide en inglés.

FIGURA 5.
Gráfico de barras y de sectores relativos a las Guías Geológicas de Parques Nacionales. Visitas a la página web de las guías geológicas mostradas por países: Destacan las numerosas visitas recibidas desde fuera de España, en especial de Estados Unidos e Iberoamérica en su conjunto. Con respecto a las visitas desde otros países europeos, la procedencia más frecuente es de Alemania y Rusia.



4. Conclusiones

- Las guías geológicas de los parques nacionales españoles tienen como objetivo divulgar el rico Patrimonio Geológico de estos espacios naturales protegidos y fomentar su conservación
- Los 15 Parques Nacionales españoles tiene más de 10 millones de visitantes que pueden ser potenciales geoturistas
- La divulgación del Patrimonio Geológico de la Red de Parques Nacionales puede ayudar a fomentar el desarrollo del Geoturismo en otros espacios naturales protegidos (Parques Naturales, Regionales, …) así como en los Geoparques
- Los materiales generados para la divulgación: guías, paneles, webs, ,..deben elaborarse con un lenguaje asequible al gran público y contener infografía abundante y de calidad.

Referenbcias Bibliográficas

- Rodríguez Fernández, L.R. (2004): Las Guías Geológicas de Parques Nacionales: objetivos, contenidos y metodología. *Geo-Temas*, 6(4): 45-47.
- Rodríguez Fernández, L.R. (2011): Las guías geológicas de Parques Nacionales: un ejemplo de divulgación del patrimonio geológico. En: Avances y retos en la conservación del Patrimonio. Geológico en España. (E. Fernández-Martínez y R. Castaño de Luis, Eds.) *Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España)*. León: 235-238.
- Rodríguez Fernández, L.R.; Barrera, J.L.; García del Moral, R.; Pineda, A.; Bellido, F.y Ancoechea, E. 2007. La Guía Geológica del Parque Nacional del Teide. Un ejemplo de guía geológica de carácter didáctico y divulgativo. *Geotemas,* 10,1, 394.
- Rodríguez Fernández, L.R., Díaz-Martínez, E.; Robador, A., Rábano, I., Carcavilla L. y Vegas, J. (2011): Exposición temporal itinerante sobre las Guías Geológicas de los Parques Nacionales. En: Avances y retos en la conservación del Patrimonio. Geológico en España. (E. Fernández-Martínez y R. Castaño de Luis, Eds.) *Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España)*. León: 239-243.
- Rodríguez Fernández, L.R. y Díaz Martínez, E. (2012): Estrategias y actuaciones para la divulgación del patrimonio geológico en la Red de Parques Nacionales. *Geo-Temas*, 13: 400.
- Rodríguez Fernández, L.R. y González Menéndez, L. (2015): Impacto social de las guías geológicas de Parques Nacionales y su capacidad para divulgar el patrimonio geológico en la red de Parques Nacionales. *Cuadernos del Museo Geominero (IGME),* 18: 413-418.

APLICACIONES DE LAS TIG PARA LA DETERMINACIÓN DE GEOINDICADORES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN GLACIARES DEL VALLE DE LA LAGUNA PARÓN (CORDILLERA BLANCA, PERÚ)

TFM GANADOR EN EL PREMIO CIMAS2018 A JÓVENES INVESTIGADORES

ÁLVARO NAVARRO FRUTOS [1,2]
alnafru@gmail.com
[1]*Grupo de Investigación en Geografía Física de Alta Montaña. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.*
[2] *Guías de Espeleología y Montaña, Madrid, España.*

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados del ensayo de distintos geoindicadores del cambio climático en glaciares de la cuenca de la laguna Parón (Cordillera Blanca, Perú). La altitud de la línea de equilibrio (ELA) fue deducida a través de diferentes métodos: glaciológico directo (GD), Area x Altitude Balance Index (AABI), y Area x Altitud Balance Ratio (AABR). La variación entre el resultado de la ELA geomorfológica (ELAg) y el promedio de las ELAs de monitoreo (ELAm y ELAme) fue bastante reducida (21 m) sugiriendo que los resultados son bastante confiables, a pesar de haber sido obtenidos a través de distintos métodos. Se trata de un trabajo pionero que representa la primera aplicación práctica del método AABI. La posibilidad de extrapolar datos del monitoreo del balance de masa a otros glaciares permitiría solventar los principales inconvenientes para la observación de la evolución de los glaciares. Esa posibilidad sugiere la necesidad de continuar desarrollando la misma línea de investigación.

Palabras clave: Glaciares, Cambio Climático, Cordillera Blanca, Andes, Perú.

ABSTRACT

This work presents the results of different geoindicators of climate change in glaciers of the Parón lake basin (Cordillera Blanca, Peru). The altitude of the equilibrium line (ELA) was deduced through different methods: direct glaciological (GD), Area x Altitude Balance Index (AABI), and Area x Altitude Balance Ratio (AABR). The variation between geomorphological ELA (ELAg) and monitoring ELAs (ELAm and ELAme) was quite small (21 m) suggesting that the results are quite reliable, despite having been obtained through different methods It is a pioneering work that represents the first practical application of the AABI method. The possibility of extrapolating data from the monitoring of the mass balance to other glaciers would address the major drawbacks of observing the evolution of glaciers. This possibility suggests the demand to continue developing the line of research.

Keywords: *Glaciers, Climate Change, Cordillera Blanca, Andes, Peru.*

1. Introducción

Los glaciares tropicales son excelentes indicadores de la evolución del clima, por su extrema sensibilidad a las variaciones de parámetros meteorológicos como la temperatura, la radiación solar y la precipitación (Pouyaud et al., 1995). Además, en una región tan árida como la costa de Perú, el aporte del deshielo de los glaciares es especialmente importante para los recursos hídricos, ya que esas masas de hielo constituyen la principal fuente de agua dulce (Vuille et al., 2008). Existen conceptos que permiten evaluar el impacto del cambio climático en los glaciares, entre los que destacaremos los siguientes:

- Balance de masa (b): es el resultado de sumar las ganancias por acumulación y las pérdidas por ablación, a lo largo del perfil vertical de un glaciar.

- ELA (Equilibrium Line Altitude): es la altitud donde el balance de masa se equilibra (b = 0 mm).

La variación de la ELA con el tiempo es uno de los parámetros que mejor expresa el impacto del cambio climático en los glaciares. La ELA puede estimarse de diferentes maneras (Úbeda, 2011): mediante mediciones glaciológicas directas en la superficie del glaciar (GD-método glaciológico directo; ELAm-ELA de monitoreo); empleando criterios geomorfológicos (ELAg-ELA geomorfológica) o a través de ecuaciones que relacionan matemáticamente las variables climáticas que influyen en el balance de masa (ELAc-ELA climática). Cada método tiene ventajas e inconvenientes, de modo que en realidad son técnicas complementarias. Por ejemplo, la imposibilidad de monitorear todos los glaciares, por su elevado número o su difícil acceso, es el principal inconveniente del método glaciológico directo, pero existe una alternativa para solventar ese problema.

El objetivo del presente trabajo ha sido ensayar el método Area x Altitude Balance Index (AABI), que fue concebido por Osmaston (2005) para extrapolar el balance de masa conocido de un glaciar monitoreado a cualquier otra lengua de hielo que se encuentre en la misma área de estudio. Hasta ahora dicha técnica no se había aplicado en glaciares de Perú. Su generalización permitiría utilizar los datos de balance de masa de glaciares monitoreados para comprender el impacto del cambio climático en los glaciares, a escala regional. De este modo se obtendría un eficaz instrumento de análisis del impacto del cambio climático en los glaciares. Sin embargo, todavía es necesario realizar más ensayos como el que se presenta en este trabajo. Adicionalmente se compararon las ELAs obtenidas a partir de diferentes métodos (ELAm por GD; ELAme por AABI y ELAg por AABR).

Localización y características generales

La Cordillera Blanca es el conjunto más extenso de la zona tropical de la Tierra con montañas cubiertas de glaciares. Forma parte de los Andes Centrales y se extiende con dirección NO-SE a lo largo de 200 km, entre los paralelos ~9-10ºS. Las montañas de la Cordillera Blanca son el resultado de la conjunción de procesos endógenos y exógenos: el levantamiento tectónico de grandes bloques de granodioritas y cuarcitas y su modelado por las acciones de erosión y transporte realizadas por avances de los glaciares en el pasado. Las montañas de la Cordillera Blanca se alinean junto a la fosa tectónica del Río Santa, el principal colector de la red de drenaje, que desemboca en la costa del Océano Pacífico en la localidad de Chimbote.

El río Parón desemboca en el río Santa en la localidad de Caraz. Aguas arriba el represamiento del río Parón por una morrena procedente del flanco oeste del Nevado Huandoy (6395 m de altitud) ha generado una laguna de 3 km de largo, la más grande de la Cordillera Blanca. La cuenca de la laguna está formada por las vertientes de los picos Agujas Nevadas (5888 m); Nevados de Caras (6025 m); Artesonraju (6025 m); Nevado Parón (5600 m), Pirámide (5885 m), Chacraraju (6112 m); Pisco (5752 m) y Nevados Huandoy (6395 m). Todas esas cumbres conservan glaciares en la actualidad. El más grande de la cuenca es el glaciar Artesonraju, que recibe flujos de hielo del Nevado Artesonraju, el Nevado Parón y el Nevado Pirámide.

La Cordillera Blanca se ubica entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, en una franja geográficamente denominada como la zona intertropical. Aquí los climas sufren una escasa variación de temperatura a lo largo del año, sin embargo, la amplitud térmica diaria es muy elevada (Úbeda, 2011). Como consecuencia de su localización en la vertiente pacífica de los Andes Centrales, el clima en esta región se rige por la posición de la zona de convergencia intertropical (ZCIT o ZCI), y por la corriente marina fría de Humboldt, factores que son modificados periódicamente por el fenómeno ENSO (El Niño-Oscilación del Sur). En esta cadena montañosa (figura 1) se distinguen básicamente dos estaciones: la invernal seca (de mayo a septiembre) y la estival húmeda (de octubre a abril). El valor de la isoterma de 0ºC se localiza entre los 5000 y 4800 m, con ligeras variaciones zonales entre la parte occidental y oriental respectivamente (Sevink, 2009).

FIGURA 1
Localización del valle de la laguna Parón

Fuente: Elaboración propia sobre una imagen de DigitalGlobe.

2. Metodología

El software más utilizado durante el desarrollo de este trabajo ha sido el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS, ya que debido a su versatilidad ha sido posible trabajar con distintos tipos de datos en un mismo proyecto. No obstante, sin el uso de las demás herramientas informáticas (Microstation v8i y Google Earth Pro) citadas anteriormente no hubiese sido posible la obtención de los resultados.

Por otro lado, dado que se ha trabajado con datos desde el año 2003, Google Earth Pro ha sido de gran ayuda en la interpretación de los datos. Ya que, o bien se ha exportado la imagen base de Google de los años 2003, 2005, 2010, 2012 y 2015; o bien directamente (cuando ha sido necesario interpretar algún rasgo geomorfológico del terreno) se ha abierto el archivo shapefile en Google Earth Pro.

Por último, todas las capas han sido visualizadas y elaboradas con un mismo sistema de referencia geodésico, el *World Geodetic System 84* (WGS84). Asimismo, se ha empleado el sistema de coordenadas *Universal Tranverse Mercator* (UTM), indicando la zona 18S dada la localización del área de estudio.

Diferentes tipos de ELA y métodos aplicados

Como ya se mencionó anteriormente, la ELA representa la altitud a la que se encuentra la línea de equilibrio del glaciar, es decir, la línea donde el balance de masa es igual a 0. Ahora bien, dependiendo de las variables empleadas para su determinación, se pueden distinguir varios tipos de ELA (Úbeda, 2011):

- ELA geomorfológica (ELAg): deducida de la altitud y forma de los glaciares.
- ELA de monitoreo (ELAm): estimada mediante trabajo de campo.
- ELA climática (ELAc): indicada por las variables implicadas en el balance de masa.

Como consecuencia de los datos que se han podido obtener, trabajaremos con ELAg y ELAm. No obstante, para extraer ambos tipos de ELA es necesario aplicar diferentes métodos (tabla 1).

Tabla 1
Métodos de cálculo y sus tipos de ELA correspondientes

Método de cálculo	Tipos de ELA
Métodos AA y AABR	ELAg y paleoELAg
Método glaciológico directo	ELAm
Método AABI	ELAm-g

Métodos AA y AABR

Para calcular la ELAg se utilizó los métodos *Area x Altitude* (AA) y *Area x Altitude Balance Ratio* (AABR), descritos en Osmaston (2005). Esta metodología se aplicó sobre los glaciares Artesonraju, Nevado Pisco, Chacraraju y Huandoy, por cumplir las siguientes características: son los que presentan mayores extensiones superficiales; alcanzan la cota más baja, todos en torno a los 4900 m; y presentan unas características morfométricas similares, lo que hace suponer a priori un comportamiento semejante. La metodología que se expone en este apartado es válida tanto para obtener la ELA como la paleoELAg. Los pasos a seguir son exactamente los mismos (excepto la reconstrucción de la paleotopografía).

Por un lado, se reconstruyó la ELAg estadísticamente representativa de los glaciares seleccionados, utilizando los métodos *Area x Altitude* (AA) y *Area x Altitude Balance Ratio* (AABR), descritos en Osmaston (2005).

Sissons (1980) adaptó el método AA simplificando enormemente los cálculos y enunciando una ecuación que sigue utilizándose en la actualidad (Úbeda, 2011):

$$\mathbf{ELA = \Sigma Z \cdot A / \Sigma A}$$

Donde:

$\Sigma Z \cdot A$: sumatorio del producto de la altitud media de cada intervalo altitudinal por su área.
ΣA: sumatorio de las áreas de las bandas altitudinales.

Este método asume que en los todos los glaciares donde se realice el cálculo, el *Balance Ratio* (cociente de los gradientes de ablación y acumulación) es BR=1,0 (Osmaston, 2005). En cambio, el método AABR, además de relacionar altitud y área, permite operar con distintos BR's para proporcionar un mayor rigor estadístico. Cabe mencionar que el método AABR opera con varios glaciares, a diferencia del método AA, que puede obtener resultados con los datos de un solo glaciar. El método AABR es el procedimiento que permite obtener mejores resultados (Benn *et al.*, 2005; Osmaston, 2005; Martín, 2014; Vásquez y Úbeda, 2016).

Método glaciológico directo (GD)

Este es el método más común dentro de los métodos directos sobre el terreno. Antes de desarrollar la metodología del proceso, cabe mencionar una serie de consideraciones acerca de los problemas que afectan a la recogida de datos en la monitorización de un glaciar. Por un lado, los instrumentos utilizados para esta toma de datos son expuestos durante un año a unas complejas condiciones atmosféricas fruto de su localización a una altitud superior a los 4500 metros (temperaturas bajo cero, fuertes vientos, humedad...). Por otro lado, el continuo movimiento de la masa de hielo puede tener como consecuencia que la localización de las estaciones pueda variar notoriamente de un año a otro. Finalmente, diferentes fenómenos naturales, como avalanchas y aludes, puede ocasionar la pérdida total. A ello hay que añadir la seguridad que debe tener el personal que acceda anualmente a la recogida de estos datos, ya que los instrumentos localizados a mayores altitudes (en este glaciar llegan a superar los 5300 metros) pueden verse cercados por situaciones de inestabilidad del hielo, agrietamientos (grietas o rimayas), entre otros factores. Ello justifica con claridad la falta de homogeneidad en algunas series de datos, o la existencia de valores atípicos.

El método glaciológico directo mide directamente sobre el terreno las fluctuaciones de la masa glaciar. Para ello, en la zona de ablación se colocan de manera distribuida una red de estacas (llamadas *balizas, balises, stakes*). En la zona de acumulación, se excavan pozos (*puits, pits*) o se hacen perforaciones (*carottages, drilling*) donde se mide directamente la cantidad de nieve o de hielo acumulada(o) entre el inicio y el fin del año hidrológico.

El siguiente paso es dividir el glaciar en bandas altitudinales (capa1). En nuestro caso, este paso ya se habrá efectuado ya que son las mismas bandas que se utilizarán para el método AABR. Los datos obtenidos en las balizas y pozos de acumulación se introducen en ArcGIS para realizar una interpolación lineal y así obtener un raster (capa2) con la estimación del monitoreo por toda la superficie del glaciar. Superponiendo la capa de bandas altitudinales (capa1) y el raster (capa2) obtenemos una nueva capa que representa el balance de masa en función de la altitud. El balance de cada banda se pondera con su superficie relativa a través de la siguiente ecuación:

$$Bn = \Sigma B_i \, (s_i / S)$$

Donde:

B_i*:* balance de cada banda altitudinal *i*
s_i*:* superficie de la banda altitudinal
S: superficie total del glaciar

Por último, una vez se ha podido obtener el valor de balance neto para cada banda altitudinal, y su altitud media correspondiente, se creará un gráfico con la línea de tendencia y su ecuación lineal, lo que nos permitirá conocer con exactitud la ELA. Como veremos más adelante, será necesario probar con distintos tipos de ecuaciones de la curva de regresión para seleccionar la que ofrezca el resultado estadísticamente más correcto.

Método AABI

Este método se ha empleado para los mismos 4 glaciares que utilizamos en el método AABR, con el objetivo de comparar los resultados entre ambos procedimientos. Para emplear el método AABI es necesario disponer de los datos de monitorización de un glaciar, así que aprovecharemos la información que hemos obtenido en el método anterior. Siguiendo las instrucciones de Osmaston (2005), se programó una hoja de cálculo en la que se introdujeron los siguientes datos:

1. Resultados obtenidos mediante la aplicación del método GD en el glaciar Artesonraju: ELAm (ELA de referencia) y balance neto para cada banda altitudinal (balance neto = Balance Index o BI).
2. Área y altitud media de cada banda altitudinal de los tres glaciares a los que se deseaba extrapolar la monitorización del glaciar Artesonraju (Pisco, Chacraraju y Huandoy).

A continuación, en cada uno de los tres glaciares (nuevo glaciar), se aplicó un procedimiento que consta de 7 pasos (I-VII):

I. Cálculo del desnivel con respecto a la ELAm de la altitud media de cada banda altitudinal del nuevo glaciar.
II. Asignación a cada banda altitudinal del nuevo glaciar del BI de la banda altitudinal con desnivel equivalente del glaciar Artesonraju.
III. Cálculo del producto del BI asignado a cada banda altitudinal del nuevo glaciar, por el área de dicha banda altitudinal (BIxA).
IV. Cálculo del sumatorio del producto BIxA de todas las bandas altitudinales del nuevo glaciar: Σ(BIxA).
V. Ensayo de sucesivos valores de ELA de prueba (ELAp), que cambiaron también los resultados obtenidos en los pasos II, III y IV. Los ensayos se repitieron hasta identificar aquellos valores de ELAp que dieron consecutivamente un resultado positivo y otro negativo en el producto BIxA (ELAp1 y ELAp2).
VI. La ELAm extrapolada al nuevo glaciar quedó comprendida en el intervalo ELAp1-ELAp2.
VII. La ELAm extrapolada del nuevo glaciar se identificó empleando la siguiente ecuación, modificada de Osmaston (2005):

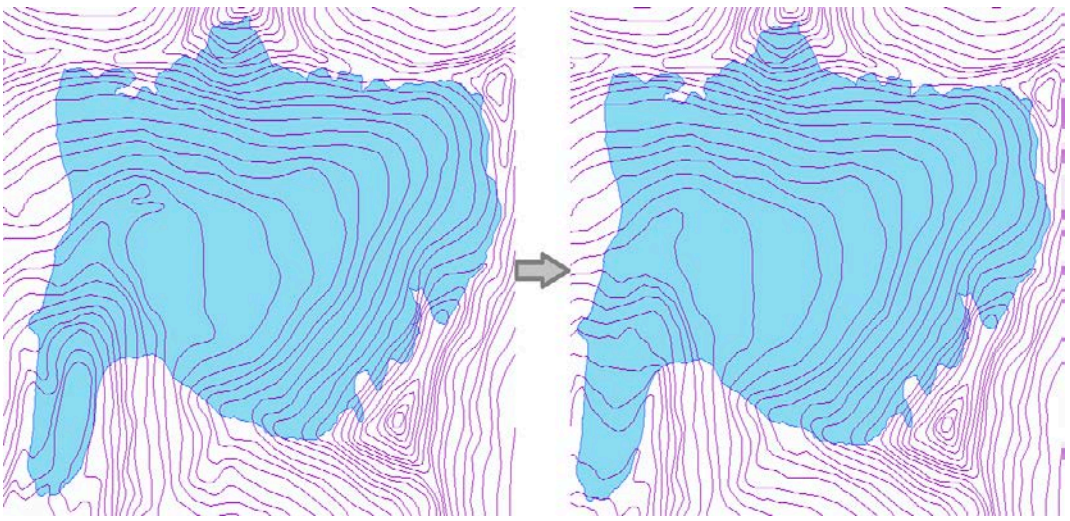
$$\boldsymbol{ELAme} = [\boldsymbol{ELAp1} + (\boldsymbol{ELAp2} - \boldsymbol{ELAp1})]\, \Sigma\mathbf{1}/[\Sigma\mathbf{1} + \Sigma\mathbf{2}]$$

Delimitación de los paleoglaciares y reconstrucción de la paleotopografía de la PEH

Para delimitar los paleoglaciares de la PEH ha sido necesario disponer de los siguientes materiales: curvas de nivel procedentes de las Cartas Nacionales del Perú; cartografía geomorfológica mostrada anteriormente (glaciares y morrenas) y Google Earth Pro para poder llevar a cabo una interpretación geomorfológica de los valles. Las morrenas se utilizaron como la referencia principal para la delimitación., ya que son un elemento que refleja el límite inferior de los paleoglaciares. En la delimitación superior de los paleoglaciares se tomó como referencia el límite superior de glaciares actuales, ya que se corresponden con los puntos más altos de los collados, las aristas, o con las faldas de las laderas. Por lo tanto, se tomará como válido la delimitación superior actual para utilizarla en los paleoglaciares.

En cuanto a la reconstrucción de la paleotopografía de la PEH, ha sido necesario disponer de las curvas de nivel y del límite de los paleoglaciares digitalizados anteriormente. El objetivo es conseguir representar cómo serían las curvas de nivel si todavía existiesen las masas de hielo de la PEH. Como se puede apreciar en la imagen de la página anterior (figura 2), en la imagen de la izquierda aparecen las curvas de nivel originales y a la derecha las curvas de nivel reconstruidas para la PEH. En ambas imágenes se ha añadido el límite del paleoglaciar Artesonraju para una mejor interpretación. Debemos editar manualmente las curvas de nivel que se encuentren dentro de la delimitación del paleoglaciar. De esta manera podremos rellenar los valles que han perdido masa glaciar. Las curvas de nivel fueron trazadas acorde a las características estimadas de los paleoglaciares. Dependiendo de la profundidad del valle, las curvas de nivel han sido más o menos pronunciadas. Cuanto más profundo sea el valle, mayor es el volumen de hielo que alojaba. A modo de ejemplo, el siguiente mosaico de imágenes refleja el objetivo de esta fase (figura 3).

FIGURA 2
Diferencias entre la topografía original y la paleotopografía.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGN y CRYOPERU.

Cálculo del enfriamiento del clima de la PEH con respecto al presente

Este cálculo permite realizar estimaciones climáticas de épocas antiguas de las que no es posible disponer de datos. Para ello, es necesario disponer de la siguiente información:

- Desnivel existente entre la ELA y paleoELA AABR.
- Gradiente Térmico Vertical de la Tierra (GTV), que Kaser y Osmaston (2002) consideraron como válido para los trópicos = 0,0065 ºC/m.

El enfriamiento climático puede deducirse resolviendo la siguiente ecuación propuesta por Úbeda (2011):

$$\Delta T = GTV \bullet \Delta ELA$$

Donde:

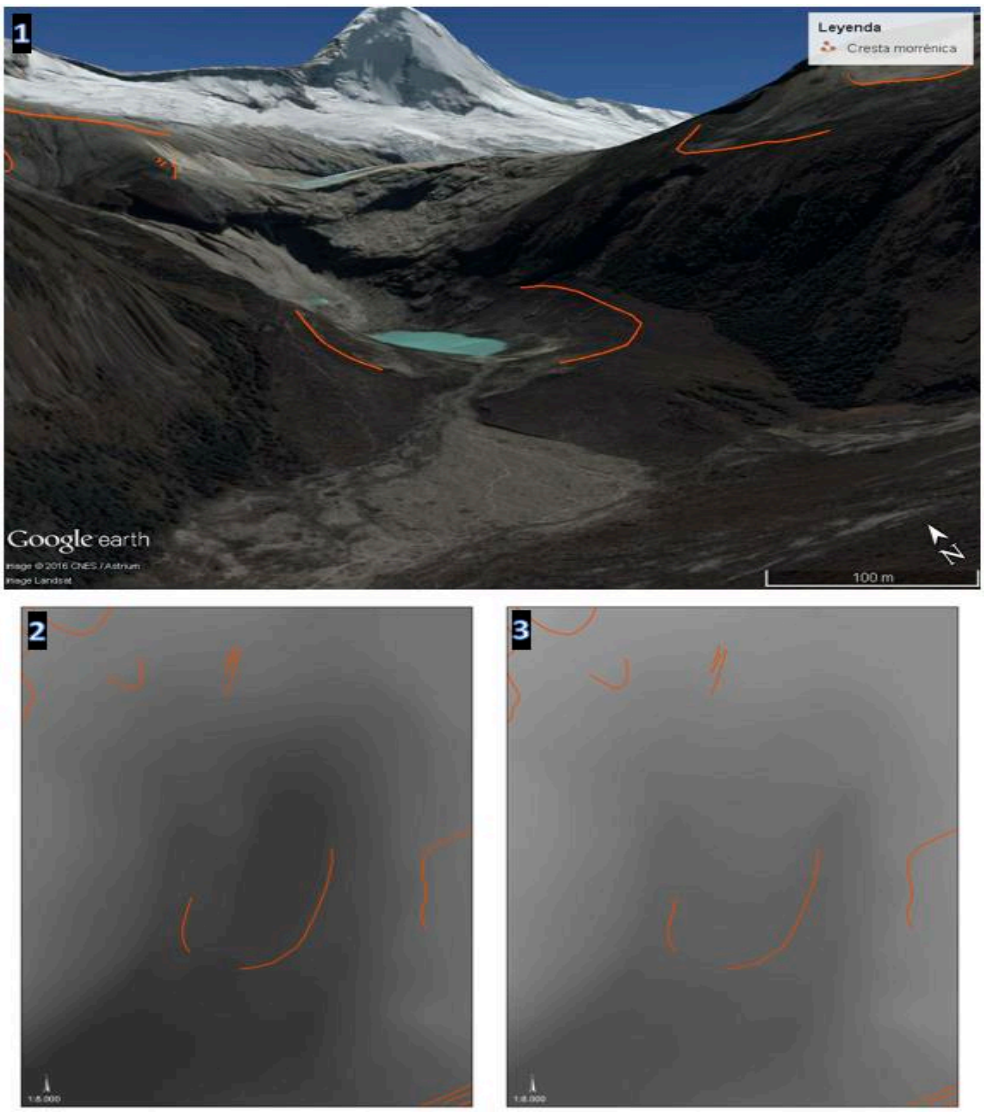
ΔT: enfriamiento del clima de la PEH con respecto al presente (ºC).
GTV: Gradiente Térmico Vertical de la Tierra (0,0065 ºC/m).
ΔELA: desnivel entre la ELA actual y la paleoELA (m).
Los resultados de este calentamiento del clima derivado de ELA y paleoELA se compararán con otros trabajos y con registros instrumentales del calentamiento global desde finales del iglo XIX (IPCC, 2013).

3. Resultados

Retroceso de la superficie del glaciar Artesonraju

El retroceso del glaciar Artesonraju se ha cuantificado para el periodo comprendido entre 2003 y 2015, a través de imágenes obtenidas cada tres años (2003, 2006, 2009, 2012 y 2015). Este material ha permitido medir tanto el retroceso lineal del frente glaciar, como la pérdida de la superficie total del glaciar. Mediante las herramientas que proporciona ArcGIS ha sido posible cuantificar la distancia (en metros) que retrocede el frente glaciar cada 3 años y la superficie total que ocupa el glaciar en las fechas de estudio, así como la diferencia de superficie experimentada entre los momentos de observación (tablas 2 y 3).

FIGURA 3
Reconstrucción de la paleotopografía.



1 Imagen de Google Earth que muestra el frente del paleoglaciar Artesonraju. En color naranja aparecen las crestas morrénicas. Fecha de la imagen: 20 de Julio de 2016.

2. Crestas morrénicas y MDT obtenido con la topografía original.

3. Crestas morrénicas y MDT obtenido con la paleotopografía. Con este ejemplo se aprecia cómo se rellenan los valles. En este caso se rellena lo que hoy en día es una pequeña laguna.

Tabla 2
Métodos de cálculo y sus tipos Pérdida de superficie del glaciar Artesonraju

Año	Superficie total del glaciar (ha)	Pérdida (ha)	Pérdida (%)
2003	171,92		
2005	167,15	4,818	-2,80
2009	165,54	1,567	-0,94
2012	164,27	1,268	-0,77
2015	161,79	2,481	-1,51
	TOTAL =	**10,134**	**-6,02**

Como se puede apreciar en la tabla 5, la pérdida de superficie de la lengua del glaciar desde 2003 hasta 2015 supone la desaparición del 6% de su extensión. En el trienio 2003-2006 el glaciar pierde el 2,80% de su superficie, mientras que durante los tres años siguientes el glaciar pierde el 0,94%. Entre 2009 y 2012 se produce una pérdida más leve, del 0,77%. A

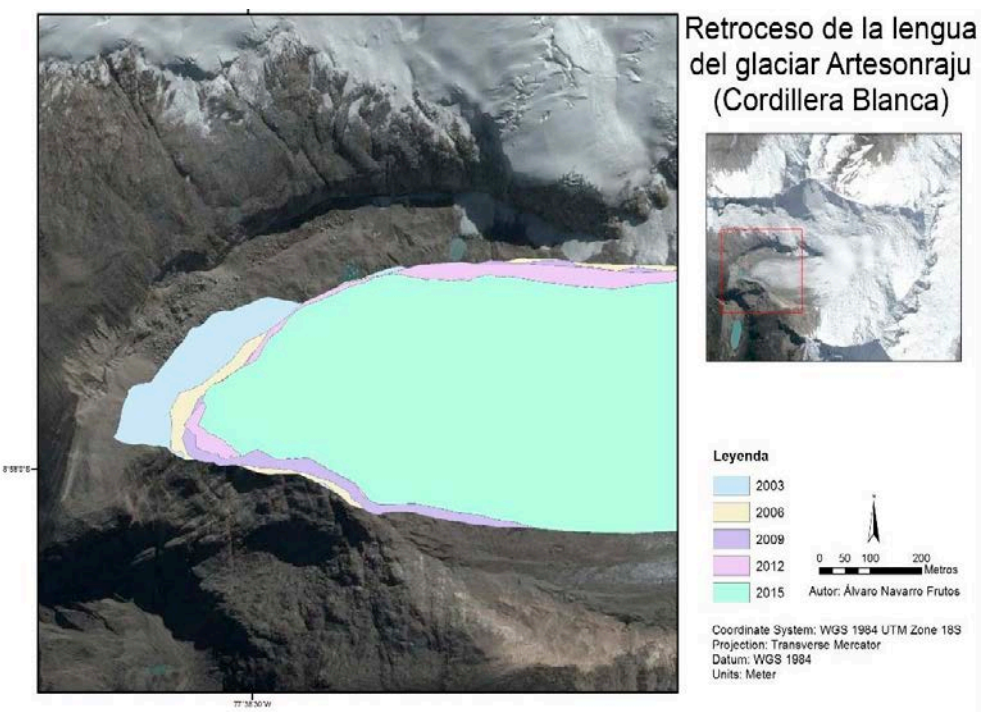
partir de esta fecha la regresión se agudiza, llegando a perder el 1,51% entre los años 2012y 2015.

Tabla 3
Retroceso lineal del frente del glaciar Artesonraju

	2003-2006	2006-2009	2009-2012	2012-2015
	112,54	26,98	10,39	15,47
	93,86	40,47	26,87	26,68
	56,82	21,07	22,93	35,73
	86,24	38,72	19,86	12,61
TOTAL =	87,37	31,81	20,01	22,62

Según los datos recogidos en la tabla 6, el glaciar Artesonraju retrocedió 161,8 m entre 2003 y 2015, con un promedio de 40 m cada 3 años. Este retroceso no es uniforme, ya que hay trienios que este proceso se intensifica, durante los años 2003-2006, donde el glaciar retrocede una media de 87,37 m, a diferencia del trienio 2009-2012, cuando el glaciar se repliega una media de 20 m. El siguiente mapa refleja el retroceso de esta masa de hielo (figura 4).

FIGURA 4
Retroceso de la lengua del glaciar Artesonraju

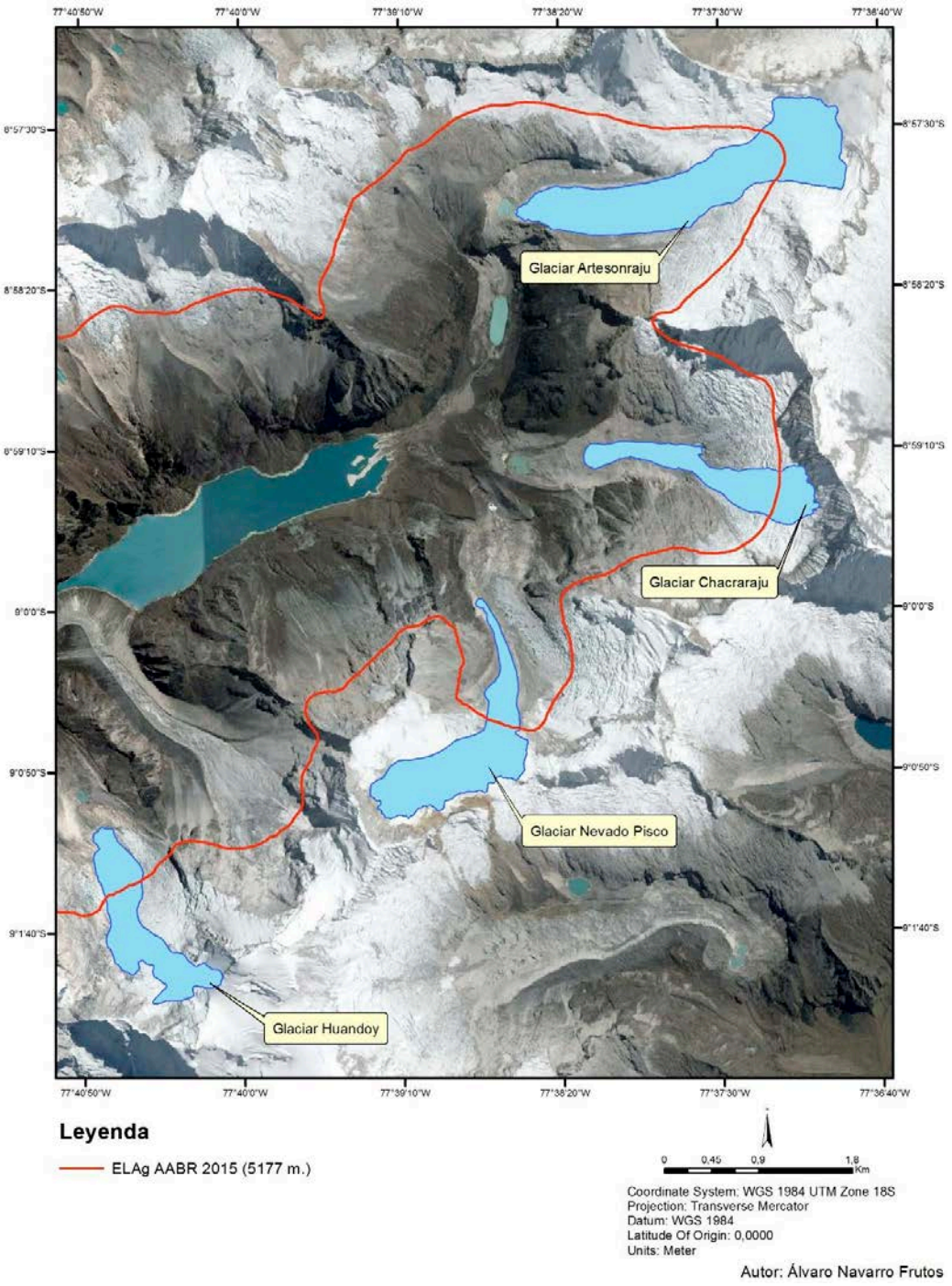


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGN y CRYOPERU.

ELAg 2015 a través del método AABR

Como ya se describió anteriormente, la ELAg se calculó sobre los 4 glaciares de la microcuenca de Parón que cumplen unas características semejantes, a través de la hoja de cálculo y la cartografía actualizada sobre una imagen de Google Earth de ese mismo año. El siguiente mapa (figura 5) muestra la ELAg AABR 2015 de los 4 glaciares.

FIGURA 5
ELAg AABR 2015



Fuente: Elaboración propia a partir de la UGRH, CRYOPERU y Google Earth.

La siguiente tabla presente un resumen de las ELAg AABR 2015 (tabla 4). La tabla incluye el promedio de la ELA para cada BR del conjunto total de los glaciares, y su valor correspondiente de la desviación típica. De esta manera, la ELAg AABR 2015 para estos 4 glaciares se sitúa a 5177,5 m. Como se indica en la metodología, se toma como ELA más probable estadísticamente la ELA promediada que contenga una menor desviación típica (Osmaston, 2005).

Tabla 4
Resumen de las ELAg AABR 2015

GLACIARES	BR=1,0	BR=1,5	BR=2,0	BR=2,5	BR=3,0	BR=3,5
ARTESONRAJU	5043	5008	4985	4968	4955	4945
PISCO	5331	5306	5285	5268	5254	5442
CHACRARAJU	4946	4895	4859	4831	4810	4793
HUANDOY	5390	5338	5304	5277	5257	5240
DESV. TÍPICA	216,33	219,22	221,27	222,34	223,34	223,56
PROMEDIO	**5177,5**	5136,75	5108,25	5086	5069	5055

PaleoELAg de la PEH a través del método AABR

Los paleoglaciares que se estudian a continuación son fruto de la expansión glaciar que sucedió durante el último periodo frío globalmente reconocido en la Tierra, la PEH. La paleoELAg más tarde nos servirá para analizar el enfriamiento del clima de la PEH. Por lo tanto, los resultados pueden resumirse en la siguiente tabla (tabla 5).

Tabla 5
Resumen de las paleoELAg AABR de la PEH

PALEOGLACIARES	BR=1,0	BR=1,5	BR=2,0	BR=2,5	BR=3,0	BR=3,5
ARTESONRAJU	5034	4989	4957	4931	4911	4894
PISCO	5222	5173	5135	5106	5080	5058
CHACRARAJU	4839	4801	4775	4756	4740	4727
HUANDOY	5327	5276	5241	5213	5191	5172
DESV. TÍPICA	215,07	209,40	204,83	200,74	197,38	194,22
PROMEDIO	**5105,5**	5059,75	5027	5001,5	4980,5	4962,75

El resultado revela una paleoELAg situada a una altitud de 4962,75 m, lo que indica una diferencia respecto a la ELAg AABR 2015 de 215 m. La paleoELAg se corresponde con el BR=3,5. Los mapas que aparecen a continuación (figuras 6 y 7), además de mostrar los resultados, permiten tener una referencia sobre las dimensiones de los paleoglaciares en su máxima extensión en la PEH respecto a los actuales. La superficie que ocupaban los paleoglaciares era de 17,28 km², mientras que la ocupada por los glaciares actuales es de 12,43 km². Ello supone una pérdida de casi el 36% de su superficie total.

ELAm 2004 – 2014 del glaciar Artesonraju a través del método glaciológico directo

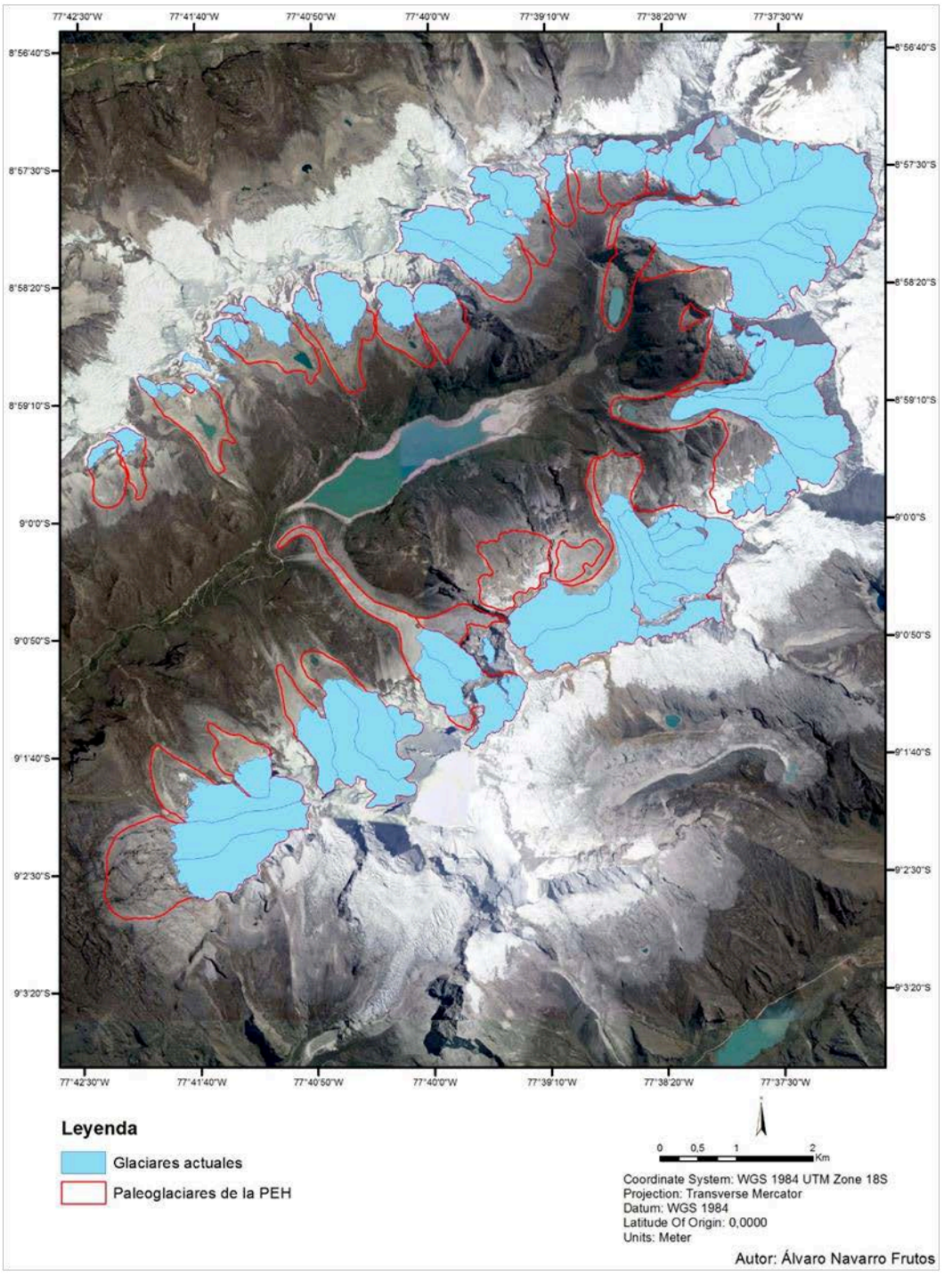
En el glaciar Artesonraju se ha calculado la ELAm a través del método GD. Los resultados permiten analizar los cambios en la ELA de este glaciar cada 5 años, ya que los cálculos se efectuaron para las fechas 2004, 2009 y 2014 (tabla 6).

Tabla 6
ELAm del glaciar Artesonraju a través del método GD

Fecha	Altitud de la ELAm (m)
2004	5072
2009	5099
2014	5129

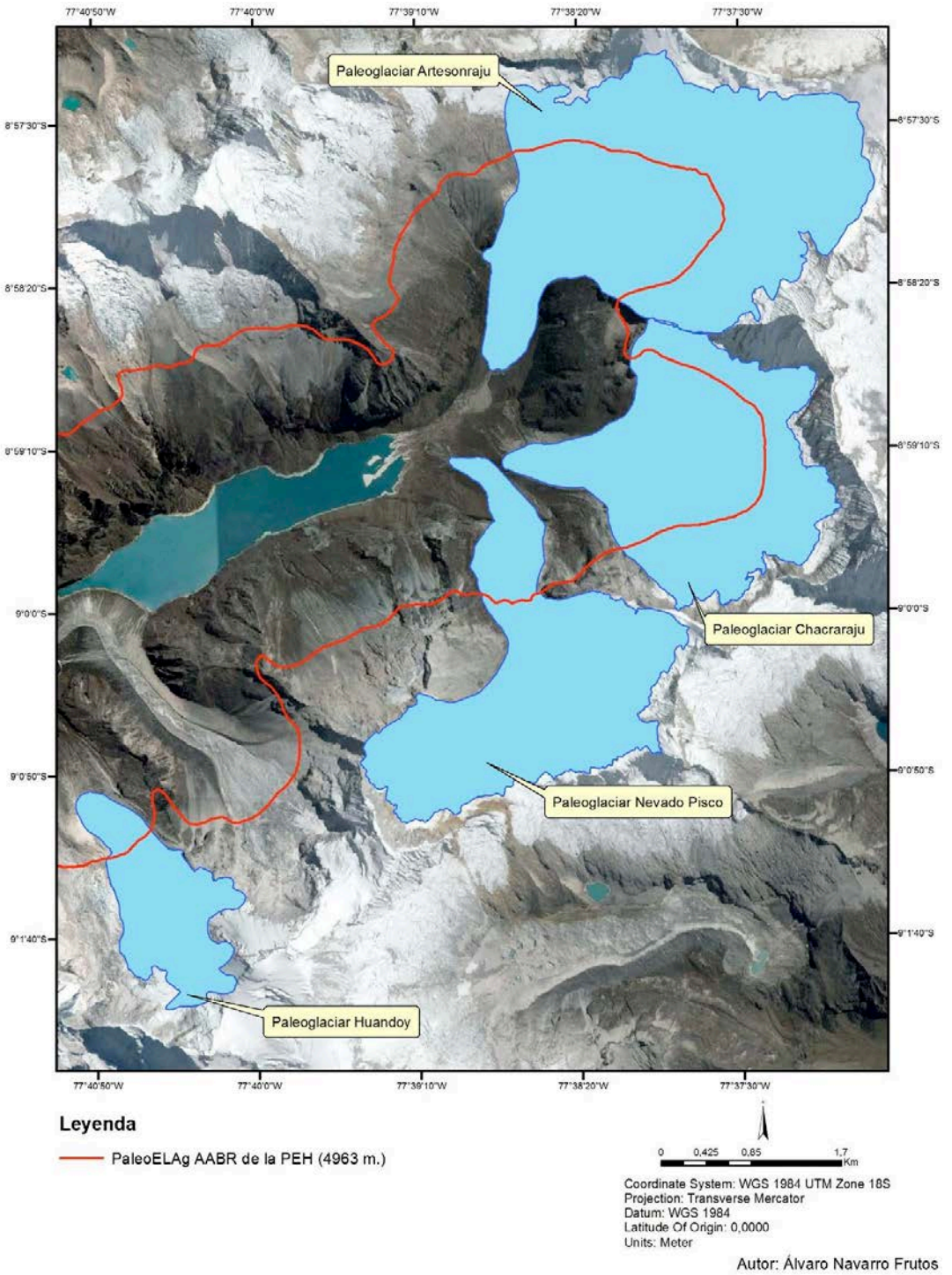
Los resultados evidencian un ascenso de la ELAm de 57 m en 10 años. El retroceso glaciar, o el ascenso de la ELAm, ha sido mantenido en la última década, ya que desde 2004 hasta 2009 la ELAm asciende 27 m, mientras que desde 2009 hasta 2014 la ELAm asciende 30 m.

IGURA 6
Glaciares actuales y paleoglaciares de la PEH



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la UGRH, CRYOPERU y Google Earth.

FIGURA 7
Glaciares actuales y paleoglaciares de la PEH



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la UGRH, CRYOPERU y Google Earth.

ELAm 2014 a través del método AABI

Este método se basa en la posibilidad de extrapolar datos tomados de forma directa en el hielo de un glaciar a otros glaciares. En nuestro caso, se han extrapolado los resultados obtenidos para el glaciar Artesonraju a los tres glaciares de estudio restantes (Pisco, Chacraraju y Huandoy). En la siguiente tabla (tabla 7) se resumen las ELAm obtenidas a través de este método:

Tabla 7
Resumen de las ELAm AABI

Glaciares	Altitud de la ELAm (m)
Pisco	5402
Chacraraju	4806
Huandoy	5454

Según estos datos, la ELAm AABI 2014 se localiza a 5402 m en el glaciar Nevado Pisco, a 4806 m en el Chacraraju y a 5454 m en el Huandoy. Para completar la tabla deberíamos incluir el resultado obtenido para el glaciar Artesonraju del año 2014 a través del método glaciológico directo. El método AABI intenta imitar el método GD, ya que atribuye un valor de balance neto para cada banda altitudinal. Por ello, ya que el resultado es una ELA de monitoreo para cada glaciar en el año 2014, se ha decidido incluir en la página siguiente un mapa que muestra visualmente los resultados, incluyendo los del método glaciológico directo del glaciar Artesonraju (figura 8).

Enfriamiento del clima de la PEH con respecto al presente

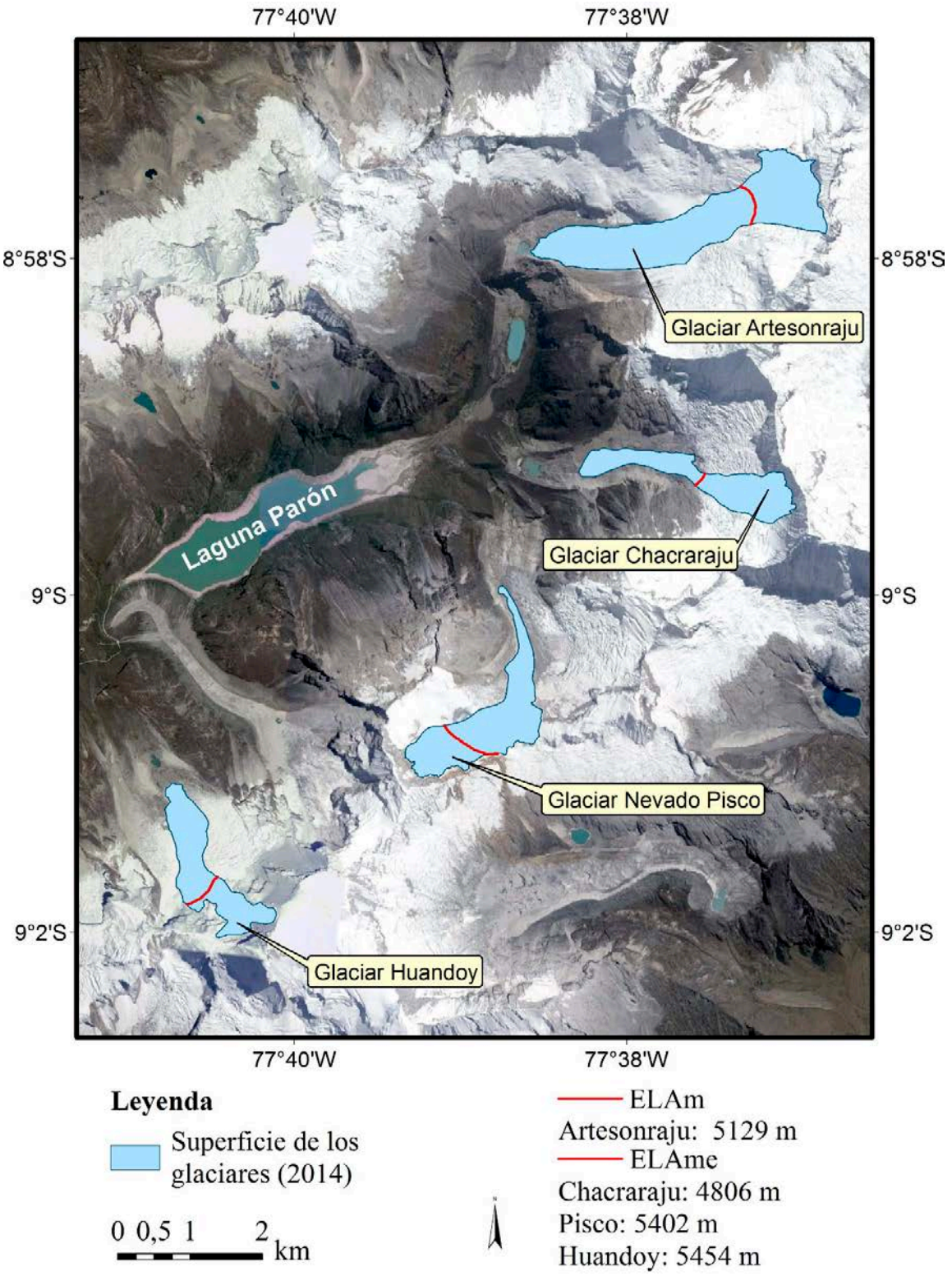
Los resultados permiten mejorar la percepción de la información climática registrada por la variación de los glaciares en el pasado. Por un lado, los resultados de la ELA y paleoELA de los glaciares objeto de estudio han sido mostrados anteriormente en mapas. Asimismo, también se han expuesto las tablas en las que se ha calculado el valor definitivo.

Como se indica en la metodología, esta estimación del calentamiento actual se ha obtenido siguiendo las indicaciones del trabajo de Vásquez y Úbeda (2016). En este sentido, obteniendo el desnivel existente entre paleoELAg y ELA AABR 2015, y multiplicándolo por el valor del GTV, el resultado muestra un calentamiento del año 2015 respecto a la PEH de 1,39 ºC (tabla 8). Esta tabla, además de incluir ELAg y paleoELAg, realiza una comparación del enfriamiento deducido con el calentamiento global sugerido anteriormente.

Tabla 8
Resumen del calentamiento del clima actual con respecto a la PEH

			Parón
Latitud/Longitud			9ºS/77º40'W
Año imágenes de satélite			2015
GTV (ºC/m)			0,0065
	PRESENTE	ELA (m)	5177
		BR	1,0
		σ	216
	Pequeña Edad del Hielo (PEH)	paleoELA (m)	4963
		BR	3,5
		σ	194
Diferencia entre el calentamiento global y el enfriamiento deducido de ∇ELA	**Enfriamiento del clima deducido de ∇ELA**	∇T(ºC)	1,39
	Promedios anuales 1880 y 2012	∇T(ºC)= 0,85ºC	-0,54
	Promedios series 1850-1900 y 2003-2012	∇T(ºC)= 0,78ºC	-0,61

FIGURA 8
ELAm AABI 2014



Fuente: Elaboración propia a partir de la UGRH, CRYOPERU y Google Earth.

4. Análisis y discusión de los resultados

El objetivo de la aplicación de los métodos AABR, GD y AABI es diferente. Mientras el primero busca estimar una ELAg estadísticamente representativa de un conjunto de glaciares, el segundo sirve para evaluar el balance de masa de un único glaciar (ELAm), y el tercero permite extrapolar el balance de masa conocido de un glaciar monitoreado a otros glaciares de su entorno (ELAme). No obstante, las ELAs obtenidas son bastante semejantes, mostrando una diferencia de sólo 21 m entre ELAg (5177 m) y el promedio (5198 m) de las ELAs deducidas del monitoreo, directa (ELA del glaciar Artesonraju; 5129 m) o indirectamente (ELAme de los glaciares Chacraraju, 4086 m; Pisco, 5402 m; y Huandoy; 5454 m).

La discusión de los resultados que se han presentado se enfrente con un problema: además de en la publicación teórica original de Osmaston (2005), el método AABI sólo aparece citado en dos publicaciones (Kargel et al., 2014; Schoenbohm et al., 2014) y no se han encontrado trabajos sobre aplicaciones prácticas del mismo procedimiento. Por ese motivo el presente trabajo puede considerarse tan pionero en su género que no es posible comprar nuestros resultados con otras publicaciones. Por lo tanto, apenas podemos limitarnos a realizar propuestas de futuro. Todavía es necesario realizar nuevos ensayos del método AABI, en otras fechas del mismo glaciar (para aumentar la resolución temporal) y en otros glaciares localizados en otras montañas (para incrementar la resolución espacial).

Las ELAme obtenidas por el método AABI podrían servir para aplicar los datos procedentes del monitoreo de glaciares para elaborar pronósticos sobre el futuro de otros glaciares, basados en un principio teórico: la elevación de la ELA por encima del límite superior de un glaciar extendería la zona de ablación a toda la masa de hielo, haciendo desaparecer la zona de acumulación y condenando al glaciar a desaparecer en el plazo de tiempo que el clima necesitase para fundir la masa de hielo restante. La elaboración de esas previsiones requeriría de la disponibilidad de datos de ELAm correspondientes a varios años, para definir tendencias y extrapolarlas a futuro. Aunque hoy en día no se dispone de ese tipo de datos, la metodología que se ha presentado podría servir para dar comienzo a la elaboración sistemática de trabajos similares, proporcionando un nuevo enfoque sobre el impacto del cambio climático en los glaciares. Para lograr ese objetivo es preciso incrementar los trabajos de monitoreo y mejorar la accesibilidad de la información recogida en otras fechas, en el mismo u otros glaciares.

En cuanto a la paleoELAg, si tomamos el año 1890 como el final de la PEH, podemos ver cómo la ELA de estos glaciares ha ascendido 214 m en 125 años. Esto equivale a un ascenso de 1,71 m/año. Podemos comparar este resultado con otros trabajos que aplicaron los mismos métodos en los Andes Centrales para analizar las diferencias entre la PEH y el presente. El trabajo de Giráldez (2011) obtuvo un resultado de 2,59 m/año en el Nevado Hualcán; Úbeda (2011), 1,87 m/año en el cuadrante NE del Nevado Coropuna; García (2011), 2,23 m/año en el cuadrante NW del Nevado Coropuna. Por último, Martín (2014) obtuvo 1,29 m/año en glaciares de la vertiente sur del Nevado Salcantay. La diferencia entre estos resultados puede responder a los factores propios de cada conjunto de glaciares analizados.

El resultado del método glaciológico directo fue la ELAm del glaciar Artesonraju de los años 2004, 2009 y 2014 (5072 m, 5099 m y 5129 m respectivamente). Estos resultados dan un ascenso de la ELA del glaciar Artesonraju de 7,1 m/año desde el 2004. Lo que se diferencia bastante de los promedios obtenidos con el método AABR para los 4 glaciares (1,71 m/año). Este hecho puede llevarnos a plantear dos nuevas hipótesis: a) La exactitud de los datos del método GD permite obtener unos resultados más precisos y por lo tanto un análisis puntual respecto al comportamiento de un solo glaciar. b) Debido a la diferencia tan abultada en los valores medios de ascenso de la ELA (m/año), permite suponer un ascenso más rápido desde inicios de siglo XXI (7,1 m/año) que el ritmo de ascenso que ha llevado la ELA a lo largo del siglo XX. Otros trabajos, como el de Francou y Pouyaud (2004), aplicaron este método en otros glaciares tropicales, en este caso en el glaciar Zongo (Bolivia) con una ELA situada a

5140 m en el año 2001; y en el glaciar Chacaltaya (Bolivia) con la ELA situada a 5340 m en el año 1996.

Por otro lado, el método AABI permitió extrapolar los datos de balance de masa deducido del glaciar Artesonraju a los otros 3 glaciares que se han estudiado. Los resultados fueron una ELAm del glaciar Nevado Pisco a 5199 m; Chacraraju a 4898 m y Huandoy a 5245 m. Si obtenemos la ELA media del método AABI y la ELA media obtenida con el método AABR, podemos ver cómo la diferencia entre ellas es de apenas 55 m. Cabe mencionar que el método AABI fue calculado para el año 2014 (ya que los datos disponibles de monitorización más recientes son del año 2014) y el método AABR para el año 2015. Teniendo en cuenta las variaciones anuales de la ELA, la diferencia entre estos métodos sería aún menor, lo que corrobora el buen uso de ambos métodos para este tipo de análisis. No obstante, hoy en día no existen demasiados trabajos que apliquen el método AABI, por lo que sería necesario seguir investigando en esta línea. Además del trabajo de Osmaston (2005), el método AABI solo está planteado y citado en dos ocasiones (Schoenbohm *et al.*, 2014; Kargel *et al.*, 2014), con lo cual no hay trabajos para hacer una buena comparación. A modo de resumen, la siguiente tabla (tabla 9) muestra los resultados obtenidos para cada método. Aunque no era uno de los objetivos principales del presente trabajo, se ha decidido incluir también los resultados del método AA, ya que obtener ELAg AA es un paso obligatorio para obtener AABR.

Por último, los resultados del enfriamiento del clima de la PEH con respecto al presente se comparan a continuación con otros trabajos de investigación y con evidencias del calentamiento global fundamentadas en análisis instrumentales (IPCC, 2013). Para ello se ha utilizado la tabla (tabla 10) contenida en el trabajo de Vásquez y Úbeda (2016), a la que se ha añadido una última columna con los datos obtenidos de la cuenca de la laguna Parón. Se ha decidido incluir esta tabla para poder comparar los resultados de este apartado con otros trabajos de investigación que han aplicado los mismos métodos sobre otros glaciares localizados en los Andes Centrales. Si obtenemos el promedio de todas las variaciones del clima que aparecen en la tabla anterior, el resultado es de 0,84ºC, lo que ofrece prácticamente el mismo resultado (0,85ºC) de los promedios anuales entre los años 1880 y 2012 ofrecidos por el IPCC (2013).

Tabla 9
Resumen de las ELAs obtenidas

	ELAg (m)		**ELAm (m)**	
Glaciares	**Método AA**	**Método AABR**	**Método glaciológico directo (GD)**	**Método AABI**
Artesonraju	5043	5177	5129	
Pisco	5336	5177		5402
Chacraraju	4946	5177		4806
Huandoy	5390	5177		5454
MEDIA	5178	5177	5198	

5. Conclusiones

El retroceso glaciar es una de las consecuencias más palpables del cambio climático. La fragilidad y vulnerabilidad de los glaciares frente a las variaciones climáticas hace que se conviertan en las primeras evidencias del cambio climático a nivel global. Gracias al aumento y a la mayor calidad del estudio y seguimiento de los glaciares, en la actualidad existe una mayor viabilidad para interpretar la velocidad a la que suceden estos cambios en el clima. Además de cuantificar esta velocidad, es posible predecir futuros escenarios y estimar el tiempo de vida de un glaciar. Como consecuencia de la rapidez con la que han actuado estas masas de hielo, existe una clara necesidad de actuación.

Por otro lado, los glaciares no son sólo los indicadores clave del cambio climático, sino también son un importante suministro de agua de la que dependen una cantidad cada vez

mayor de personas. En nuestro caso, la mayoría de los glaciares estudiados en el presente trabajo drenan sus aguas a la laguna Parón. Como ejemplo cabe mencionar la población de la ciudad de Caraz (el núcleo de población más cercano a la laguna Parón), alrededor de 30.000 habitantes se abastecen con agua de esta laguna.

A ello hay que unir la existencia creciente de los riesgos naturales, como la aparición de lagos de origen glaciar, con un gran volumen de agua y localizados en lugares inestables. Si además se añade la peligrosidad sísmica de la zona, crea un área muy vulnerable frente a las amenazas naturales.

El uso de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) ha permitido aplicar diversas metodologías para la determinación de geoindicadores del cambio climático. La fotointerpretación de imágenes satélite, el procesamiento de la información con el software CAD y SIG, así como los cálculos realizados con las hojas de cálculo, han proporcionado los numerosos resultados obtenidos. Después de comparar los resultados con otros trabajos de investigación, debemos mencionar una serie de factores que afectan a los glaciares de montaña. Aun comparando glaciares que se vean afectados bajo un mismo sistema morfoclimático, incluso si comparamos glaciares contiguos, hemos de tener siempre en cuenta una serie de factores que individualizan cada aparato glaciar: latitud, altitud, temperatura, precipitaciones, orientación, orografía, vientos, radiación, sequedad, continentalidad, nubosidad, entre otros.

Este trabajo es el primer ensayo con datos reales del método AABI. Su aplicación ha permitido extrapolar datos del balance de masa del glaciar Artesonraju a otros tres glaciares de su entorno (la cuenca de la laguna Parón): los glaciares Chacraraju, Pisco y Huandoy. Se trata sólo de un ensayo preliminar de un método que puede tener interesantes aplicaciones prácticas, por ejemplo para comprender el impacto del cambio climático en el mayor número posible de glaciares.

Por otro lado, a partir de las morrenas ha sido posible reconstruir los paleoglaciares de la PEH. Gracias a estos paleoglaciares se ha podido estimar la pérdida de superficie, analizar las diferencias en la ELAg y obtener datos de enfriamiento del clima. Los resultados mostraron un calentamiento de 1,39ºC del clima actual con respecto a la PEH.

Relacionar trabajos de esta índole con trabajos que realizan cálculos de la profundidad del hielo, como el de Santiago *et al.* (2016), permitirían obtener diferencias en cuanto a la superficie y al volumen de las masas de hielo. Además, los resultados podrían compararse con las operaciones ráster que pueden realizarse a través de los MDE de la paleotopografía y la topografía actual, que también permiten obtener resultados de pérdida de volumen.

Asumiendo que el final de la PEH acontece a partir de 1890 (Thompson *et al.*, 2000), y que las morrenas que sirven para la delimitación de los paleoglaciares se corresponden con esta fecha, podría aplicarse la tasa de deglaciación (TD). Esta tasa emplea una simple ecuación que divide la variación de la ELA entre el intervalo de tiempo considerado. Esto podría ensayarse con varios tipos de ELA, lo que permitiría estimar un escenario de futuro basado en la TD en función de la superficie.

Tabla 10
Resumen de ELAs y paleoELAs

					Nevado Coropuna					
		Hualcán[1]	**Pariaqaqa[2]**	**Sulcón[3]**	**NW[4]**	**NE[5]**	**SE[5]**	**SW[6]**	**Promedios Coropuna[3]**	**Parón**
Latitud/Longitud		9ºS/77ºW	12ºS/76ºW		16ºS/72ºW					9ºS/77º40'W
Año imágenes de satélite		2003	2010	2010	2007					2015
GTV (ºC/m)		0,0065			0,0065					0,0065
PRESENTE	ELA (m)	5124	5138	5246	6034	5968	5862	5992	5964	5177
	BR	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	2,0	1,8	1,0
	σ	90	132	133	36	73	136	80	81	216
Pequeña Edad del Hielo (PEH)	paleoELA (m)	4994	4998	5106	5936	5886	5776	5823	5855	4963
	BR	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,5	3,5
	σ	124	161	91	61	93	166	39	90	194
Enfriamiento del clima deducido de ∇ELA	∇ELA (m)	130	140	140	98	80	86	169	109	214
	∇T(ºC)	0,85	0,91	0,91	0,64	0,53	0,56	1,10	0,71	1,39
Promedios anuales 1880 y 2012	∇T(ºC)= 0,85ºC	0,00	-0,06	-0,06	0,21	0,32	0,29	-0,25	0,14	-0,54
Series 1850-1900 y 2003-2012	∇T(ºC)= 0,78ºC	-0,07	-0,13	-0,13	0,14	0,25	0,22	-0,32	0,07	-0,61

Tabla tomada del trabajo Vásquez y Úbeda (2016). Presenta un resumen de ELAs y paleoELAs obtenidas por: 1. Giráldez (2011); 2. Quirós (2013); 3. Vásquez y Úbeda (2016); 4. García (2013); 5. Úbeda (2011); 6. Campos (2015). Además, incluye el enfriamiento del clima deducido de ΔELA y una comparación del enfriamiento deducido con el calentamiento global sugerido por registros instrumentales (IPCC, 2013): diferencia entre promedios de los años 1880 y 2012 (ΔT=0,85ºC) y promedios de las series 1850-1900 y 2003-2012 (ΔT=0,78ºC).

Referencias bibliográficas

- Benn, D.I., Owen, L.A., Osmaston, H.A., Seltzer, G.O., Porter, S.C. y Mark, B.G. (2005). "Reconstruction of equilibrium-line altitudes for tropical and sub-tropical glaciers". *Quaternary International* 138-139 (2005), pp. 8-21.
- Campos, N. (2015). Equilibrium Line Altitude Fluctuation on the South West Slope of Nevado Coropuna since The Last Glacial Maximum (Cordillera Ampato, Peru). Pirineos, 170 (0): e015 doi: 10.3989/Pirineos.2015.170008.
- Francou, B. y Pouyaud, B. (2004). *Métodos de observación de glaciares en los Andes tropicales. Mediciones de terreno y procesamiento de datos. Versión 1.* Great Ice, Institut de Reserche pour le Développement (IRD) p. 238. Francia.
- García, E. (2013). Evolución glaciar del cuadrante noroeste del Nevado Coropuna. Trabajo Fin de Máster. Universidad Complutense de Madrid, 50 pp.
- Giráldez, C. (2011). Glacier evolution in the South West slope of Nevado Hualcan (Cordillera Blanca, Peru). Trabajo Fin de Máster. Universidad Complutense de Madrid, 125 pp.
- IPCC, 2013. Climate change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change. Cambridge (Reino Unido) y Nueva York (Estados Unidos), 1535 pp.
- Kargel, J., Leonard, G., Bishop, M., Kääb, A. y Raup, B. (Ed.). (2014). Global Land Ice Measurements from Space, Springer Praxis Books, Chichester. p.847.
- Kaser, G. (1995). Some notes on the behavior of tropical glaciers. Bulletin de l'Institute Français d'Etudes Andines, 24 (3), pp. 671-681.
- Kaser, G. y Ocmaston, H. (2002). Tropical glaciers. Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido).
- Martín, A. (2014). Evolución reciente de los glaciares de la vertiente sur del Nevado Salcantay (Perú). Trabajo Fin de Máster- Universidad Complutense de Madrid.

- Osmaston, H. (2005). Estimates of glacier equilibirum line altitudes by the Area x Altitude, the Area x Altitude Balance Ratio and the Area x Altitude Balance Index methods and their validation. Quaternary International, 22-31: 138-139.
- Pouyaud, B., Francou, B. y Ribstein, P. (1995). Un réseau d'observation des glaciers dans les Andes tropicales. Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, 24(3).
- Quirós, T. (2013). Impacto del Cambio Climático en los glaciares de las montañas Chollquepucro y Pariaqaqá (Perú). Trabajo Fin de Grado. Universidad Complutense de Madrid.
- Santiago, A., Dávila, L., Vilca, O. y Portocarrero, C. (2016). Características morfométricas del lecho rocoso bajo el glaciar Artesonraju (1980-2015). Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. Perú.
- Schoenbohm, L., Chen, J., Stutz, J., Sobel, E., Thiede, R., Kirby, B. y Strecker, M. (2014). Glacial morphology in the Chinese Pamir: Connections among climate, erosion, topography, lithology and exhumation. *Geomorphology, Volume 221*, pp. 1-17.
- Thompson, L., Mosley-Thompson. E. y Henderson, A. (2000). Ice-core paleoclimate records in tropical South America since the Last Glacial Maximum. J. Quat. Sci., v. 15, 419-434.
- Úbeda, J. (2011). El impacto del cambio climático en los glaciares del complejo volcánico Nevado Coropuna (cordillera occidental de los Andes, Sur del Perú). Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 558 p.
- Vásquez, E. y Úbeda, J. (2016). Enfriamiento del clima con respecto al presente deducido del último avance de los glaciares en el Nevado Sulcón (Andes Centrales del Perú). XVII Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú.
- Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. y Bradley, R. (2008). Climate Change and Tropical Andean Glaciers: Past, present and future. Earth Science Reviews. Volumen 89, p. 79-96.

PROYECTO OPCC-2: LA COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA COMO HERRAMIENTA PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ZONAS DE MONTAÑA

JUAN TERRÁDEZ MAS[1] ; IDOIA ARAUZO[1]
j.terradez@ctp.org, i.arauzo@ctp.org
[1]*Observatorio Pirenaico del Cambio Climático de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos*

RESUMEN

La comunidad científica internacional ha subrayado la especial vulnerabilidad y sensibilidad de las zonas de montaña a los impactos del cambio climático. El Observatorio Pirenaico del Cambio Climático (OPCC) nació en 2010 promovido por la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP), como iniciativa transfronteriza para asistir a los 7 territorios que la conforman, para afrontar los desafíos del cambio climático. Su misión es ser la plataforma de referencia sobre cambio climático y adaptación en los Pirineos, a través de una política de cooperación, transparencia e intercambio de información. El proyecto OPCC-2 ha sido creado para impulsar la estrategia y plan de acción del Observatorio Pirenaico de Cambio Climático. Se trata de un proyecto de cooperación transfronteriza que trabaja en red para capitalizar y facilitar el acceso a información relevante para facilitar la adaptación al cambio climático.

Palabras clave: OPCC-2, adaptación, Pirineos, capitalización, cambio climático, cooperación, zonas de montaña.

ABSTRACT

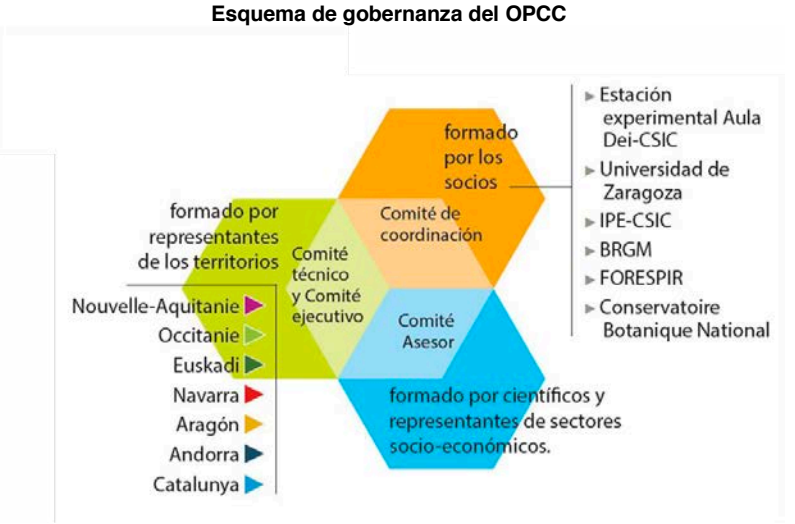
The international scientific community has underlined the special vulnerability and sensitivity of mountain areas to the impacts of climate change. The Pyrenean Climate Change Observatory (OPCC) was born in 2010 promoted by the Pyrenees Working Community (CTP), as a cross-border initiative to assist the 7 territories within the Pyrenean territory, to face the challenges of climate change. Its mission is to be the reference platform on climate change and adaptation in the Pyrenees, through a policy of cooperation, transparency and exchange of information. The OPCC-2 project has been created to promote the strategy and action plan of the Pyrenean Climate Change Observatory. It is a cross-border cooperation project that works in network with more than 80 organizations to capitalize and facilitate access to relevant information to enhance climate change adaptation.

Keywords: *OPCC-2, adaptation, Pyrenees, capitalization, climate change, cooperation, mountain areas*

1. Inroducción

El OPCC nació en 2010 como una iniciativa de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP). Sus primeras acciones (del 2011 al 2014) se ejecutaron gracias al desarrollo de un proyecto desarrollado entre la CTP (los 7 territorios miembro), y 11 organismos socios, en el marco del Programa Operativo de Cooperación Territorial España-Francia-Andorra 2007-2013 POCTEFA (proyecto OPCC-EFA 235/11). Su funcionamiento se articula en torno a un Comité técnico, un Comité de Coordinación y un comité Asesor. El comité técnico está formado por los referentes de los 7 territorios de la CTP, y tiene como función orientar y fijar prioridades. El comité de coordinación lo conforman los socios del proyecto y se encarga de la coordinación y de llevar a cabo la parte operativa del proyecto. El comité asesor está formado por científicos y representantes de los sectores socioeconómico de relevancia en el macizo. Su misión es garantizar el rigor científico y dar orientaciones estratégicas al trabajo del OPCC.

FIGURA 1
Esquema de gobernanza del OPCC



2. Objetivos del OPCC2

EL objetivo principal del OPCC-2 es estudiar y comprender la evolución del clima en los Pirineos para reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos a los impactos del cambio climático y apoyar su adaptación a los efectos negativos de este, mediante la transferencia de conocimiento. Para alcanzar este objetivo general, el OPCC-2 ha definido a su vez tres objetivos estratégicos o específicos

- Objetivo estratégico 1: identificar, analizar y facilitar las bases del conocimiento científico sobre los principales impactos del cambio climático en los Pirineos, así como sobre la vulnerabilidad de los principales sistemas naturales y socioeconómicos a estos impactos;

- Objetivo estratégico 2: desarrollar herramientas y metodologías que faciliten la toma de decisiones en materia de adaptación al cambio climático, y difundir los resultados de las investigaciones de referencia a los distintos actores socioeconómicos enlace del territorio;

- Objetivo estratégico 3: dar visibilidad europea e internacional al macizo Pirenaico en materia de observación y adaptación al cambio climático, en un contexto de cooperación transnacional.

3. Acciones del proyecto

Desde un punto de vista más operativo, y para la consecución de cada uno de los objetivos estratégicos, se han planteado un total de 5 acciones, compuestas a su vez por diferentes actividades específicas

3.1. Gestión y coordinación del proyecto

Esta acción consiste en asegurar la correcta coordinación, promoción y dinamización del conjunto de actividades y acciones contempladas en el proyecto OPCC, incluyendo las interacciones con los proyectos asociados.

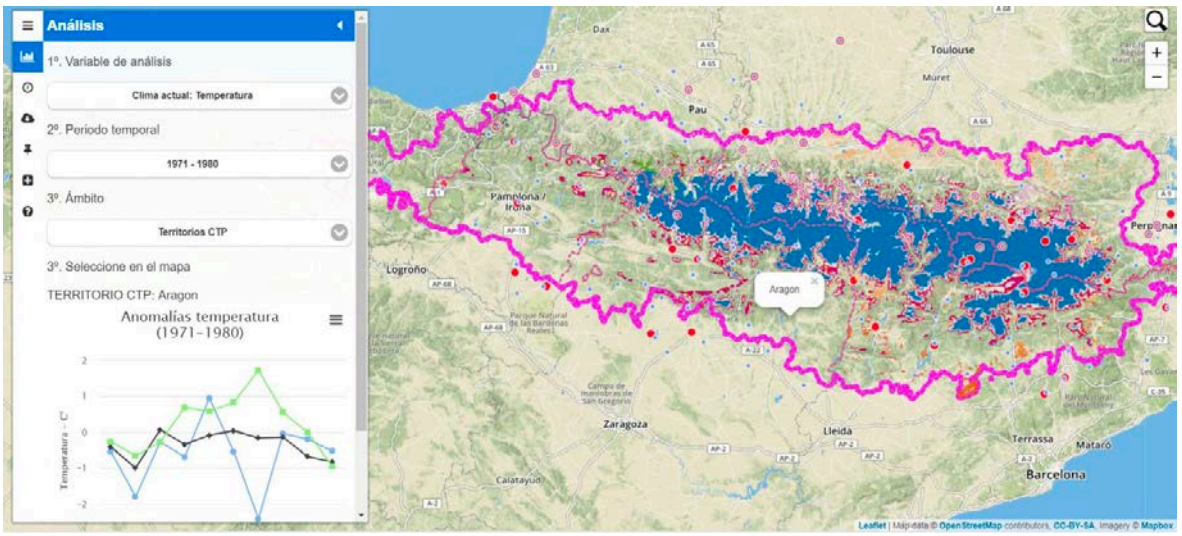
3.2. Actividades de comunicación y difusión

Para el desarrollo de esta acción el OPCC2 se apoya en una estrategia de comunicación y transferencia de los conocimientos y resultados capitalizados. Para ello desde el OPCC estamos desarrollando la nueva plataforma online OPCC2, que integrará:

- un portal de información con un apartado de ciencia ciudadana sobre flora y ecosistemas sensibles de alta montaña;

- un catálogo de publicaciones científicas específicas de zonas de montaña
- un geoportal con cartografía climática y de evolución de las principales variables climáticas en los pirineos a partir de series de datos transfronterizas homogeneizadas, proyecciones climáticas futuras y cartografía temática específica sobre indicadores de impacto de los principales sectores socioeconómicos y biofísicos de interés en los pirineos.

FIGURA 2
captura depantalla del geopoertal OPCC2 actualmente en desarrollo



Otras acciones de comunicación incluyen:

- La organización de dos coloquios internacionales sobre cambio climático en territorios de montaña (uno al inicio y uno al final del proyecto). Los resultados del Coloquio internacional sobre cambio climático en zonas de montaña PYRADAPT 2017, que tuvo lugar el 7 y 8 de noviembre en Biarritz y al que asistieron más de 220 personas, ya están disponibles, e incluyen los *proceedings* de las más de veinte comunicaciones científicas que tuvieron lugar en el coloquio, un resumen a modo de acta del coloquio y material audiovisual con las distintas ponencias del Coloquio.

- 6 talleres regionales sectoriales participativos dirigidos a los actores enlace del territorio;
- La participación en eventos y foros en el macizo pirenaico;
- La participación en redes pirenaicas e internacionales sobre cambio climático

3.3. Bases del conocimiento sobre los impactos del cambio climático en el macizo pirenaico y la vulnerabilidad de sus sistemas naturales y humanos

Consiste en el seguimiento, puesta en común y valorización de conocimientos científicos clave para la orientación de las políticas de adaptación. Los bloques temáticos abordados en el contexto del OPCC 2 son:

- Clima
- Ciclo hidrológico
- Bosques
- Ecosistemas sensibles de alta montaña
- Bidiversidad
- Riesgos naturales
- Turismo
- Población y salud
- Agropastoralismo
- Energía

3.4. Recopilación de buenas prácticas de adaptación al cambio climático

Esta acción generará los siguientes productos:

- un catálogo de Buenas Prácticas de Iniciativas de Adaptación en el Pirineo y en otras zonas de montaña y un marco metodológico y participativo con los actores enlace del territorio.

Las buenas prácticas de adaptación serán específicas de zonas de montaña, y estarán catalogadas a través de fichas web descriptivas, asociadas a un mapa de geolocalización de las mismas y un buscador intuitivo por tipología de medida de adaptación implementada en cada buena práctica, sector de específico en el que se implementa la buena práctica e impacto que afronta.

3.5. Desarrollo de herramientas para fomentar la innovación en el impulso de la estrategia del OPCC

A través de esta acción se van a poner a disposición de los agentes interesados instrumentos e información innovadora que favorezcan el impulso de iniciativas y acciones sobre cambio climático. Estas herramientas son:

- un informe sobre “Cambio climático en los Pirineos”, sobre el estado del arte de los conocimientos científicos sobre cambio climático en los Pirineos,
- un análisis sinóptico y puesta en común de los Planes y Políticas Regionales de adaptación al cambio climático en relación a la zona pirenaica.
- un análisis de fórmulas de cooperación con actores enlace del territorio
- un informe final sobre “Adaptación al cambio climático en los Pirineos” con los resultado finales del proyecto y con la capitalización de los resultados de otros proyectos relacionados (previsto para junio del 2019).

4. Proyectos asociados

En el OPCC-2 se ha fomentado la colaboración transversal con otros proyectos, por lo que parte de sus acciones consisten en coordinar y capitalizar los resultados de otros proyectos enfocados en temáticas clave sobre el cambio climático en el Pirineo: clima, ciclo hidrológico, bosques, ecosistemas sensibles o especialmente vulnerables y de manera transversal los sectores socioeconómicos.

4.1 Proyecto CLIMPY

Caracterización de la evolución del clima y provisión de información para la adaptación. Los objetivos principales de este proyecto son:

; El analizar en detalle de la tendencia reciente de la temperatura, la precipitación y la nieve en el macizo pirenaico;
- Elaborar la proyección futura de estas variables según diferentes escenarios socioeconómicos y a una escala de estudio adecuada (proyecciones regionalizadas). Para ello, será necesario;

; Generar una base de datos diaria de calidad y homogeneizada de los datos mete climáticos a nivel de todo el macizo y caracterizar la variabilidad espacio-temporal de los elementos del clima.

4.2 Proyecto REPLIM

Evaluación de los efectos del cambio climático en lagos y turberas de alta montaña. El proyecto persigue:

- Poner en marcha una red conjunta de observatorios de ecosistemas sensibles;
- Identificar los impactos pasados, recientes y futuros en estos ecosistemas de alta montaña y homogeneizar los indicadores de impacto del cambio climático;
- Dar a conocer y sensibilizar a la población y a los agentes que operan en el territorio la relación directa entre el cambio climático y los ecosistemas sensibles;
; Ayudar a definir una estrategia de gestión integrada con el desarrollo social y económico del territorio pirenaico que integre además consideraciones para la adaptación.

4.3 Proyecto CANOPEE

Seguimiento del impacto del cambio climático en los bosques del Pirineo El proyecto se propone:

- Potenciar el seguimiento de la fenología de las principales especies del Pirineo;
- Desarrollar una herramienta para la caracterizar el vigor de los arboles del Macizo Pirenaico y su vulnerabilidad frente al cambio climático;
- Cartografiar la distribución y la vulnerabilidad presente y futura de las principales especies forestales del Pirineo bajo los distintos escenarios de cambio climático;
- Desarrollar e implementar acciones de gestión forestal adaptativa para minimizar los impactos esperados.

4.3 Proyecto FLORAPYR

Los objetivos del proyecto son:

- Continuar y completar el Atlas de la Flora de los Pirineos y realizar el seguimiento de neveros para mejorar la calidad de los datos;
- Evaluar y alertar sobre los problemas de conservación, en colaboración con estructuras internacionales sobre el cambio climático (seguimiento de la flora alpina Gloria);
- Desarrollar la observación participativa de la población pirenaica con el programa Phenoclim;
- Asegurar la difusión de los trabajos realizados y de los resultados obtenidos en el Macizo Pirenaico.

Los proyectos OPCC2, Climpy, Replim, Canopee, Florapyr han sido programados con una cofinanciación del 65% del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020).

LA GESTIÓN DE MARKETING DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

TEODORO LUQUE MARTÍNEZ; LUIS DOÑA TOLEDO; NINA FARAONI; IRVING MARTÍNEZ GASCA
tluque@ugr.es, *luisdt@ugr.es*, *faraoninina@correo.ugr.es, irvinggasca@correo.ugr.es*
Universidad de Granada

RESUMEN

Es creciente el interés por ampliar y mejorar las áreas naturales protegidas (ANP), para cuya gestión se adoptan diferentes estrategias y estructuras. Junto a ello es necesario plantear la pertinencia de la gestión de las mismas. En este estudio se realiza un análisis de la aplicación de marketing a las ANP a partir de representantes de cuatro países. Además, se analiza la utilización de las redes sociales de las ANP en tales países, ante la importancia que esta forma de comunicación alcanza en las estrategias de marketing.

De esos dos análisis de identifican puntos fuertes y débiles en la aplicación del marketing y en la estrategia de comunicación a través de redes sociales de las ANP, de lo que se desprende importantes implicaciones para la gestión de las ANP.

Palabras clave: Áreas naturales protegidas, auditoría de marketing, redes sociales áreas protegidas.

ABSTRACT

There is a growing interest in expanding and improving natural protected areas (NPA), where different management structures are adopted. According to this, it is necessary to raise the relevance of their management. In this study an analysis of the application of marketing is applied to the NPA from four countries.

In addition, the use of social networks by the NPA of four countries is analyzed, due to the importance that this form of communication has reached in the marketing strategies.
These two analysis identify strengths and weaknesses in the application of marketing and in the communication strategy through social networks of the NPA, which reveals important implications for the management of the NPA. .

Key words: *Natural protected areas, marketing audit, social network and natural protected areas.*

1. Introducción

Son numerosas las conferencias internacionales destinadas al medio ambiente y al cambio climático. En particular, la Conferencia de Paris de 2015 dejó patente la preocupación por el cambio climático, plasmada en el compromiso de 195 países mediante la firma del Acuerdo de París. El objetivo de la Conferencia es reducir la emisión de gases invernadero, reconociendo la importancia y asegurando la integridad de los ecosistemas y la protección de la biodiversidad. Para ello, es fundamental el papel de la educación, la participación pública y el acceso público a la información y a la cooperación (Naciones Unidas, 2015).

Dentro de esta conciencia ambiental, merecen una mención especial las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Son la base de la conservación de la biodiversidad, con importantes implicaciones sociales y económicas, además de medioambientales, en el territorio de influencia.
Según datos de la Unión Internacional por la Conservación Natural (UICN), casi el 14,8% de la superficie total del planeta Tierra es actualmente un área protegida (UICN, 2016). El aumento

de la superficie protegida del planeta requiere de estructuras organizativas que puedan adoptar formas y estrategias muy diferentes. Sin embargo, la biodiversidad mundial continúa en declive a un ritmo alarmante. Por tanto, es pertinente y oportuno preguntarse por la adecuación de los recursos, de las competencias, de la estructura y del funcionamiento de estas estructuras organizativas con las que se gestionan las áreas protegidas. Dentro de ello un aspecto importante lo constituye la gestión de marketing de dichas áreas (Canadian Heritage Canada Parks, 2017). Dicha información es valiosa para el éxito de las mismas, aunque no siempre se saque todo el provecho posible de ello (Timko, 2009).

El objetivo de este trabajo es comprobar cómo se realiza la incorporación del marketing en las ANP, es decir, realizar una auditoría de marketing (Kotler y Dubois, 1986) y descubrir los puntos fuertes y débiles de dicha aplicación. Dentro de ello, un aspecto fundamental es la comunicación y, especialmente desde hace un tiempo, la que se realiza mediante Internet y las redes sociales. El estudio del desempeño de la comunicación en redes sociales por parte de las áreas protegidas es el segundo gran objetivo que se persigue. Para ello se pide a responsables de ANP de cuatro países (España, Italia, México y EEUU) que respondan a un cuestionario de 32 ítems sobre diferentes dimensiones de marketing y se analizan las características de la utilización de las ANP de esos cuatro países de dos de las redes sociales más utilizadas: Twitter y Facebook.

2. Las áreas naturales protegidas (ANP): breve referencia al contexto de los países objeto de estudio

El origen de los parques nacionales se sitúa en 1872 cuando los Estados Unidos de América (EEUU) crean el parque Yellowstone, el primer parque nacional del mundo cuyo objetivo, según la carta de petición, es: “la negación de cualquier asentamiento, ocupación o venta bajo la ley de los Estados Unidos, de un área geográfica de 55 por 65 millas, en las cercanías de los orígenes del rio Yellowstone y Missouri, estableciendo la zona como un gran parque nacional para el beneficio y disfrute de la ciudadanía. […]”, estableciendo que el valor real de esta tierra se encontraba en la perpetuidad de su existencia (Mangan, 1973).

La UICN, cuyo objetivo fundamental es la conservación de los recursos naturales, define a los Parques Nacionales (PN), una de las formas que toman las áreas naturales protegidas, como “grandes áreas naturales o casi naturales, las cuales han sido aisladas para proteger a gran escala sus procesos ecológicos, junto con las especies de flora y fauna así como a los ecosistemas característicos que existen en el área, los cuales proveen un contexto medioambiental y cultural para la recreación y educación de los visitantes” (UICN, 2017).

En los EEUU existen 59 áreas protegidas (PN) que ocupan 21.125.514,36 hectáreas (National Park Service, 2015), están bajo la autoridad del Departamento de Interior y son gestionados a través del Servicio de Parques Nacionales (SPN). El objetivo básico es la conservación del escenario natural, de los bienes de interés histórico y de la vida salvaje de las áreas protegidas, así como asegurar el disfrute y goce de estas áreas por parte de la población garantizando su perpetuidad para futuras generaciones

(National Park Service, 2015). Estos parques representan además un beneficio económico para al país. Tan solo durante el año 2016 recibieron un total de 331 millones de visitas y la actividad económica derivada de estas generó más de 318 mil empleos (National Park Service, 2015).
En México, en 1917, se decretó al Desierto de los Leones como el primer parque nacional del país según la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2017). En México existen 67 áreas geográficas protegidas bajo el título de “Parque Nacional”, las cuales cubren un área de 16.220.099,3 hectáreas que se encuentran bajo la administración de dicha Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, un órgano desconcentrado de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (SEMARNAT, 2017). Su principal objetivo es el mantenimiento de los ecosistemas del país y su biodiversidad mediante una gestión sustentable de los servicios y productos ambientales (CONANP, 2017).

En España se promulgó la Ley de Parques Nacionales el 8 de diciembre de 1916, siendo uno de los países pioneros en la creación de espacios naturales protegidos, declarando en 1918 el PN Picos de Europa (MAPAMA, 2017). En el país existen un total de 15 PN pertenecientes a la Red de Parques Nacionales que se encuentran en 12 comunidades autónomas, los cuales cubren un área de 397.206,11 hectáreas lo que representa un 0,74% de la superficie total del país (MAPAMA, 2017). La gestión de los PN en España, según la Sentencia del Tribunal Constitucional 194/2004, es competencia de las Comunidades Autónomas bajo el régimen de auto-organización. Además se declara la Red de Parques Nacionales como máximo órgano asesor de la protección de áreas naturales en España y su Plan Director como instrumento básico de su organización y control (Sentencia del Tribunal Constitucional STC194/2004).

En Italia existen 24 parques nacionales que comprenden un área de 1.398.485 hectáreas las cuales representan cerca del 5% del territorio nacional de acuerdo con el Ministerio del Medio Ambiente (MINAMBIENTE, 2017). Según la Ley Quadro n.394 del 6 de diciembre de 1991 sobre áreas protegidas se declara que el organismo de gestión de cada parque será un consejo denominado “Ente Parco” el cual será sede legal y administrativa del territorio del parque nacional y estará bajo la vigilancia del Ministerio del Ambiente (MINAMBIENTE, 2017).

Además existe la figura de protección de los parques naturales (PNAT), que son áreas de interés nacional que, por su belleza, singularidad de sus ecosistemas y características de su flora y fauna merecen protección. Su principal diferencia con los PN es que los parques naturales presentan una mayor transformación por parte del hombre y poseen unos valores estéticos, educativos y científicos cuya conservación merece una atención preferente sin alcanzar el valor ecológico de los PN (EUROPARC, 2017). Sus características concuerdan con la categoría V de UICN, existen 3178 ANP bajo esta categoría cubriendo un total de 676.892 km2 (IUCN, Protected Planet Report, 2016).

En España existen 151 parques naturales, que abarcan un total de 4 millones de hectáreas equivalentes al 8% de la superficie total del país y su gestión, al igual que los PN, recae sobre las comunidades autónomas (EUROPARC, 2017).

3. Gestión de marketing en las ANP

3.1 Auditoría de marketing

El marketing ha comenzado a establecerse como un concepto válido dentro de la gestión de las ANP (Wearing, 2001). En la década actual, la planificación realizada por las autoridades encargadas de la gestión de ANP han reflejado el deseo de incorporar programas de marketing estratégico (SEMARTAT- CONANP, 2014; MAPAMA, 2016; NPS-US, 2017).

La aplicación del marketing por parte de las autoridades de las ANP se debe a una serie de factores como la creciente preocupación por alcanzar las metas propuestas, evaluar el desarrollo de las actividades, el interés creciente por medir la satisfacción de los visitantes y atraer nuevas visitas. Las autoridades de las ANP han dado los primeros pasos para enfocarse, más conscientemente, en las necesidades y expectativas de la sociedad (Taylor, 2009). Actualmente los planes organizativos de las ANP reconocen la necesidad de establecer estrategias enfocadas a las conductas del mercado y, de esta manera, desarrollar actividades con fines recreativos y turísticos (Jamrozy, 2007), además de desarrollar sinergiasestratégicas con las comunidades que viven en el área, aplicando los recursos y fondos públicos más conscientemente e integralmente (Hesselink, 2007).

El marketing es un potente medio para establecer comunicación con los visitantes (actuales y potenciales), así como con la comunidad en general (Sharpley, 2007). Aumentar el conocimiento entre los diversos segmentos de usuarios sobre el impacto ambiental de las actividades y uso de las ANP es posible mediante el diseño de un programa de marketing,

dicha información puede ser particularmente persuasiva si el mensaje se entrega al público objetivo antes de su visita (Gilmore, 2007).

Para Hunt (1976, 1983) el marketing estudia el comportamiento en el intercambio, tanto de demandantes, como oferentes o de las instituciones implicadas en el mismo, además de las consecuencias que las actuaciones de todos ellos tienen, ya sean sociales o ambientales. Esto último tiene especial interés en el caso de las ANP, de ahí el interés por conocer cómo se aplica el marketing en este ámbito. La literatura no ofrece respuesta a esta cuestión. No hemos identificado investigaciones que evalúen la aplicación integral del marketing a las ANP, es decir, que realizaran una auditoría de marketing, o sobre sus principales dimensiones que distinguieron Kotler y Dubois (1986): entorno, estrategia, organización, sistemas, productividad y funciones.

Puesto que se trata de un estudio multi-país, esa auditoría puede utilizarse como benchmarking para mejorar la gestión (Kearns, 1989) tomando como referencia el funcionamiento de las ANP de países con experiencia y saber-hacer en la materia. El benchmarking puede tener un carácter competitivo y no competitivo y dentro de esta categoría puede ser funcional o genérico. Al comparar organizaciones, en este caso ANP, que tienen la misma finalidad es más pertinente el no competitivo (Liang, 2004). De esta manera se pueden identificar características y prácticas para implementar en la propia organización, facilitando la adaptación a los cambios (Taplin, 2012; Taplin et al., 2016).

Para conocer los puntos fuertes y débiles de la aplicación del marketing se utiliza la matriz importancia- adecuación, una herramienta que ha sido muy utilizada en la literatura creada por Martilla y James (1977). Según la perspectiva de los directivos y técnicos de las ANP, se trata de valorar los ítems de las dimensiones de marketing según dos ejes, el de nivel de adecuación y el de nivel de importancia, lo que da lugar a cuatro cuadrantes.

3.2 La comunicación en redes sociales de las ANP

La comunicación es una de las funciones esenciales de marketing y posiblemente una de las que más se han trasformado con la irrupción de Internet. Dentro de ello, las redes sociales han supuesto un enorme cambio en la actuación en esta materia por parte de las organizaciones. Dichas redes tienen un gran poder de influencia, son una vía para establecer diálogo y mantener contacto con los públicos objetivo. Esto cada vez tiene mayor importancia en las organizaciones (Daries-Ramon et al., 2016). A pesar de ello, la literatura sobre el uso de redes sociales en las ANP es prácticamente inexistente.

Este estudio propone aportar conocimiento sobre el uso de las redes sociales en las ANP en los cuatro países referidos.

4. Discusión

4.1 Estudio de campo

Para elaborar el catálogo de ítems para la auditoría de marketing, se partió de las dimensiones identificadas por Kotler y Dubois (1986), siguiendo sus recomendaciones para aplicar a la particularidad de estas organizaciones (ANP). Se comenzó con un total de 83 ítems que fueron depurados mediante el método Delphi en el que participaron cuatro expertos en marketing en dos fases. Dichos expertos fueron informados de la puntuación media de cada ítem tras la primera valoración (en una escala de 1 poco importante a 10 muy importante) y antes de proceder a la siguiente valoración. Eliminadas las redundancias manifiestas, finalmente, se seleccionaron 32 ítems repartidos entre las dimensiones referidas y que tuvieron las mayores puntuaciones medias y menor desviación.

El universo de la población estaba constituido por representantes de los ANP de México (67), España (166) (además de los Parques Nacionales se incluyen los Parques Naturales),

Italia (24) y Estados Unidos (59). Se envió por correo electrónico a la dirección de las ANP una dirección URL para que respondieran online el cuestionario auto-administrado (32 ítems para las dos dimensiones: cómo estaba su ANP respecto a cada ítem y qué importancia tenía para su desarrollo). Para la gestión de los cuestionarios se utilizó la plataforma Qualtrics. El trabajo de campos se llevó acabo en los meses de noviembre y diciembre de 2017.

En cuanto al estudio de las redes sociales, se obtuvieron los datos de dos sitios web que proporcionan información analítica gratuita: LikeAlyzer para Facebook (15 ítems), y Foller para Twitter (11 ítems), consultadas el 2 de diciembre de 2017.

4.2 Muestra

El cuestionario fue respondido por 39 personas, la mayoría de España (29) y el resto de los otros tres países. Esta reducida respuesta en particular no permite establecer comparaciones por países.

Para el análisis de las redes sociales se analizaron 14 ANP de Estados Unidos, 10 de España, 13 de Italia y 4 de México. Esa selección se hizo en base a la importancia turística y su presencia en las redes sociales. La información contenida en Google Trends sirvió para el análisis del posicionamiento en Internet. De las ANP seleccionadas se examinó "interés a lo largo del tiempo", comprendiendo un periodo de 14 años, desde 2004 hasta noviembre de 2017. Dicha herramienta mide las búsquedas realizadas. También se utilizó la herramienta "búsquedas relacionadas", que mide todas las consultas efectuadas en relación al nombre del ANP considerado.

4.3 Análisis de datos

El análisis de los ítems de la matriz de importancia-adecuación se realiza aplicando medidas de tendencia central, de dispersión y prueba de diferencia de medias para los ítems de importancia y adecuación por separado y para comprobar si hay diferencias significativas entre la importancia y la adecuación para cada ítem.

También se aplican medidas de correlación, de diferencia de medias y análisis clúster a los indicadores de redes sociales. Así se pueden conocer las diferencias entre las ANP de los diferentes países en las redes sociales Facebook y Twitter, así como identificar clúster de ANP según su comportamiento en dichas redes sociales.

5. Conclusiones

Un primer aspecto a destacar, desde un análisis cualitativo del desarrollo del trabajo de campo, es la existencia de una cierta desconfianza hacia el concepto de marketing por parte de algunos de los representantes de las ANP, que además resaltaban lo inadecuado de utilizar expresiones como competencia o ventaja competitiva. Aunque esto es comprensible por cómo se suelen interpretar esos términos, hay que resaltar que en esta investigación se adopta una perspectiva académica del concepto de marketing interesada por el comportamiento en el intercambio de todos los agentes que intervienen y, especialmente, de las consecuencias de esos comportamientos.
El análisis de los ítems de la matriz muestra, de manera muy sintética, entre otras conclusiones las siguientes:

- Hay diferencias significativas entre todos los ítem, la importancia de cada uno es mayor que la adecuación.
- Hay algunas diferencias en adecuación según los directores que las personas con otra responsabilidad. Los directivos son más críticos.
- Hay diferencias de valoración de la adecuación según el tipo de Parque (Nacional o Natural). Los Parques Nacionales mantienen más acuerdos de colaboración con otras

instituciones y revisan frecuentemente la eficacia de los operadores turísticos con los que operan, mientras que los Parques Naturales disponen de una página web mejor posicionada, a lo que también dan mayor importancia.

También se identifican los puntos fuertes y débiles y los grandes déficits según las diferentes áreas de marketing consideradas: entorno, estrategia, organización, sistemas, productividad y funciones. Siempre según la opinión de los directivos y técnicos que han respondido.
Se identifican las principales deficiencias en la aplicación de marketing, entendidas como importancia otorgada frente a la adecuación, que serán expuestas en la presentación de este trabajo en curso.

Como parece razonable, tratándose de ANP, no hay grandes déficits en relación con la dimensión "entorno". Los mayores déficits se dan en las dimensiones de sistemas y de productividad (en la totalidad y la mayoría, respectivamente, de los ítems de estas dimensiones). También hay déficits en otras dimensiones, pero en términos relativos (porcentaje sobre el total de los ítems) con menor número.

Existen importantes diferencias por países en los comportamientos de las ANP en las redes sociales. Se identifican claramente 5 clúster, cuyas características se comentan de forma muy reducida. El líder en redes sociales, por ser más seguido y ser más activo, es el formado solamente por un parque que puede ser el referente: Yosemite. El siguiente grupo por liderazgo en redes sociales es el formado por el bloque de parques estadounidenses. Un tercer grupo bastante activo en redes sociales está formado por el resto de parques estadounidense y la mayoría de los italianos. Otro grupo está formado por dos parques españoles con características muy peculiares. Finalmente, el grupo menos activo en redes sociales, con los indicadores más bajos es el que comprenden a los mexicanos y a la mayoría de los españoles.

Como limitación más relevante en este estudio se debe destacar el número reducido de respuestas al cuestionario sobre importancia-adecuación. Sin embargo, hay que decir que por el tipo de herramienta utilizada (posicionamiento en las dos dimensiones) no es necesario contar con una gran muestra para tener un diagnóstico aceptable.

Referencias bibliográficas

- Boone, L. E., & Kurtz, D. L. (2013). *Contemporary marketing*. Cengage learning.
- Canadian Heritage Canada Parks. (2017). State of Parks reports for national parks. Obtenido de http://www.pc.gc.ca/eng/docs/bib-lib/docs5hi.aspx
- CONANP (2017). Obtenido de http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Daries-Ramon, N., Cristóbal-Fransi, E., Martin-Fuentes, E., & Marine-Roig, E. (2016). Adopción del comercio electrónico en el turismo de nieve y montaña: análisis de la presencia web de las estaciones de esquí a través del Modelo eMICA. *Cuadernos de Turismo, 37*, 113-134.
- EUROPARC (2017). *Anuario 2016 del estado de las areas protegidas en España.* Madrid.
- Gilmore, A., & Simmons, G. (2007). Integrating sustainable tourism and marketing management: can National Parks provide the framework for strategic change?. *Strategic change*, *16*(5), 191-200.
- Hesselink, F., Goldstein, W., van Kempen, P. P., Garnett, T., & Dela, J. (2007). Communication, Education and Public Awareness (CEPA). In *A toolkit for National Focal Points and NBSAP Coordinators. Secretariat of the Convention on Biological Diversity and IUCN: Montreal, Canada* (p. 310).
- Hunt, S.D. (1976). "The Nature and Scope of Marketing". Journal of Marketing, 40, 17-28.
- Hunt, S.D. (1983). "General Theories and the Fundamental Explananda of Marketing". Journal of Marketing, 47, 9-17.
- IUCN (2016). *Protected Planet Report.* Cambridge UK.
- IUCN (2017). Obtenido de Nature, International Union for Conservation of : https://www.iucn.org/es/node/24506
- Jamrozy, U. (2008). Sustainable tourism development: ingenuity in marketing strategy. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, *115*.
- Kearns, D. T. (1989). Chasing a moving target. *Quality Progress*, *22*(10), 29-31. Kotler, P. & Dubois, B. (2003). Marketing management. *Publi Union*.
- Liang, Y. (2004). *Benchmarking Theory Applied to State Parks an Exploratory Study (Oklahoma)* (Doctoral dissertation, Oklahoma State University).
- Mangan, E.U. (1973). loc.gov. Obtenido de Library of Congress : https://www.loc.gov/collections/national-parks-maps/articles-and-essays/yellowstone-the-first-national- park/

- Mangold, W. G., & Faulds, D. J. (2009). Social media: The new hybrid element of the promotion mix. Business horizons, 52(4), 357-365.MAPAMA (2016). *Plan Director de la Red de Parques Nacionales.* Madrid.
- MAPAMA (30 de 12 de 2017). Red de Parques Nacionales. Obtenido de http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/la-red/historia.aspx
- Martilla, J. A., & James, J. C. (1977). Importance-performance analysis. *The journal of marketing*, 77-79.
- MINAMBIENTE (30 de 12 de 2017). Ministero dell'ambiente e della tutela del territotio e del mare. Obtenido de http://www.minambiente.it/pagina/organismi-di-gestione
- National Park Service (2015). *The national parks index 1916-2016.* Washington D.C. NEPA (1970). *The National Enviromental Policy Act of 1969.* Washington D.C.
- NPS (30 de 12 de 2017). National Park Service, Department of Interior.Obtenido de https://www.nps.gov/aboutus/index.htm
- NPS-US, D. o. (2017). *National Park Service System Plan.* Washington D.C. SEMARNAT (2017). *SEMARNAT*. Obtenido de semarnat.gob.mx
- SEMARTAT-CONANP (2014). *Programa Nacional de Areas Naturales Protegidas 2014-2018.* México D.F.
- Sentencia del Tribunal Constitucional STC194/2004
- Sharpley, R., & Pearce, T. (2007). Tourism, marketing and sustainable development in the English national parks: The role of national park authorities. Journal of Sustainable Tourism, 15(5), 557-573.
- Statista. (2017). *Statista*. Obtenido de https://www.statista.com/topics/751/facebook/ STC194/2004. (s.f.). *Sentencia del Tibunal Constitucional 194/2004.* Madrid.
- Taplin, R. H. (2012). Competitive importance-performance analysis of an Australian wildlife park. *Tourism Management*, *33*(1), 29-37.
- Taplin, R. H., Rodger, K., & Moore, S. A. (2016). A method for testing the effect of management interventions on the satisfaction and loyalty of national park visitors. *Leisure Sciences*, *38*(2), 140-160.
- Taylor, P. A., & Grandjean, B. D. (2009, January). Visitor satisfaction and support for park fees: Examining the effects of frontcountry, backcountry, and information in Rocky mountain national park. In The George Wright Forum (Vol. 26, No. 2, pp. 12-21). George Wright Society.
- Timko, J. A., & Innes, J. L. (2009). Evaluating ecological integrity in national parks: Case studies from Canada and South Africa. Biological Conservation, 142(3), 676-688.
- Twitter. (2017). *Twitter Analytics*.
- UN (United Nations) (2015). Framework Convention on Climate Change ., (pág. 21). Paris.
- Wearing, S., & Bowden, I. (1999). Tourism and a changing Public Sector culture for Parks. *Australian Parks and Leisure, 1*(3), 6-8.

CIENCIA CIUDADANA EN LA RED ESPAÑOLA DE RESERVAS DE LA BIOSFERA. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO FENOLÓGICO

MANUEL OÑORBE; ÁLVARO DE TORRES
Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Área de Relaciones Internacionales y Reservas de la Biosfera

1. *El Programa Hombre y Biosfera (MaB) de la UNESCO, la Red Española de Reservas de la Biosfera y el Cambio Climático*

El **Programa sobre el Hombre y la Biosfera** (MaB) fue iniciado en 1971, al amparo de la UNESCO, con la finalidad inicial de establecer una base científica para mejorar la relación de las personas con su entorno.

El Programa promueve, en sus orígenes, la investigación interdisciplinar en ciencias naturales y sociales y, actualmente, una gestión de los recursos naturales compatible con la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad. Contribuye no sólo a comprender mejor el medio ambiente, incluyendo el cambio global, sino también a un mayor compromiso de los científicos, y de los actores del territorio con el desarrollo de políticas relativas a la utilización racional de la diversidad biológica y cultural.

La figura de la Reserva de la Biosfera surgió en 1974, tres años después de iniciarse el Programa MaB. Son los territorios elegidos y designados por la UNESCO para llevar a la práctica la propuesta del Programa MaB. A día de hoy, la Red Mundial de Reservas de Biosfera cuenta con un total de **669** reservas repartidas por 120 países.

La Red Española de Reservas de la Biosfera (RERB), en 2016, alcanzó el número de **48** reservas y así se mantiene en la actualidad. Las entidades que gestionan estas áreas son administraciones regionales, locales e incluso fundaciones y asociaciones. Se ubican en 15 de las 17 comunidades autónomas, siendo cuatro de ellas transfronterizas (tres compartidas con Portugal y una con Marruecos). España es el país con mayor número de reservas de la biosfera del mundo. La superficie terrestre total que ocupan, cubre el 11% de la superficie del país. Casi 2 millones de personas viven en una reserva de la biosfera en España.

En este contexto, el **Organismo Autónomo Parques Nacionales** se encarga de coordinar el desarrollo de las funciones del Programa MaB en España, así como del Comité Español del citado Programa (órgano de decisión en España). Impulsa y coordina las actividades que constituyen la contribución española del Programa en el campo de la conservación del patrimonio natural, del desarrollo sostenible, de la formación y, en particular, la promoción del concepto Reserva de la Biosfera.

En el año 2008 durante el tercer Congreso Mundial de Reservas de Biosfera celebrado en Madrid se identificaba como uno de los principales problemas para la sociedad y los ecosistemas, el **Cambio Climático**, reconociendo las reservas como lugares demostrativos idóneos para buscar y ensayar soluciones a los desafíos del Cambio Climático, así como para vigilar los cambios como parte de una red mundial.

Más recientemente, en el marco del II Congreso Español de Reservas de la Biosfera, celebrado el pasado septiembre en Ordesa-Viñamala, se aprobó el Plan de Acción para la Red Española de Reservas de Biosfera 2017-2025. Este documento establece entre sus directrices principales, la necesidad de reconocer estos lugares como modelos que contribuyen a la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas entre los cuales hay un mandato expreso para implementar acciones colectivas urgentes para encarar el Cambio Climático (ODS 13).

Consecuentemente en el recientemente aprobado Plan de Acción se considera como objetivo para la RERB el desarrollo de investigaciones y programas de seguimiento en relación con el

cambio climático y sus impactos sobre los procesos ecológicos en las reservas. Uno de los indicadores descritos para la evaluación de la consecución del citado objetivo es el número de reservas que han participado en el Programa de seguimiento fenológico de la RERB.

2. Ciencia Ciudadana. Término actual para definir una actividad añeja.

Se entiende por ciencia ciudadana la investigación científica llevada a cabo por una suma de colaboradores. Estos serán en su totalidad o en parte científicos y profesionales junto a gente común que aporta su esfuerzo de forma voluntaria.

Aunque el término "ciencia ciudadana" (*citizen csience*) es relativamente nuevo, las aportaciones de voluntarios para la toma de datos ambientales vienen de antiguo. En Reino Unido, la *British Trust Ornitology* lleva recolectando datos de aves mediante observadores voluntarios desde los años 30 del siglo pasado. Sin embargo, en los últimos años, los avances tecnológicos han permitido aumentar enormemente la capacidad de los voluntarios de recolectar datos que pueden resultar enormemente útiles para la ciencia. Ello ha permitido asimismo aumentar en gran medida el número de proyectos de ciencia ciudadana desarrollados por voluntarios ajenos al mundo científico.

La ciencia ciudadana es muy activa actualmente en ámbitos como la salud, la genética o la informática, pero es en el campo del medio ambiente donde más desarrollo encuentra. Se trata de un enfoque que puede tener grandes ventajas. De una parte, propone resultados científicos difíciles de conseguir por otros medios teniendo en cuenta la gran cantidad de datos obtenidos y la homogeneidad de criterios para su recolección y análisis. Por otro lado, contribuye a sensibilizar a la población ampliando el interés de los ciudadanos por el medio ambiente y el descubrimiento en general de la naturaleza.

3. ¿En qué consiste el Programa?

El "Programa de seguimiento fenológico de la RERB de la Biosfera" consiste en realizar un seguimiento continuado de especies comunes de fauna y flora en las reservas de la biosfera, con el fin de analizar cambios a largo plazo (adelantos o retrasos) de las fechas en las que tienen lugar los diferentes hechos biológicos que caracterizan a las especies estudiadas: migraciones, floraciones, reproducción, etc.

Se trata de un programa innovador al basarse en la aplicación de indicadores simples, sencillos y fácilmente reconocibles por un público no especializado para la detección de los efectos del cambio climático. Otro aspecto fundamental es la participación activa de la población local en el programa, colaborando de forma directa en la recogida de información para evaluar los efectos causados por el cambio climático sobre la biodiversidad. Por tanto, este proyecto se plantea como una iniciativa para vincular ciencia y sociedad mediante la aplicación práctica de la investigación científica por la población local.

Actualmente, se reconoce el estudio de la fenología como uno de los principales indicadores relacionados con el efecto del cambio climático. Existe un cúmulo de evidencias y numerosos trabajos científicos donde se menciona un cambio temporal en la fenología de varias especies de plantas, aves e insectos en las últimas décadas.

Así, la Secretaría del Comité Español del Programa MaB, pretende por un lado que los habitantes de las reservas de la biosfera conozcan las especies que habitan su reserva y por otro, fomentar la participación ciudadana en la lucha contra el cambio climático. Es clave la concienciación sobre los fenómenos ambientales que están afectando al planeta y a su repercusión en la biodiversidad de las reservas. De esta forma se contribuirá a poner en marcha procesos de sensibilización que generen un cambio de hábitos en el uso racional y sostenible de los recursos disponibles. Es una forma de concienciar a los ciudadanos y de hacer ciencia ciudadana.

Este programa se comenzó a desarrollar en el año 2014 con la colaboración de los gestores y los científicos de la RERB.

Como trabajo previo al lanzamiento del Programa se solicitó a las reservas que identificasen las especies bioindicadoras para estudiar su fenología. Se propusieron tres grupos taxonómicos con los que trabajar: flora, invertebrados y aves, de los que cada reserva escogió 25 especies indicadoras, algunas de ellas, comunes para todas las reservas con el fin de potenciar el trabajo en red y obtener resultados extrapolables al conjunto de España. Se ha tratado de seleccionar especies comunes y abundantes para facilitar su identificación por parte los participantes

Las personas o colectivos que quieran participar en el Programa deben estudiar el comportamiento fenológico de al menos de una de las especies contempladas para su reserva.. Estos deberán estar atentos a determinados comportamientos de estas especies que puedan aportar información sobre las variaciones climáticas que acontecen cada año en su reserva (llegada de especies migrantes, observación de los primeros insectos, caída de las hojas, periodos reproductivos, etc.).

Para participar en este programa y poder registrar la información obtenida se ha desarrollado una aplicación de uso abierto y público que está ubicada en la página web de la RERB (http://rerb.oapn.es). Aunque la aportación de datos es abierta a cualquier persona, los gestores de las reservas pueden acreditar a los observadores que consideren capacitados para realizar observaciones valiosas (por su precisión en la identificación de especies y fenómenos fenológicos) para la realización, en su caso, de análisis científicos.

Desde el año 2014 y hasta la fecha, 23 reservas de la biosfera están participando en el Programa. De estas y gracias a la labor facilitadora de los gestores, 15 han sido visitadas por los técnicos de la Secretaría del Programa MaB para explicar in situ el funcionamiento del Programa. Aproximadamente 1800 personas han sido informadas directamente en sus reservas. Con el fin de dar continuidad y reforzar la participación en el Programa está previsto que se continúe con éstas visitas hasta que finalice el año y durante todo el 2018. Asimismo, se han elaborado materiales divulgativos, unidades didácticas y otras herramientas para facilitar la implantación de este programa en escuelas e institutos. Esta documentación es distribuida en formato electrónico, previa petición al personal interesado.

Actualmente se han recolectado más de 250 registros en la aplicación procedentes de 17 Reservas de la Biosfera. El reto inmediato es aumentar el número de personas, entidades y colectivos participen en el Programa y fidelizar la participación de aquellos que ya lo han hecho. El éxito del Programa, más allá de su potencial divulgativo y su papel como herramienta de concienciación ciudadana, pasa por obtener un gran volumen de información de manera continua en el tiempo. Solo así, con el esfuerzo de todos, podrán obtenerse unos resultados validos para constatar, observando nuestro entorno, los cambios en clima.

AUDITORÍA DE MARKETING Y ESTACIONES DE ESQUÍ. ESPECIAL REFERENCIA A REDES SOCIALES

TEODORO LUQUE MARTÍNEZ; LUIS DOÑA TOLEDO; NINA FARAONI; IRVING MARTÍNEZ GASCA
tluque@ugr.es, *luisdt@ugr.es*, *faraoninina@correo.ugr.es, irvinggasca@correo.ugr.es*
Universidad de Granada

RESUMEN

El turismo de montaña y nieve es un sector de gran importancia social y económica. Como destino que engloba a diferentes tipos de actividad en un ámbito especialmente sensible desde el punto de vista ambiental, la gestión de las estaciones de esquí y, específicamente de marketing, tiene sus peculiaridades. Este trabajo trata de responder a la falta de estudios sobre la aplicación del marketing a las estaciones de esquí. También al comportamiento de las estaciones en redes sociales. Para ello, se ha interrogado a representantes de las estaciones de dos países y se han analizado variables de dos de las redes sociales más importantes (Facebook y Twitter), identificando déficits en la aplicación del marketing y perfiles en el comportamiento de redes sociales de lo que se deduce implicaciones útiles para la gestión y para realizar benchmarking.

Palabras clave: Turismo de montaña, deportes de montaña, estaciones de esquí, gestión de marketing, redes sociales.

ABSTRACT

The snow and mountain tourism is a sector of a great social and economic importance. As it is a destination that encompasses different types of activity, in an area particularly sensitive from the environmental point of view, the management of the ski areas and, specifically, of the marketing, has its peculiarities. This work tries to respond to the lack of studies on the application of the marketing to the ski resorts. Also investigates the behavior of the ski resorts in social networks. To do this, the managers of the ski resorts have been questioned and variables of two of the most important social networks (Facebook and Twitter) have been analyzed. We identified deficits in the implementation of the marketing and in the behavior in social networks. It follows useful implications for the management and for benchmarking.

Keywords: Mountain tourism, mountain sports, ski resorts, marketing management, social networks.

Introducción

El crecimiento de las últimas décadas de la industria del turismo ha hecho que sea una de las actividades económicas más importantes del mundo (Hall, O'Mahony y Gayler, 2017). Una parte pujante de dicha actividad es el turismo deportivo, impulsado por potentes factores como los beneficios asociados con la participación activa en el deporte, la variedad de eventos deportivos y su organización en diferentes partes del mundo con una gran popularidad (Tjørve, Lien y Flognfeldt (2018). Según TURESPAÑA (2015) entre las actividades declaradas por los turistas recibidos en España, destacan las actividades culturales (50%), las actividades de diversión (20%) y las actividades deportivas (13%).

Las estaciones de esquí son un buen ejemplo de turismo y deporte, como destino turístico (Matzler y Siller, 2003; Matzler et al., 2008; Hall, O'Mahony y Gayler, 2017). Forman una entidad con intereses compartidos mediante la participación de diferentes tipos de empresas y entidades (hoteles, restaurantes, empresas deportivas, entidades de defensa del medio ambiente u otras) que proporcionan una variedad de servicios para atender a la motivación principal de realizar actividades o practicar deportes relacionados con la nieve y la montaña. Su impacto económico y social en el entorno es relevante, dinamiza y favorece el desarrollo

de las zonas de influencia, bien como actividad principal, bien como actividad complementaria a otras (García y Escalera, 2016).

Más de 80 países de todo el mundo ofrecen deportes de invierno en aproximadamente 2000 estaciones de esquí. Aunque hay algunos países que ya se conocen como zonas de deportes de invierno (Francia, Suiza, Austria e Italia), otros destinos están ganando cierta prominencia, especialmente China y Europa del Este (Miragaia et al. 2016).

Por su importancia económica, estos destinos turísticos deben estudiar el mercado y su entorno, desarrollar estrategias de innovación, de comunicación o aplicar estrategias de posicionamiento y segmentación para visitantes, aficionados o deportistas esquiadores (Matzler y Siller, 2003; Matzler et al., 2008; Godfrey, 2009; CMTNM-Congreso mundial de turismo de nieve y montaña, 2014; Miragaia, Conde y Soares, 2016; Hall, O'Mahony y Gayler, 2017). En definitiva, existe la necesidad de la incorporación del marketing a su gestión, cabe preguntarse si esto realmente se está produciendo. La literatura académica sobre cómo se aplica el marketing, es decir sobre auditoría de marketing (Kotler y Dubois, 1986), en estaciones de esquí es prácticamente inexistente. Dentro de ello un aspecto de especial relevancia en la estrategia de toda organización, tras la irrupción de internet, es el desempeño en las redes sociales (Daries-Ramon et al. 2016).

Tanto en el estudio de la auditoría de marketing, como en la aplicación de las redes sociales virtuales por parte de las estaciones de esquí, la literatura académica es muy escasa, el objetivo que se persigue, precisamente, es aportar conocimiento a estos aspectos. Para ello se ha llevado a cabo una encuesta a directivos y representantes de estaciones de esquí italianas y españolas y se ha analizado el comportamiento en Facebook y Twitter de estaciones de estos dos países.

1. Estaciones de esquí, comunicación y marketing

Importancia del turismo deportivo de esquí

Las principales peculiaridades del turismo de montaña referido a la práctica de deportes de invierno para García y Escalera (2016) son que se desarrolla en un entorno natural que, por sus características, es altamente exigente en inversiones, infraestructuras y mantenimiento. También debe contar con una estrategia que contemple su desarrollo de forma sostenible, competitiva y rentable (Dickson y Faulks, 2007). Finalmente, el problema de la estacionalidad, además de la variabilidad, puesto que la duración de la temporada depende de las condiciones climáticas. Una forma de paliar los efectos de la estacionalidad es ofrecer actividades complementarias: deportivas (senderismo o bicicleta de montaña), culturales o gastronómicas, que amortigüen la temporalidad.

El incremento de la actividad económica relacionada con el deporte va parejo al aumento de los estudios académicos sobre este fenómeno. Hay más investigaciones sobre la gestión del deporte como empresas de servicios (Calabuig et al., 2008), por supuesto también para las estaciones de esquí pero no sobre auditorías de marketing. Para Falk (2010) la demanda de turismo de invierno depende de diversos factores: la renta nacional e internacional, los precios, el transporte, los costes, la ubicación de las vacaciones (principalmente de Semana Santa) y el cambio climático. Por otro lado, la CMTNM (2014) sostiene que las regiones de montaña han de evolucionar de un turismo de masas a un turismo multi-nicho.

En España hay 31 estaciones de esquí y montaña, las cuales se encuentran asociadas bajo ATUDEM (Asociación Turística de Estaciones de Esquí y Montaña) creada en 1974. El sector de las estaciones de esquí mueve más de 5 millones de visitantes, la gran mayoría deportistas cuya facturación supera los 100 millones de euros.
En Italia hay 257 estaciones de esquí, la importancia del esquí en este país lo hace un buen candidato para tomarlo como referente para las estaciones españolas. Según el Centro de Estudios del CNA (Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della Piccola e Media Impresa)

la temporada 2017 supuso unos ingresos de 10,6 miles de millones de euros. Entre hoteles, servicios directos a las actividades turísticas, otros servicios relacionados con hoteles y hostelería los visitantes aumentaron un 6,2% con respecto a la anterior temporada y rozaron los 11 millones de turistas.

Estaciones de esquí y marketing

Desde la perspectiva de marketing, las investigaciones existentes se centran en los estudios de los atributos, de la calidad de servicio y de la valoración por parte de los usuarios, especialmente esquiadores. Para Hall, O'Mahony y Gayler (2017) la diversión, el transporte, los empleados y el alojamiento son los factores más importantes de la satisfacción de los esquiadores. Miragaia et al. (2016) identificaron cinco factores de satisfacción: instalaciones y equipos, atributos de las montañas, servicios de resort, restaurantes, alojamiento y actividades sociales y acceso. Godfrey (1999) los resume en condiciones de nieve y variedad de las pendientes.

Al margen de la valoración de los esquiadores, pocos estudios han analizado la opinión de otros agentes dentro de las estaciones tales como los directivos, empleados o profesionales del marketing. Ismert y Petrick (2004) analizando los resultados de una adecuada cultura organizacional de las estaciones. Hallaron que los empleados valoraban la socialización (relación con los compañeros y desempeño y trato de los directivos) como los aspectos más importantes para lograr un correcto resultado de la empresa.

Sin embargo, no hemos identificado investigaciones de la aplicación integral de marketing a las estaciones de esquí, es decir que realizaran una auditoría de marketing para estaciones de esquí. Y ello referido a los distintos aspectos de marketing que distinguieron Kotler y Dubois (1986): entorno, estrategia, organización, sistemas, productividad y funciones.

Auditoría de marketing a partir de la Matriz Importancia-Adecuación

La matriz importancia-adecuación o matriz importancia-valoración (abreviada como IPA) es una herramienta de gestión que adopta un enfoque de expectativas-desempeño para medir las percepciones de calidad y ha sido ampliamente utilizada en la literatura (Martilla y James, 1977; Matzler et al., 2003; Piñeiro et al., 2006; Matzler et al., 2008). Esta metodología se usa para proporcionar directrices en la toma de decisiones estratégicas de marketing. En el caso de las estaciones de esquí, Hudson y Shephard (1998) afirman que el análisis de importancia-adecuación puede utilizarse como una herramienta muy útil y determinante en la planificación de marketing. Hwa-Ryong y Sung-Kyeom (2010) la utilizaron para analizar los atributos de las estaciones.

Esta matriz evalúa diferentes aspectos de las características de una organización en términos de percepciones de rendimiento y de importancia de resultados. El IPA permite conocer cuáles son los puntos fuertes y las áreas a mejorar de un servicio, poniendo en relación la importancia que los usuarios/clientes/empleados otorgan a cada uno de los atributos que lo componen y la valoración o performance atribuida a cada uno de ellos y ha sido utilizada en diferentes ámbitos como universidades (Rial et al., 2012) o planificación estratégica de ciudad. En definitiva, constituye una aproximación indirecta a la medida de la gestión o calidad, de manera sencilla y funcional, los puntos fuertes y áreas de mejora de un determinado producto, servicio o empresa (Piñeiro et al., 2006).

En esta investigación son los directivos y representantes de las estaciones de esquí quienes tienen que valorar la importancia y la adecuación de su estación a los diferentes aspectos de las seis dimensiones de la aplicación de marketing a las estaciones de esquí.

Estaciones de esquí y redes sociales

Dentro de las funciones de marketing, la comunicación es un aspecto muy relevante y dentro de ésta las redes sociales. Según TURESESPAÑA, entre los turistas que llegaron a España

en 2013, un 65,6% recurrieron a la utilización de alguna herramienta web para la consulta, reserva o el pago de sus vacaciones. Las redes sociales son influyentes para proporcionar información directa y crear contacto con los clientes, factor cada vez más importante dentro de una buena estrategia de marketing (Daries-Ramon et al., 2016). Se ha comprobado que casi todas las estaciones de esquí tienen una web oficial, pero la mera presencia en el mundo de internet no es un factor suficiente y es necesario crear un vínculo con los consumidores y usuarios (Daries-Ramon et al., 2016). Para poder lograr este vínculo, las redes sociales aportan un significativo apoyo (Buhalis y Law, 2008). ATUDEM tiene entre sus cometidos la promoción de las estaciones de esquí que forman parte de su red, de ahí el interés por conocer el papel de las redes sociales. Algunas de las acciones puestas en marcha por la asociación están orientadas a la utilización de hashtags como #miprimeravez, #todosalanieve y #yoesquioenespaña y a la estipulación de un acuerdo de colaboración con cuatro youtubers (Korah, Outconsumer, Carla Laubalo y MegaGlowen) para refrescar la imagen de las estaciones españolas y, al mismo tiempo, adaptarse a las necesidades del segmento juvenil. Aunque Gretzel et al. (2006) avisan de las posibilidades que puede proporcionar internet para la promoción de los varios destinos, otras investigaciones han detectado un mal aprovechamiento de este instrumento, revelando la necesidad de reforzar los recursos y no desvalorar las oportunidades proporcionadas por las TICs (García y Escalera, 2016).

2. Metodología

Encuesta para la aplicación de la matriz importancia-aplicación

En primer lugar, había que seleccionar los ítems adecuados que recogieran lo mejor posible la aplicación de marketing a las estaciones de esquí. A partir de la propuesta de Kotler y Dubois (1986) partimos de 83 ítems, que fueron valorados mediante un proceso Dephi por parte de 4 expertos en marketing en dos oleadas. Cada experto conocía la valoración media de cada ítem (en una escala de 1 poco importante a 10 muy importante) antes de proceder a la segunda votación. Tras eliminar los ítems muy parecidos se seleccionaron los de mayor puntuación media de importancia y menor desviación típica. Finalmente, el cuestionario quedó formado por 32 ítems de las seis dimensiones antes referidas.

La población objetivo (universo) eran todas las estaciones de esquí españolas e italianas. Se contactó con todas las estaciones de esquí alpino españolas que son una treintena y aunque se identificaron 193 italianas, en muchos casos formaban parte del mismo distrito y se enviaron cuestionarios a 122.

Se utilizó la plataforma Qualtrics para aplicación (auto-administrada) y gestión del cuestionario. Se envió a las estaciones de esquí el enlace para cumplimentarlo on-line por parte de los directivos y técnicos de las mismas. Se hicieron varios envíos durante los meses de noviembre y diciembre de 2017. En total se obtuvieron 26 respuestas.

Composición base de datos para el estudio de redes sociales y presencia en Internet

Para la elaboración de la base de datos de las redes sociales y tráfico Internet, se decidió considerar a todas las estaciones españolas y elegir a las 20 estaciones italianas más importantes, según número de visitantes, importancia turística, prestigio y fama del destino donde se encuentra la estación de esquí.

Para el análisis de la posición en internet de las estaciones de esquí, se utilizó la información presente en Google Trends. En particular, de cada una de las estaciones tenidas en cuenta, las 29 españolas y las 20 italianas, se examinó: el “interés a lo largo del tiempo”, considerando un periodo temporal de 14 años, desde 2004 hasta 2017 (los datos de diciembre 2017 no estaban disponibles en fecha 19/11/2017), que mide las búsquedas efectuadas y las “consultas relacionadas” con el término principal buscado (el nombre de la estación de esquí).
Para analizar las estaciones de esquí en las redes sociales se emplearon dos páginas que, gratuitamente, ofrecen una analítica de la información, posición, actividad, relevancia, etc. que

obtienen las estaciones de esquí en sus relativas páginas de Facebook y Twitter. Las páginas fueron LikeAlyzer para Facebook y Foller para Twitter, ambas consultadas a fecha de 19 de noviembre de 2017.

Tabla 1
Indicadores páginas Facebook, LikeAlyzer.

Indicador	Descripción
Frontpage	% de eficacia de la portada de la página.
About	% de cantidad de información adicional que proporciona la página.
Activity	% del nivel de actividad de la página.
Response	% de respuesta de la página a los post de sus seguidores.
Photos	% de fotos colgadas en la página.
Videos	% de videos colgados en la página.
Notes	% de notas colgadas en la página.
People talking about this	Nº de personas que han interactuado con la página en los últimos 7 días.
Total Page likes	Total de "me gusta" que ha recibido la página hasta la fecha.
Engagement rate	% de compromiso con sus seguidores que tiene la página. Se calcula dividiendo el número de "People talking about this" por el número total de "me gusta".
Posts per day	Media de post al día que crea la página.
Average post length	Extensión media (en caracteres) de un post creado por la página.
Events	Nº de eventos creados por los administradores de la página.
Pages liked	Nº de "me gusta" que ha dado la página a otras páginas.
Native Facebook videos	Nº total de videos creados y colgados directamente por la página.

Tabla 2
Indicadores páginas Twitter (Foller).

Indicador	Descripción
Tweets	Nº total de tuits creados por la página.
Followers	Nº total de seguidores que tiene la página.
Following	Nº total de seguidos que tiene la página.
Followers per following	Ratio entre seguidores y seguidos.
Listed	Total de las listas por las que se puede encontrar a la página.
Replies	Total de repuestas a los tuits de los seguidores. Este indicador se mide considerando 100 tuits.
Tweets with @mentions	Nº total de los tuits con menciones de la página. Este indicador se mide considerando 100 tuits.
Tweets with #hashtags	Nº total de tuits con hashtags hechos por la página. Este indicador se mide considerando 100 tuits.
Retweets	Nº total de retuits. Este indicador se mide considerando 100 tuits.
Tweets with links	Nº total de tuits contenientes enlaces a otras páginas. Este indicador se mide considerando 100 tuits.
Tweets with media	Nº total de tuits con contenidos multimedia. Este indicador se mide considerando 100 tuits.

Otros datos

Para completar la base de datos con la información de las redes sociales, se consiguieron datos de las estaciones españolas de la temporada 2016-17.

3. Análisis de datos

El análisis de los ítems de la matriz de importancia-adecuación se realiza aplicando medidas de tendencia central y de dispersión, prueba de diferencia de medias para los ítems de

importancia y adecuación por separado y para comprobar si hay diferencias significativas entre la importancia y adecuación dada a cada caso.

También se aplican medidas de correlación, de diferencia de medias y análisis clúster a los indicadores de redes sociales.

4. Conclusiones

El análisis de los ítems de la matriz de importancia-adecuación de las diferentes categorías de auditoría de marketing (organización, estrategia, funciones, sistemas, productividad y entorno) destaca la importancia dada por los representantes a:

- Organización de marketing: relación con otros departamentos, definir puestos de trabajo y su responsabilidad, y formación de los empleados.
- Estrategia de marketing: internet forma parte de la estrategia, conocer posición competitiva y disponer de un plan de marketing.
- Funciones de marketing: definición de objetivos de comunicación (off y online), calidad de servicio, tener una página web bien posicionada.
- Entorno de marketing: conocer la opinión de sus visitantes, investigar las necesidades de su público objetivo.

Respecto a la adecuación de los diferentes elementos seleccionados en la aplicación del marketing destacan:

- Entorno: conocer la opinión de sus visitantes, tener en cuenta los principales acontecimientos económicos de su entorno, y conocer y responder rápidamente a los cambios en la legislación que le afectan.
- Estrategia: Internet forma parte de la estrategia, conocer posición competitiva, disponer de un plan de marketing, y la estrategia tiene en cuenta la carga turística.
- Organización: relación con otros departamentos, definir puestos de trabajo y su responsabilidad y que los que participan en actividades de marketing están correctamente formados.
- Funciones: página web bien posicionada.

En cuanto a los principales déficits que se dan en las funciones de marketing: adaptación al concepto de comunicación integrada de marketing, realizar actividades de marketing directo, online y de base de datos, definir de objetivos de comunicación, estrategia de calidad de servicio, revisar eficacia de los operadores turísticos y sistema de comunicación interna.

También se analizan las diferencias entre las perspectivas de las estaciones españolas y las italianas.

Para los perfiles en redes sociales, se consideraron 15 ítems referidos a la actuación en Facebook y 11 referidos a Twitter, aplicados a casi la totalidad de las estaciones de esquí españolas y 20 de las mayores estaciones de esquí italianas para las redes, comprobando su diferencia e identificando grupos de estaciones de esquí.

Con estos análisis se identifican los grandes déficits de las estaciones de esquí desde la perspectiva de marketing. De ello se desprenden interesantes recomendaciones para el sector, en tanto que colectivo, y para cada estación de esquí, en tanto como ejercicio de benchmarking. También ayuda a conocer los parecidos y diferencias entre estaciones de esquí españolas e italianas.
En segundo lugar, se obtienen los perfiles de actuación en dos de las principales redes sociales (FB y Twitter) de las estaciones de esquí, los parecidos y diferencias entre las estaciones españolas e italianas y la identificación de grupos de estaciones según su actuación en estas dos redes sociales.

Entre las limitaciones de este estudio es de señalar el número reducido de respuestas a los cuestionarios sobre importancia-adecuación aunque en el caso de las estaciones españolas se llega a tener un tercio del total.

Referencias bibliográficas

- ATUDEM. Asociación Turística de Estaciones de Esquí y Montaña (2015): Consulta 26/01/2015 en http://www.atudem.org/
- Buhalis, D., & Law, R. (2008). Progress in information technology and tourism management: 20 years on and 10 years after the Internet—The state of eTourism research. *Tourism management*, *29*(4), 609-623.
- Calabuig Moreno, F., Quintanilla Pardo, I., & Mundina Gómez, J. (2008). La calidad percibida de los servicios deportivos: diferencias según instalación, género, edad y tipo de usuario en servicios náuticos. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, *4*(10).
- CMTNM (2014). Mountainlikers: nuevas tendencias del turismo de montaña en verano», en 8º Congreso Mundial de Turismo de Nieve y Montaña, Andorra la Vella. http://www.congresdeneu.ad/
- CNA, Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della Piccola e Media Impresa. http://www.cna.it/
- Daries-Ramon, N., Cristóbal-Fransi, E., Martin-Fuentes, E., & Marine-Roig, E. (2016). Adopción del comercio electrónico en el turismo de nieve y montaña: análisis de la presencia web de las estaciones de esquí a través del Modelo eMICA. *Cuadernos de Turismo, 37*, 113-134.
- Dickson, T. J., & Faulks, P. (2007). Exploring overseas snowsport participation by Australian skiers and snowboarders. *Tourism Review*, *62*(3/4), 7-14.
- Falk, M. (2010). A dynamic panel data analysis of snow depth and winter tourism. Tourism Management, 31, 912-924.
- García Lastra, Ó., Escalera Izquierdo, G. (2016). Análisis longitudinal de los sitios web de las estaciones de esquí y montaña de España, Andorra y Pirineo de Francia. Temporadas 2009-10 y 2013-14. *Cuadernos de Turismo*, *38*, 171-194.
- Godfrey, K. B. (1999). Attributes of destination choice: British skiing in Canada. *Journal of Vacation Marketing*, *5*(1), 18-30.
- Gretzel, U., Fesenmaier, D. R., & O'leary, J. T. (2006). The transformation of consumer behaviour. *Tourism business frontiers*, 9-18.
- Hall, J., O'Mahony, B., & Gayler, J. (2017). Modelling the relationship between attribute satisfaction, overall satisfaction, and behavioural intentions in Australian ski resorts. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, *34*(6), 764-778.
- Hudson, S., & Shephard, G. W. (1998). Measuring service quality at tourist destinations: An application of importance-performance analysis to an alpine ski resort. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, *7*(3), 61-77.
- Hwa-Ryong, K., & Sung-Kyeom, K. (2010). Importance-Satisfaction Analysis of Attribute Assessment for Ski Resort. *Korean Journal of Sports Science, 19*(4), 715-731.
- Ismert, M., & Petrick, J. F. (2004). Indicators and standards of quality related to seasonal employment in the ski industry. *Journal of Travel Research, 43*(1), 46-56.
- Kotler, P. & Dubois, B. (1986). Marketing management. Publi Union. Paris.
- Martilla, J.A., & James, J.C. (1977). Importance-Performance Analysis. *Journal of Marketing, 41* (1), 77-79.
- Matzler, K. & Siller, H.J. (2003). Linking travel motivations with perceptions of destinations: the case of youth travelers in Alpine summer and winter tourism. *Tourism Review, 58* (4), 6-11.
- Matzler, K., Füller, J., Renzl, B., Herting, S., & Späth, S. (2008). Customer satisfaction with Alpine ski areas: the moderating effects of personal, situational, and product factors. *Journal of Travel Research, 46*(4), 403-413.
- TURESESPAÑA. (2015). Memoria de actividades de TURESESPAÑA 2015. Instituto de Turismo de España. Recuperado de http://www.tourspain.es/es es/Conozcanos/Documentos%20Memoria%20Anual/Memoria%20TurEspa%C3%B1a%202015.pdf
- Miragaia, D., Conde, D., & Soares, J. (2016). Measuring Service Quality of Ski Resorts: An Approach to Identify the Consumer Profile. *The Open Sports Sciences Journal, 9* (1).
- Piñeiro, Ábalo, J., Varela Mallou, J., & Rial Bubeta, A. (2006). El análisis de importancia-valoración aplicado a la gestión de servicios. *Psicothema*, *18*(4).
- Rial Boubeta, A., Grobas Farto , A., Braña Tobio, T., & Varela Mallou J. (2012). ¿Tenemos realmente una universidad de calidad? Una evaluación cualitativa a partir del Análisis IPA segmentado. *REMA Revista electrónica de metodología aplicada*, *17*(2), 32-50.
- Tjørve, E., Lien, G., & Flognfeldt, T. (2018). Properties of first-time vs. repeat visitors: lessons for marketing Norwegian ski resorts. *Current Issues in Tourism*, *21*(1), 78-102.

EWOM SOBRE DIMENSIONES DE RSC EN DESTINOS TURÍSTICOS DE MONTAÑA. ¿CUÁL ES LA MÁS ÚTIL E INFLUYENTE?

MARINA ZANFARDINI; ENRIQUE BIGNÉ; LUISA ANDREU
marina.zanfardini@fatu.uncoma.edu.ar, EnriqueBigne@uv.es, Luisa.Andreu@uv.es
Universidad Nacional del Comahue – IPEHCS, Universidad de Valencia, Universidad de Valencia

RESUMEN

Este trabajo en curso analiza los efectos del eWOM sobre las tres dimensiones de RSC de los destinos turísticos de montaña. Utilizando un diseño experimental entre e intra-sujetos a 612 turistas de España y Argentina, se analiza cómo el eWOM sobre RSC afecta la utilidad percibida y la influencia percibida. Se manipularon el tipo y cantidad de dimensiones de RSC a través de siete escenarios experimentales. Los resultados confirman efectos jerárquicos de las dimensiones de RSC en las dos variables dependientes. El eWOM ambiental es el más útil e influyente, seguido por el eWOM sociocultural. El comentario sobre la dimensión económica es el menos útil e influyente. Este patrón jerárquico es consistente cuando se presenta a los turistas eWOM sobre dos o más dimensiones de RSC.

Palabras clave: Comunicación boca-oído electrónica, Responsabilidad Social Corporativa, Destinos

ABSTRACT

This paper in progress analyses the effects of mountain destinations' eWOM about three CSR dimensions: environmental, sociocultural and economic. Using a within-subjects and between-subjects experiment applied to 612 tourists from Spain and Argentina, the study explores how eWOM about CSR affects perceived usefulness and perceived influence. The type and the quantity of CSR dimensions were manipulated resulting on seven experimental scenarios. The results confirm the hierarchical effects of CSR dimensions on perceived usefulness and perceived influence. Environmental eWOM is the most useful and influential form of eWOM, followed by sociocultural eWOM. Economic eWOM is the least useful and influential form of eWOM. This hierarchical pattern is consistent when tourists are exposed to eWOM about two or more dimensions.

Keywords: *Electronic Word-of-Mouth, Corporate Social Responsibility, tourism destinations*

1. Introducción

Para los destinos turísticos de montaña, adoptar el concepto de Responsabilidad Social Corporativa (RSC), implica asumir responsabilidades de tipo ambiental, económica y sociocultural. Caracterizados por la diversidad de los recursos naturales, la marginalidad económica, la dificultad de acceso, la fragilidad de sus recursos, la presencia de atractivos únicos y de paisajes de belleza excepcional (Nepal & Chipeniuk, 2005), los destinos de montaña resultan particularmente vulnerables y, por tanto, requieren de una aproximación sostenible.

Debido al auge de la web social, las experiencias turísticas son co-creadas por los turistas y éstos se han convertido en "adprosumers". En la comunicación boca-oído electrónica (eWOM) los turistas reflejan sus percepciones sobre el destino, entre ellas aquellas vinculadas a la RSC del mismo. Estas tendencias han llevado a que TripAdvisor, por ejemplo, cuente con un programa de Eco Líderes, que identifica y categoriza a los hoteles que aplican medidas ecológicas, ofreciendo un filtro especial para presentar esta información a los usuarios. Evidentemente este tipo de contenido es adoptado por los futuros viajeros a los destinos, ya que clasificarse en los puestos más altos de la escala de Eco Líderes equivale a más visualizaciones por parte de los turistas.

Aunque existen antecedentes que demuestran el impacto positivo de la RSC en el comportamiento del consumidor en los destinos turísticos (Bigné, Andreu, & Zanfardini, 2013; Zanfardini, Tamagni, & Bigné, 2014), poco se ha profundizado en el impacto que tiene el eWOM sobre las dimensiones ambiental, económica y sociocultural de la RSC en la adopción de la información para decidir sobre sus viajes. En este sentido, los interrogantes que guían este trabajo son: ¿qué dimensión de RSC reflejada en eWOM es la más útil e influyente a los turistas?, ¿cómo es la jerarquía de impactos de las dimensiones de RSC?, y ¿es consistente la jerarquía de impactos si se presenta el comentario aislado o combinado con otros comentarios sobre otras dimensiones de RSC? Para dar respuesta a estas cuestiones, el presente trabajo analiza la consistencia de los efectos que ejerce cada dimensión de la RSC comunicada de manera aislada o combinada en la utilidad percibida (UP) y en la influencia percibida (IP) del eWOM.

2. Marco teórico e hipótesis

2.1. La adopción del eWOM sobre dimensiones de RSC

La OMT (2014) señala que los destinos tienen tres tipos de responsabilidades: ambiental, económica y sociocultural. En el ámbito de los destinos, existen antecedentes que demuestran el impacto positivo de la RSC en el comportamiento del consumidor turístico (Bigné et al., 2013; Zanfardini et al., 2014).

El eWOM es una "declaración positiva o negativa hecha por los clientes potenciales, actuales o antiguos sobre un producto o empresa, que se pone a disposición una multitud de personas e instituciones a través de Internet" (Hennig-Thurau, Gwinner, Walsh, & Gremler, 2004, p. 39). Si bien el contenido del eWOM es de relevancia para valorar su adopción, especialmente cuando su naturaleza es textual, poco se ha profundizado sobre si el tipo de argumento temático del mensaje afecta este proceso. En particular, las dimensiones de RSC como argumento temático de los eWOM y su impacto en la UP e IP han sido escasamente estudiados, aun cuando existen evidencias de consumidores turísticos preocupados por las cuestiones ambientales y sociales de los destinos turísticos (Wattanakamolchai et al., 2016).

2.2. Jerarquía de impactos de las dimensiones de RSC

Como la valoración de la UP e IP del eWOM se realiza por comentario individual más que por un conjunto de comentarios (Quaschning, Pandelaere, & Vermeir, 2015), interesa analizar si los sujetos mantienen una consistencia en la preferencia de las dimensiones de RSC para influir en sus actitudes hacia los destinos turísticos. En otras palabras, se busca responder a la pregunta: ¿varía el nivel de UP y de IP del eWOM sobre las dimensiones de la RSC según se presenten de manera aislada o combinada?

La transitividad es una medida que ha sido utilizada como medida de consistencia en la preferencia de elección (Lee, Amir, & Ariely, 2009), por lo que podría aplicarse para medir la consistencia de los impactos de las dimensiones de la RSC comunicadas en el eWOM de manera aislada o combinada. Que exista transitividad implica que los consumidores son consistentes al evaluar las dimensiones de la RSC en cuanto a su UP e IP, es decir, que deben tener una estructura de evaluación o una jerarquía de impactos bien definida. Si hay transitividad se espera que, ante un conjunto de tres tipos de comunicaciones sobre la RSC (ambiental, económica y sociocultural), si por ejemplo, para los sujetos la UP del eWOM ambiental es mayor que la del eWOM sociocultural y ésta a su vez es mayor que la del eWOM económica, la UP del eWOM ambiental será mayor que la del eWOM económica.
Habitualmente estos tests se realizan exponiendo a los sujetos como mínimo a pares de estímulos y analizando la transitividad de sus respuestas a los mismos (Lee et al., 2009). En este trabajo en curso el objetivo se centra en analizar la jerarquía de impactos de las dimensiones de RSC en la UP y en la IP entre grupos de sujetos expuestos a distintos

contextos: (i) a un único tipo de eWOM sobre dimensiones de RSC (ambiental, económica o sociocultural); (ii) a un par de eWOM sobre dimensiones de RSC (ambienta + económica, ambiental + sociocultural, o económica+ sociocultural); y (iii) a los tres tipos eWOM sobre las dimensiones de RSC (ambiental+económica+sociocultural). Por tanto, se propusieron las siguientes hipótesis vinculadas a la UP (H1a-c) y a la IP (H2a-c):

- H1a/H2a: La jerarquía de impactos en la UP y en la IP es la misma para los sujetos expuestos a eWOM de dimensiones aisladas de RSC que para los sujetos expuestos eWOM de dos dimensiones de RSC.
- H1b/H2b: La jerarquía de impactos en la UP y en la IP es la misma para los sujetos expuestos a eWOM de dimensiones aisladas de RSC que para los sujetos expuestos a eWOM sobre las tres dimensiones de RSC.
- H1c/H2c: La jerarquía de impactos en la UP y en la IP es la misma para los sujetos expuestos a eWOM de dos dimensiones de RSC que para los sujetos expuestos a eWOM sobre las tres dimensiones de RSC.

3. Método

Para contrastar las hipótesis se aplicó una combinación de diseño entre e intrasujetos, con las dimensiones de RSC como como variable independiente y UP e IP como variables dependientes. Participantes españoles y argentinos en cada submuestra se han expuesto a uno de siete escenarios vinculados a destinos turísticos de montaña. Los escenarios fueron las posibles combinaciones de las dimensiones de RSC: (1) eWOM ambiental, (2) eWOM económica, (3) eWOM sociocultural, (4) eWOM ambiental + eWOM económica, (5) eWOM ambiental + eWOM sociocultural, (6) eWOM ambiental + eWOM sociocultural y (7) eWOM ambiental + eWOM económica + eWOM sociocultural.

La UP fue medida como lo sugieren Park y Lee (2009a) y la IP de acuerdo a lo propuesto por Jeon y Park (2003) y Park y Lee (2009b). Para los escenarios 4 a 7, las variables dependientes UP e IP se midieron repetidamente después de cada estímulo de eWOM presentado a los participantes.

Cuando se expone a un sujeto a múltiples tratamientos, el orden de los estímulos puede afectar los resultados (Charness, Gneezy, & Kuhn, 2012). Para evitar estos efectos en los escenarios 4 a 7 de las dos submuestras, los comentarios fueron presentados de manera aleatoria a cada participante.

Las palabras usadas para redactar los estímulos fueron cuidadosamente seleccionadas de léxicos de cada dimensión (ambiental, económica y sociocultural) obtenidos a través del análisis de 5.113 comentarios sobre destinos turísticos españoles y argentinos publicados en TripAdvisor. La clasificación de los términos en los léxicos fue realizada por cinco jueces expertos en el tema.

Los sujetos que se sometieron al experimento fueron turistas de los principales mercados emisores de Argentina y España, de entre 30 y 60 años que habían viajado dos veces en los últimos dos años a un destino de ocio. Los mercados emisores fueron acotados a tres conglomerados por país. En Argentina se seleccionaron la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Córdoba y Rosario, mientras que en España se seleccionaron las ciudades de Barcelona, Madrid y Sevilla. Se aplicó un muestreo por cuotas, buscando equilibrar la cantidad de individuos por escenario y mercado emisor obteniendo una muestra de 612 individuos.

4. Resultados

4.1. Jerarquía de impactos de las dimensiones de RSC en los escenarios experimentales

La influencia de las dimensiones de RSC presentadas de manera aislada (escenarios 1 a 3) sobre UP e IP del eWOM se analizó a través de un ANOVA de un factor, utilizando un contraste polinómico de orden cuadrático. Para el análisis de los escenarios 4 a 7, en los que se presentaron combinaciones de eWOM sobre las dimensiones de RSC, se realizó un modelo lineal general de las medidas repetidas colocando a UP e IP como variables dependientes. La síntesis de los análisis realizados, con sus respectivas pruebas de contraste y los valores F se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1
Efecto de las dimensiones de RSC en la UP e IP

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	
Origen de la varianza de UP					
Escenarios 1 a 3: ambiental, económica o sociocultural Inter-grupos	38,785	2	19,392	5,481	**
Error	937,678	265	3,538		
Escenario 4: ambiental + económica Entre-grupos	54,075	1	54,075	27,776	***
Error	167,425	86	1,947		
Escenario 5: ambiental + sociocultural Entre-grupos	10,500	1	10,500	9,126	**
Error	95,500	83	1,151		
Escenario 6: económica + sociocultural Entre-grupos	14,948	1	14,948	8,654	**
Error	148,552	86	1,727		
Escenario 7: ambiental + económica + sociocultural Entre-grupos	80,651	1	80,651	37,120	***
Error	184,682	85	2,173		
Origen de la varianza de IP					
Escenarios 1 a 3: ambiental, económica o sociocultural Inter-grupos	12,196	2	6,098	2,504	
Error	645,300	265	2,435		
Escenario 4: ambiental + económica Entre-grupos	15,841	1	15,841	17,800	***
Error	76,534	86	0,890		
Escenario 5: ambiental + sociocultural Entre-grupos	2,881	1	2,881	4,819	*
Error	49,619	83	0,598		
Escenario 6: económica + sociocultural Entre-grupos	9,898	1	9,898	8,109	**
Error	104,977	86	1,221		
Escenario 7: ambiental + económica + sociocultural Entre-grupos	36,907	1	36,907	26,621	***
Error	117,843	85	1,386		

Nota: *** p asociado a F ≤0,001; ** p asociado a F ≤0,01; * p asociado a F ≤0,05

Las dimensiones de RSC presentadas de manera aislada afectaron significativamente a la varianza de la UP del eWOM (5,481, p=0,005), pero no afectaron a la dispersión de la IP del eWOM (F= 2,504, p=0,084). Por otra parte, las dimensiones de RSC presentadas de a pares o las tres simultáneamente afectaron de manera significativa (p menor a 0,05) tanto la UP como la IP indicando la existencia de variaciones en los valores medios de UP e IP. Partiendo de estos hallazgos, se procedió a evaluar las diferencias de medias encontradas para cada variable dependiente en cada escenario, cuyos resultados se presentan a continuación.

En cuanto a la UP y para los grupos de individuos que se expuso a un mensaje eWOM aislado de alguna de las tres dimensiones de RSC (escenarios 1 a 3), la prueba post hoc HSD de Tukey arrojó dos subconjuntos homogéneos de individuos: los del escenario 2 (económico) y los del escenario 1 y 3 (sociocultural y ambiental). El segundo grupo presenta valores medios significativamente ($p<0,05$) más elevados ($UP_{sociocultural}=4,65$; $UP_{ambiental}= 4,77$) que aquellos expuestos al estímulo de eWOM económico ($UP_{económico}=3,91$). En otras palabras, los turistas que fueron expuestos sólo a eWOM sobre la dimensión ambiental o sólo al eWOM de la dimensión sociocultural encontraron más útiles los mensajes para decidir sobre sus viajes, en comparación a sus pares expuestos sólo al mensaje sobre la dimensión económica de RSC.

En los escenarios con combinaciones por pares de estímulos de eWOM sobre dimensiones de RSC también se encontraron diferencias significativas en UP. La comparación de pares con ajuste Bonferroni indicó que en el escenario 4 los turistas encontraron más útil al comentario ambiental ($UP_{ambiental}= 5,17$) sobre el económico ($UP_{económico}=4,06$). En el escenario 5, al evaluar los estímulos ambiental y sociocultural, los sujetos presentaron un nivel medio mayor para el primero de ellos ($UP_{ambiental}=5,10$ y $UP_{sociocultural}=4,56$). En el escenario 6, el comentario sobre la dimensión económica ($UP_{económico}=3,76$) resultó menos útil a los individuos que el comentario de la dimensión sociocultural ($UP_{sociocultural}=4,35$). Para el último escenario, en el que los individuos estuvieron expuestos al trío de estímulos el comentario sobre la dimensión económica de la RSC resultó el menos útil ($UP_{económico}=4,94$) en comparación con el sociocultural ($UP_{sociocultural}=4,80$) y el ambiental ($UP_{ambiental}=5,45$).

En cuanto a la variable dependiente IP, para los grupos de individuos que se expuso sólo a un eWOM de alguna de las tres dimensiones de RSC (escenarios 1 a 3) y tal como lo anticipan los resultados reflejados en la Tabla 1, los niveles medios de la Influencia Percibida del eWOM no presentan diferencias significativas. No sucede lo mismo en los escenarios de pares de estímulos y trío de estímulos. Así, en el caso del grupo que estuvo en el escenario 4 la IP del eWOM ambiental fue mayor ($IP_{ambiental}=4,35$) a la del eWOM económica ($IP_{económica}=3,75$). El eWOM sobre la dimensión ambiental de RSC fue percibido como más influente ($IP_{ambiental}=4,52$) en comparación con el eWOM de la dimensión sociocultural ($IP_{sociocultural}=4,26$) entre los sujetos del escenario 5. El grupo del escenario 6, percibió el eWOM sobre la dimensión económica de RSC ($IP_{económica}=3,63$) como menos influente en comparación con el eWOM de la dimensión sociocultural ($IP_{sociocultural}=4,11$).

Finalmente, para los individuos del escenario 7, que estuvieron expuestos a los tres tipos de eWOM, las comparaciones por pares con ajuste Bonferroni resultaron significativas para las dos variables dependientes. La influencia del eWOM ambiental resultó mayor ($IP_{ambiental}=4,76$) que la del eWOM sociocultural ($IP_{sociocultural}=4,17$) y esta, a su vez, resultó mayor que la del eWOM económico ($IP_{económica}=3,65$).

4.2. Contraste de hipótesis: consistencia en la jerarquía de impactos

Al comparar los resultados de los valores medios de UP en escenarios con dimensiones simples de RSC y los de los escenarios que combinaron pares de dimensiones de RSC (H1a), no se observó consistencia en la percepción de la utilidad del eWOM. Si bien la UP de los mensajes individuales aportó evidencia de que los sujetos expuestos sólo a eWOM económico consideraban al mensaje con una utilidad media menor que la de quienes evaluaron sólo el eWOM ambiental o sólo el eWOM sociocultural, entre estos dos últimos grupos (ambiental vs sociocultural) no se observaron diferencias significativas.

En los escenarios de pares de estímulos la UP del eWOM económico resultó menor a la UP del eWOM ambiental y a la del eWOM sociocultural, pero también se observó que la UP del eWOM ambiental fue superior a la del eWOM sociocultural, jerarquía de impactos que no se observó en los grupos expuestos a estímulos aislados. Por tanto, la hipótesis 1a es rechazada. De igual forma no se mantuvo el patrón de jerarquía de impactos entre los individuos expuestos a eWOM sobre sólo una de las dimensiones de la RSC y entre los

sujetos expuestos a una combinación de mensajes sobre las tres dimensiones de RSC, en la que se observó que la UP del eWOM ambiental era mayor a la del eWOM económico y a la vez la del eWOM sociocultural. Por tanto, la hipótesis 1b es rechazada.

En las combinaciones de pares de dimensiones la UP del eWOM ambiental es mayor a la UP del eWOM económico, la UP del eWOM sociocultural resultó mayor a la UP del eWOM económico y la regla de transitividad se cierra ya que la UP del eWOM ambiental es mayor a la UP del eWOM sociocultural. Si se comparan además estos resultados con los arrojados por el grupo expuesto a los tres tipos de comentarios, la jerarquía de impactos sobre la UP se mantiene, ya que la UP del eWOM ambiental es mayor a la del eWOM sociocultural que a su vez es mayor que la del eWOM económico. El patrón de utilidad percibida en los escenarios que combinaron dos dimensiones de RSC vuelve a estar presente en el grupo expuesto a la combinación de los tres tipos eWOM, por esta razón la hipótesis 1c es aceptada.

En cuanto a la IP del eWOM sobre dimensiones de RSC, los resultados muestran que cuando los individuos están expuestos a eWOM sobre una única dimensión de RSC, no presentan diferencias significativas. Sin embargo, no sucede lo mismo cuando se expone a combinaciones de mensajes, sean de pares o a las tres dimensiones de RSC. Por tanto, H2a y H2b fueron rechazadas.

Al comparar qué sucede con los valores medios de IP entre los sujetos expuestos eWOM sobre dos dimensiones de RSC y entre aquellos expuestos a la combinación de los tres mensajes de las dimensiones de RSC, se observa un patrón jerárquico que es consistente. Así, en las combinaciones de pares de dimensiones la IP del eWOM ambiental es mayor a la IP del eWOM económico. La IP del eWOM sociocultural resulta mayor a la del eWOM económico y la regla de transitividad se cierra ya que la IP del eWOM ambiental es mayor a la del eWOM sociocultural. Si se comparan además estos resultados con los arrojados por el grupo expuesto a los tres tipos de comentarios, la jerarquía de impactos se mantiene, porque que la IP del eWOM ambiental es mayor a la del eWOM sociocultural que a su vez es mayor que la del eWOM económico. Por tanto, H2c, fue aceptada.

5. Conclusiones e implicaciones

Los resultados iniciales permiten concluir sobre la existencia de un patrón recurrente en la jerarquía de influencia de las dimensiones de RSC sobre la UP y la IP, en el que el eWOM ambiental es el que resulta más útil e influyente, seguido por el eWOM sobre la dimensión sociocultural, resultando el eWOM de la dimensión económica el menos adoptado por los turistas. Se debe señalar que la consistencia en la jerarquía de impactos de las dimensiones de RSC sobre la UP y la IP se corroboró en las situaciones experimentales en las cuales los turistas estaban expuestos a más de un mensaje vinculado a alguna de las dimensiones de RSC.

Si bien la comunicación de las acciones ambientales de RSC que se realicen en los destinos turísticos de montaña es, sin duda, la prioridad para sus gestores, no deben descuidarse las comunicaciones en relación a la dimensión sociocultural de la RSC. Los turistas utilizan y se ven influenciados por las asociaciones a estos temas que puedan surgir en las conversaciones online. En este sentido, una implicación para los intermediarios digitales y para las comunidades de viajeros on-line es incorporar algún atributo vinculado al “cuidado de autenticidad cultural” para definir a las empresas, atracciones, actividades y destinos turísticos, e forma tal que los turistas puedan utilizarlo como otro criterio de búsqueda de sus opciones de viaje. Asimismo, se sugiere ofrecer a los turistas la opción de indicar la valencia ambiental y sociocultural del componente del destino turístico de montaña sobre el cual comentan en las comunidades virtuales. Como futuras líneas de investigación se sugiere identificar la credibilidad del eWOM ejercida por los sujetos más influyentes en línea con los sugerido por Litterio, Nantes, Larrosa y Gómez (2017).

Referencias bibliográficas

- Bigné, E., Andreu, L., & Zanfardini, M. (2013). *El valor de la Responsabilidad Social Corporativa en la equidad de marca de destinos turisticos*. (Ramón Areces, Ed.). Madrid, España: Centro de Estudios Ramón Areces.
- Charness, G., Gneezy, U., & Kuhn, M. a. (2012). Experimental methods: Between-subject and within-subject design. *Journal of Economic Behavior and Organization*, *81*(1), 1-8. http://doi.org/10.1016/j.jebo.2011.08.009
- Davis, F. D., Baggozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology : a Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, *35*(8), 982-1003.
- Geneletti, D., & Dawa, D. (2009). Environmental impact assessment of mountain tourism in developing regions: A study in Ladakh, Indian Himalaya. *Environmental Impact Assessment Review*, *29*(4), 229-242. http://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.01.003
- Hennig-Thurau, T., Gwinner, K. P., Walsh, G., & Gremler, D. D. (2004). Electronic word-of-mouth via consumer-opinion platforms: What motivates consumers to articulate themselves on the Internet? *Journal of Interactive Marketing*, *18*(1), 38-52. http://doi.org/10.1002/dir.10073
- Jeon, S. Y., & Park, J. (2003). The influence of information characteristics on word-of-mouth effect. *Journal of Consumer Study*, *14*, 21-24.
- Lee, L., Amir, O., & Ariely, D. (2009). In Search of Homo Economicus: Cognitive Noise and the Role of Emotion in Preference Consistency. *Journal of Consumer Research*, *36*(2), 173-187. http://doi.org/10.1086/597160
- Litterio, A. M., Nantes, E. A., Larrosa, J. M., & Gómez, L. J. (2017). Marketing and social networks: a criterion for detecting opinion leaders. *European Journal of Management and Business Economics*, *26*(3), 347-366. https://doi.org/10.1108/EJMBE-10-2017-020
- Nepal, S. K., & Chipeniuk, R. (2005). Mountain tourism: Toward a conceptual framework. *Tourism Geographies*, *7*(3), 313-333. http://doi.org/10.1080/14616680500164849
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory*. (N. York, Ed.). McGraw-Hill.
- OMT. (2014). Definición turismo sostenible. Recuperado a partir de http://sdt.unwto.org/es/content/definicion
- Park, C., & Lee, T. M. (2009a). Antecedents of Online Reviews' Usage and Purchase Influence: An Empirical Comparison of U.S. and Korean Consumers. *Journal of Interactive Marketing*, *23*(4), 332-340. http://doi.org/10.1016/j.intmar.2009.07.001
- Park, C., & Lee, T. M. (2009b). Information direction, website reputation and eWOM effect: A moderating role of product type. *Journal of Business Research*, *62*(1), 61-67. http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2007.11.017
- Park, C., Wang, Y., Yao, Y., & Kang, Y. R. (2011). Factors Influencing eWOM Effects: Using Experience, Credibility, and Susceptibility. *International Journal of Social Science and Humanity*, *1*(1), 74-79. http://doi.org/10.7763/IJSSH.2011.V1.13
- Quaschning, S., Pandelaere, M., & Vermeir, I. (2015). When consistency matters: The effect of valence consistency on review helpfulness. *Journal of Computer-Mediated Communication*, *20*(2), 136-152. http://doi.org/10.1111/jcc4.12106
- Scott, D. (2006). Global environmental change and mountain tourism. En S. Gössling & M. C. Hall (Eds.), *Tourism and global environmental change* (pp. 54-75). Routledge.
- Wattanakamolchai, S., Singal, M., & Murrmann, S. K. (2016). Socially Responsible Customers and the Evaluation of Service Quality. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, *40*(6), 715 –738. http://doi.org/10.1177/1096348014525635
- Zanfardini, M., Tamagni, L., & Bigné, E. (2014). ¿Cómo impacta la RSC en el valor de las marcas turísticas? La percepción de los turistas de San Martín de los Andes. En *VI Congreso Latinoamericano de Investigación Turística* (pp. 1-18). Neuquén: EDUCO.

CONCLUSIONES MESAS REDONDAS

- Tecnologías de la información y la comunicación para ayudar en la montaña
- Culture and biodiversity in Mediterranean Mountains- A necessary alliance
- Seguridad en montaña
- Aerosol atmosférico en sitios de montaña y sus efectos climáticos
- Haciendo frente al cambio global en las áreas protegidas.
- El fenómeno socioeconómico de los eventos deportivos en los espacios de montaña.
- Instrumentos de fomento y control de las actividades deportivas en los espacios naturales protegidos.
- Ecosistemas acuáticos de alta montaña, centinelas del cambio global
- Marketing y Comunicación de Áreas Naturales Protegidas (ANP)
- La industria de la nieve, sostenible ante el cambio global
- Problemática de los ungulados en parques nacionales de montaña.
- Sociedad y Áreas Protegidas de montaña
- Jornada Agesport: Organización de eventos deportivos en espacios naturales. Amenazas y oportunidades.
- VIII Jornadas Ciencia y Montañismo. Cimas Singulares: Montañismo Responsable

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN PARA AYUDAR EN LA MONTAÑA
MESA REDONDA

Moderador:

José Luis Verdegay
Catedrático en el Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Granada

Descripción de los ponentes de la mesa y detalle de la comunicación presentada

Profesor J.J. Merelo
Catedrático en el Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores de la Universidad de Granada. Sus principales campos de interés están en la inteligencia computacional y el software libre.

Tema: Detección y predicción de flujos de personas y vehículos en estaciones de esquí

En esencia, el profesor Merelo explicó como usar una serie de dispositivos que detectan móviles para conseguir información relevante sobre las personas que estén en una estación de esquí, desde la frecuencia con la que vuelven, los servicios que usan o, colocados en las pistas, sus marcas personales. Todos estos datos pueden alimentar un sistema de información que permita predecir desde la cantidad de personas que van a pasar por un sitio hasta las mejoras de las marcas o en qué orden usan los diferentes servicios.

Profesor David A. Pelta
Profesor Titular del Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Granada. Sus principales campos de interés son la inteligencia computacional y la resolución de problemas complejos asociados a diseño de rutas, localización y turismo.

Tema: Aplicaciones móviles para el senderismo

Su presentación partió del hecho de que un sendero adecuado para cierta persona, no lo es necesariamente para cualquier otra. A partir de ahí, considerando preferencias y personalizaciones individuales, presentó como diseñar rutas de senderismo adaptadas a los gustos y necesidades de cada cual.

Profesor Luis Castillo
Catedrático en el Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Granada. Sus áreas de interés son la planificación inteligente de actividades y los sistemas multiagente.

Tema: Coordinación de vehículos no tripulados para el rescate de personas

Explicó como coordinar la actividad de un sistema multi-agente (un conjunto de drones por ejemplo) para que de manera colaborativa consigan objetivos que, generalmente, son imposibles de alcanzar de manera individual. Ilustró estos procedimientos con diferentes videos, demostrando el potencial de la metodología para el rescate de personas en la montaña.

Profesor Miguel Ángel Carvajal Rodríguez
Profesor Titular de la UGR adscrito al Dpto de Electrónica y Tecnología de Computadores, donde centra su investigación en el desarrollo de instrumentación basada en sensores tanto físicos como químicos para la detección de diferentes magnitudes.

Tema: Monitorización medioambiental y de la práctica deportiva en la montaña.

El profesor Carvajal fundamentalmente describió un sistema de detección precoz de la formación de hielo en remontes, que previene el cierre de los mismos y consiguientemente mejora la gestión de una estación de esquí.

Profesor Marcelino Cabrera
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Granada. Sus áreas de interés son las nuevas formas de interaccion hombre- maquina y la ludicacion de procesos.

Tema: "Wearables": aplicaciones al entrenamiento y realizacion de actividades de montaña. Mas allá de los "smartwatch".

El profesor Cabrera comentó las múltiples capacidades, funcionalidades y potencialidades que, en el ámbito de la montañan tienen los periféricos que nos acompañan cotidianamente: relojes, pulseras, trajes, botas, etc.

De izquiera a derecha los profesores Luis Castillo, JJ. Merelo, M. Carvajal, J.L. Verdegay (moderador), M. Cabrera y D.A. Pelta, participantes en la Mesa Redonda.

Objetivos y desarrollo

La Mesa Redonda tuvo como principal objetivo mostrar la incidencia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en las actividades relacionadas con la montaña (turismo, deportes, logística, transportes …), y concretamente:

a) Descubrir nuevas formas en las que se pueden aplicar las TIC en diferentes áreas, no solo de servicios sino también de cara a la información y promoción de los destinos.
b) Describir las potencialidades que brindan las nuevas tecnologías (GPS, códigos QR, realidad aumentada, apps, etc.) para la mejora de la práctica deportiva, la creación de productos turísticos innovadores y el fomento de los destinos; y
c) Valorar las ventajas competitivas que el uso de las TIC aporta a los distintos contextos en la montaña (seguridad, calidad, sostenibilidad, etc.)

Conclusiones o principales cuestiones que identifiquen retos, desafíos, aspectos relevantes junto con propuestas de acción para abordarlos.

1. Aunque de uso cotidiano, las facilidades que ofrecen las TIC a los usuarios de las montañas no están siquiera minimamente desplegadas. Por lo que se recomiendan las campañas divulgativas y formativas.
2. En el contexto aquí considerado, las TIC son una ayuda para la mejora y perfeccionamiento de las actividades de montaña en diferentes ámbitos: servicios, seguridad, planificación, logística, etc.
3. Es esencial que exista un alto nivel de coordinación para el uso de las TIC en las estaciones, parques, accesos, etc. como garantía de eficacia, seguridad y eficiencia de medios y recursos.

CULTURE AND BIODIVERSITY IN MEDITERRANEAN MOUNTAINS- A NECESSARY ALLIANCE

Description of the session:

The session started with an introduction from **Marcos Valderrábano**, from Centre for Mediterranean Cooperation of International Union for the Conservation of Nature. The introduction allowed to present the objective of the session: explore the linkages between cultural practices in Mediterranean mountains, and the maintenance of biodiversity elements. For this the session will not entre into considerations of "culture" descriptions" but rather understand cultural practices by i) Showcasing the linkages between biodiversity elements and particular cultural practices; ii) proposing solutions: integrating cultural practices into sites management or innovative responses for ecosystem management.

The first speaker to present topic was **Alexis Katsaros**, from the Mediterranean Institute for Nature and Anthropos (http://med-ina.org) who presented the case of Mt Pindos, and the methodology that Med-INA developed to Integrated Natural values and Cultural values in the site and supported the conservation of cultural practices.

The round table continued by a presentation of **José María Martín Civantos**, from the University of Granada, who presented the findings and results of Memola project (http://memolaproject.eu/es) that have gathered a multidisciplinary team of social scientist, historians, agronomist and biologist to assess evolution of landscape. In the case of Sierra Nevada, where the project has a pilot site, the initiative helped understanding the landscape relevance of traditional irrigation systems, and helped restored some of the irrigation channels (acequias de careo).

Also from the University of Granada, specifically from the Centro Unesco Andalucía (http://www.unescoandalucia.org/) was the next speaker **Ángel Bañuelos**, who focused his intervention in showcasing some of the agricultural practices in decline in area of Sierra Nevada and Alpujarras. The center has been developing a set of initiatives to restore some of the traditional varieties, like the potato.

Next speaker was **Engin Yilmaz**, from Yolda Initiative, who focused his presentation in the importance of Mobile pastoralism. Mediterranean landscapes have been intensively shaped by pastoral communities and many of them have traditionally been mobile pastoral communities. The presentation emphasized not only the value of mobile pastoral communities for its benefits to ecosystems, but also for the knowledge associated.

Round of presentation finished with **Ignacio Henares Civantos**, from the Protected area of Sierra Nevada who presented some examples specific for Sierra Nevada, as means of how a protected area can specifically act in the line of protection of cultural practices.

Discussion and conclusions from the roundtable.

The means by which a specific cultural practice can be kept alive are diverse, and need to be carefully reviewed. However there is a relative agreement that the economic viability of activity needs to be ensured to keep activity alive.

The internalization of costs (environmental damages, pollutions) and benefits (ecosystem services, biodiversity…) that specific activity is producing seems one of the more promising paths that are worth further exploring in the future.

Alignment of different public policies seems also necessary to prevent perverse subsidies that are currently behind the disappearance of many of the cultural practices in Mediterranean mountains.

One of the key ideas rose from the audience and clarified/agreed by the speakers is to avoid the “temporal romanticism”. The vision aiming at restoring cultural practices is looking “to the future” and not a specific moment of the past. The idea of evaluating the linkages between cultural practices and biodiversity is often associated with a nostalgic effort to revert to an (often idealistic) past period with particular human intervention. The objective of establishing clear linkages between specific cultural practices and elements of biodiversity is to provide evidence on specific practices that are worth supporting.

SEGURIDAD EN LA MONTAÑA
MESA REDONDA

Alberto Ayora Hirsch. Moderador.
Ministerio de Defensa. Coronel del Ejército de Tierra y Miembro del Grupo Militar de Alta Montaña. Responsable del Comité de Seguridad de la FEDME

Manuel Taibo Vázquez
FEDME. Comité de Seguridad. Responsable de prevención de riesgos de la Federación de Montaña y Escalada del Principado de Asturias.

Manuel Navajas Trujillo.
Emergencias 112. Servicio de Protección Civil de la Delegación del Gobierno de la Junta de Andalucía en Granada.

Joaquín Torres García.
Representante del Servicio de Rescate e Intervención en Montaña de la Guardia Civil (SEREIM). Granada

Juan José Aparicio Illana.
Centro de Adiestramientos Especiales de la Guardia Civil. Abogacía del Estado. Asistencia Guardia Civil (Huesca)

José María Nasarre Sarmiento.
Universidad Zaragoza. Director master Derecho de Deportes de Montaña. Junta Directiva FEDME

Se estima que casi 4 millones de españoles practican anualmente alguna actividad deportiva en el medio natural, siendo el senderismo y el montañismo, según datos del Consejo Superior de Deportes (CSD), la tercera actividad deportiva con mayor número de practicantes en España. Este acceso masivo al medio natural y a la actividad física es plenamente deseable en la construcción de una sociedad más sana, inteligente y feliz. Sin embargo esto también ha supuesto un alarmante incremento de los accidentes y de los rescates en el medio natural, que año tras año siguen en aumento sin que hasta el momento se hayan tomado medidas que consigan frenar esta tendencia, y siendo el senderismo la actividad que mayor número de rescates registra. En el momento actual resulta imposible determinar el número de rescates en el medio natural que se realizan en España.

Desde, al menos, 2010 se viene reclamando en diversos foros de carácter autonómico y nacional, así como en publicaciones científicas la necesidad de constituir a nivel estatal un órgano técnico de seguridad en el medio natural, que reúna, analice y estudie la accidentalidad que se está produciendo; y tenga, a su vez, la capacidad de proponer y diseñar un Plan Nacional de Prevención de Accidentes. En esta línea hay que destacar que en el pasado 2017 se han presentado 2 proposiciones no de ley, una en el Parlamento Aragonés y otra en el Congreso de los Diputados, que fueron aprobadas por todos los grupos parlamentarios, instando a la creación de un Observatorio de Seguridad en Montaña y del citado Plan Nacional de Prevención de Accidentes.

Conforme contempla la Ley del Deporte en su artículo 30, “las federaciones deportivas españolas, además de sus propias atribuciones, ejercen, por delegación, funciones públicas de carácter administrativo, actuando en este caso como agentes colaboradores de la Administración Pública”.

En los últimos años la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME), en cumplimiento de la previsión incluida en sus estatutos, artículo 2. 6 “Colaborar y poner en práctica los mecanismos necesarios para incrementar la seguridad en la práctica de estos deportes”, se ha volcado decididamente en mejorar la seguridad en las actividades de montaña y fruto de ello fue la puesta en marcha en 2015 del Comité de Seguridad. Desde su creación, uno de los pilares básicos de esta organización fue trabajar en un **Observatorio de Seguridad de Montaña** que se dedicara, entre otras tareas, a la recopilación y análisis de la accidentalidad en el medio natural.

El trabajo realizado estos años, en los que se ha trabajado en alguna ocasión con el Consejo Superior de Deportes, algunos grupos de rescate, las federaciones autonómicas y las aseguradoras, ha llevado a determinar la necesidad imperiosa de establecer algunos **criterios homogéneos de recogida de la información**, para poder realizar con calidad suficiente tanto la tarea de análisis de los accidentes como para establecer políticas de prevención e información a la ciudadanía acordes a la realidad del siglo XXI.

Prevención de Riesgos y Transversalidad

La transversalidad es la clave para integrar la Prevención de Riesgos en el esquema organizativo de todas las entidades protagonistas en la montaña. El objetivo final es el desarrollo de la *cultura de seguridad* en deportistas y demás usuarios del medio, para así poder desarrollar actividades más seguras y disminuir la accidentalidad. Poner en marcha una acción transversal en una organización, pasa por la visión de futuro de la dirección y su capacidad de liderazgo.

Responsabilidad penal

La responsabilidad penal en el desarrollo de las actividades en montaña o deportes de aventura, que inequívocamente conllevan la presencia de un riesgo asumido voluntaria y conscientemente, solo estaría presente ante aquellos hechos punibles y personas responsables penalmente cuando se denote en su actuación u omisión una falta grave del deber de cuidado, cautela, y precaución exigible fuera de los parámetros de la materialización de ese riesgo que implícitamente le es inherente a su práctica.

Responsabilidad civil

Las sentencias sobre accidentes ocurridos suelen marcar, sin pretenderlo, unas pautas de actuación correctas e incorrectas que conviene conocer.

Quien conduzca un grupo por la montaña habrá de poner, siguiendo la doctrina del Tribunal Supremo, la máxima diligencia que exija esa situación concreta.

Quien conduzca un grupo por la montaña debe contar con un seguro de responsabilidad civil, sea por haberlo contratado él mismo o la organización o empresa en la que preste servicios.

AEROSOL ATMOSFÉRICO EN SITIOS DE MONTAÑA Y SUS EFECTOS CLIMÁTICOS

MESA REDONDA

Descripción de los ponentes de la mesa. Resumen de contribuciones

- **Dr. Martin Gysel,** director del Grupo de Física del Aerosol en el Laboratorio de Química Atmosférica del Paul Scherrer Institut, Suiza.

  "Insights and open questions from more than a decade of aerosol-cloud interactions studies at the high-alpine research station Jungfraujoch"

  El clima de la tierra ha variado a lo largo del tiempo y seguirá cambiando debido a influencias naturales y antropogénicas. Cuantificar estas influencias y predecir el clima futuro es difícil ya que hay un entendimiento limitado de las interacciones aerosol-nube y esto provoca incertidumbres en la determinación del balance radiativo, que es el principal motor del cambio climático. Las áreas montañosas son especialmente interesantes para estudiar esas interacciones aerosol-nube ya que en numerosas ocasiones se encuentran dentro de la nube. La estación del Jungraujoch, situada a 3480 m en los Alpes Suizos ha servido durante décadas como laboratorio de estudio del aerosol atmosférico y sus efectos.

- **Dr. Paul Zieger**. Departmento de Ciencias Ambientales y Química Analítica, Universidad de Estocolmo, Suecia

  "Cloud and aerosol characterization at Mt. Åreskutan, Sweden"

  La campaña *Cloud and Aerosol Experiment at Åre* (CAEsAR 2014), que tuvo lugar en una estación remota de montaña en el norte de Suecia en el Monte Åreskutan, fue diseñada para estudiar las propiedades físicas y químicas de nubes y aerosol. Durante la campaña, se preparó instrumentación para la caracterización de constituyentes en la cima de la montaña a 1200 m sobre el nivel del mar, incluyendo instrumentos para medir tamaño de gota de nube, distribución de tamaño, parámetros meteorológicos, etc. Al mismo tiempo, en una estación cercana a 420 m sobre el nivel del mar se instaló instrumentación para la caracterización vertical del aerosol.

  En este estudio, se consiguió un total de 900 horas de medidas dentro de nubes y se observaron algunas características interesantes. También se observó el transporte de partículas de incendios en otras zonas de Europa afectando las propiedades de las nubes en la estación de media. Estas medidas serán usadas en modelos climáticos para reducir la incertidumbre en la estimación del efecto del aerosol en la formación de nubes y para validar productos de satélite.

- **Dr. Jorge Pey**. Investigador Ramón y Cajal, Instituto Geológico y Minero de España, Zaragoza

  "Saharan dust and black carbon inputs in Pirineos and Sierra Nevada: Do they favor premature snow melting?"

  Dentro del marco del proyecto Aeronival, se pretende estudiar cómo la presencia de ciertas partículas atmosféricas como son el polvo sahariano o el hollín, una vez depositadas en la nieve, puede favorecer la transformación del manto nival y en última instancia aceleran su fusión. Se trabaja en dos sistemas montañosos de la Península Ibérica durante el invierno 2017-2018: Sierra Nevada y Pirineos. Realizaremos un estudio detallado en condiciones naturales y también simularemos ciertos episodios de deposición de partículas atmosféricas mediante la deposición artificial de partículas en concentraciones realistas para obtener un abanico complementario de resultados que puedan ser extrapolables a condiciones reales.

- **Dra. Isabel Reche**

  "*Ecologic and climatic relevance of bioaerosols above the boundary layer*"

  Estudios realizados en Sierra Nevada han mostrado que hasta 1000 millones de virus y más de 20 millones de bacterias se depositan por metro cuadrado. Estos microorganismos vienen de largas distancias, en ocasiones en masas de aire procedentes del océano atlántico y en ocasiones en masas de aire procedentes del desierto del Sáhara. Desde el punto de vista ecológico, esto explica que se encuentren organismos genéticamente idénticos en localizaciones muy diferentes en el planeta. Desde el punto de vista climático, especialmente las bacterias suelen venir asociadas a eventos de polvo sahariano, y favorecen la nucleación de gotas de nube, tendiendo un papel importante en la interacción aerosol-nube.

- **Dr. Lucas Alados**. Director del Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IISTA-CEAMA). Grupo de Física de la Atmósfera, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada, España

  "Atmospheric research activities at Sierra Nevada in the frame of the Andalusian Global ObseRvatory of the Atmosphere, AGORA"

  El Observatorio Global Andaluz de la Atmósfera (AGORA) desarrolla actividades que contribuyen al conocimiento de los procesos que tienen un impacto en el clima. En particular, una de las líneas de investigación clave es el papel del aerosol atmosférico en el clima y reducir las incertidumbres en los procesos de interacción del aerosol-radiación-nubes. AGORA combina una estación localizada en la ciudad de Granada y una estación de montaña en el entorno del Parque Nacional de Sierra Nevada. Así, desde la estación de Granada se utilizan técnicas de teledetección, que en combinación con medidas in-situ en la estación de la montaña, permiten realizar estudios de aerosol a escalas locales y regionales junto con eventos de intrusión de aerosol de media y larga distancia.

Objetivos y desarrollo

Esta sesión ha ofrecido la oportunidad de intercambiar experiencias en lugares de medida de alta montaña con un especial interés en el efecto climático del aerosol atmosférico.

Las partículas de aerosol afectan al balance de energía de la atmósfera de forma directa, interaccionando con la radiación solar, e indirectamente, permitiendo la formación de gotas y cristales en nubes. De este modo, la alteración en la concentración o composición del aerosol atmosférico tiene efectos sobre la temperatura, precipitación, reservas hídricas o puede alterar la velocidad de derretimiento de cobertura nival.

El último informe del Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC 2013) considera los efectos del aerosol (tanto directo como indirecto) como una de las mayores incertidumbres en el forzamiento climático. En este sentido, los entornos montañosos, al ser muy sensibles a las variaciones climáticas, presentan un laboratorio natural ideal para el estudio del aerosol atmosférico y sus efectos sobre el clima. En estos lugares, es de especial relevancia el efecto del aerosol de origen antropogénico debido a la actividad humana en los entornos montañosos, y el aerosol natural transportado de largas distancias como el polvo mineral o el aerosol biogénico.

En esta sesión se abordaron los siguientes temas:

1- Los efectos climáticos del aerosol: la interacción aerosol-radiación y la interacción aerosol-nube.

2- Métodos de observación de aerosol atmosférico en estaciones de montaña: propiedades ópticas y microfísicas tanto in-situ como con técnicas de teledetección.
3- Modelización del transporte del aerosol atmosférico.
4- Deposición atmosférica de aerosol y sus efectos.

Conclusiones, retos, desafíos y propuestas de acción

Podemos considerar que la mesa redonda fue un éxito. La idea original era traer expertos en aerosol de diferentes localizaciones para compartir su experiencia y tuvimos contribuciones que fueron desde montañas cerca del ártico, pasando por los Alpes, los Pirineos y finalmente Sierra Nevada. Los ponentes abordaron los diferentes temas propuestos. Así, el Dr. Martin Gysel se centró en los efectos climáticos del aerosol atmosférico mostrando resultados de medidas de propiedades del aerosol en una de las estaciones de medida más altas y antiguas de Europa. El Dr. Paul Zieger y el Dr. Lucas Alados se centraron en métodos de observación del aerosol atmosférico (tanto desde el punto de vista de medidas in-situ en estaciones de medida en montaña, como observaciones de teledetección) y en el estudio del transporte del aerosol atmosférico. El Dr. Jorge Pey trato sobre los efectos de la deposición del aerosol atmosférico (de origen natural y antropogénico) en la cobertura nival y, finalmente, la Dra. Isabel Reche abordó el tema de transporte y deposición de aerosol de origen biogénico.
Aunque la asistencia de público no fue masiva, hubo varias cuestiones de la audiencia que dirigieron la discusión de la mesa redonda. Esta se centró en aspectos relacionados con Sierra Nevada, y los expertos no locales aportaron información muy valiosa durante esta discusión. En concreto, algunas de las cuestiones que despertaron más interés y suponen posibles acciones a resolver por la comunidad científica son:

- En estudios de deposición de polvo mineral en Sierra Nevada mediante testigos ¿cuáles son los mejores marcadores químicos para trazar el polvo mineral? ¿Es posible estimar la concentración de polvo depositado y, por tanto la frecuencia e intensidad de los eventos de polvo sahariano en Sierra Nevada de hace miles de años?
- -El efecto del aerosol biogénico en el albedo de la nieve. ¿favorece el derretimiento como el polvo mineral o el hollín?
- Los sistemas de fabricación de nieve artificial hacen uso de un tipo en particular de bacteria que hace posible la congelación del agua en los cañones de nieve a temperaturas cercanas a 0ºC. ¿cómo puede afectar esto a las medidas de aerosol de origen biogénico en sitios de montaña cercanos a estaciones de ski?
- ¿Es posible cuantificar la deposición de aerosol en Sierra Nevada y cuantificar su efecto en el albedo de la nieve? ¿En qué medida la actividad antropogénica cercana al entorno del Parque Nacional puede afectar el ciclo del agua o la disponibilidad de nieve?

Nota.

Este documento ha sido preparado por Alberto Cazorla (Grupo de Física de la Atmósfera, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada. Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía), cazola@ugr.es

HACIENDO FRENTE AL CAMBIO GLOBAL EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS: EL CAMBIO GLOBAL EN ZONAS DE MONTAÑA Y PARQUES NACIONALES. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

MESA REDONDA

Modera: Jesús Serrada,
Jefe del Área de Conservación, Seguimiento y Programas de Red del ORGANISMO AUTÓNOMO PARQUES NACIONALES.

Se presentan 5 proyectos que abordan el cambio global en espacios protegidos de montaña apoyados por los instrumentos de co-financación de la I+D+i de la Red de Seguimiento del Cambio Global en Parques Nacionales.

SOST-MONTAÑAS: Modelos para la gestión sostenible de los servicios de los ecosistemas en las regiones de montaña españolas

Paco Boya
Presidente de la ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MUNICIPIOS DE MONTAÑA.

A pesar de la importancia (18% del territorio) que los sistemas montañosos tienen para el bienestar del ser humano, se encuentran amenazados por el desarrollo urbano, los cambios en los usos del suelo, el cambio climático y la fragmentación de hábitats. En este contexto, con este proyecto se identificarán modelos sostenibles de gestión comunitaria de los servicios de los ecosistemas en diferentes regiones de montaña, que puedan ser utilizados como herramientas para mejorar su adaptación al contexto de los cambios ambientales actuales en cerca de 180 municipios de montaña.

Control y alerta temprana de estados ecohidrológicos críticos en zonas de dehesa y alta montaña mediante fotografía terrestre.

Mª José Pérez
Iinvestigadora del Grupo de Dinámica Fluvial e Hidrología de la UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.

Este proyecto, que se realiza en el Parque Nacional de Sierra Nevada y en el Parque Natural Sierra de Cardeña y Montoro, pretende evaluar el potencial de la fotografía terrestre convencional (fotografía obtenida con cámara digital) como sistema estándar de monitorización ambiental de variables ecohidrológicas para el seguimiento del cambio global y de las acciones de adaptación en dehesa y alta montaña. Este sistema complementa y valoriza la información registrada por estaciones de medida convencionales, y permite plantear sistemas de pronóstico en tiempo cuasi-real, con un coste muy bajo.

Cambio Climático y Especies Exóticas Invasoras en la Red de Parques Nacionales: diagnóstico, adaptación y gobernanza.

Laura Capdevila
Coordinadora del Grupo Especialista en Invasiones Biológicas y colaboradora del INSTITUTO PIRENAICO DE ECOLOGÍA – CSIC.

Con este proyecto de modelización se pretende reducir el impacto potencial de la expansión asociada al Cambio Climático de Especies Exóticas Invasoras (EEI) sobre la conservación de especies y hábitat vulnerables en los 15 Parques Nacionales españoles. En general, los parques nacionales de media y alta montaña tienen menos presencia de especies exóticas invasoras que los demás.

Bosques viejos frente al cambio climático: vulnerabilidad, capacidad adaptativa e implicaciones en la gestión forestal.

Javier Vázquez
Profesor del Departamento de Ciencias Agroforestales en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la UNIVERSIDAD DE HUELVA.

Este proyecto, que se realizará en Andalucía, dará a conocer la vulnerabilidad y la capacidad adaptativa frente al cambio climático de los bosques en función de su edad y complejidad estructural. Los bosques viejos constituyen un privilegiado registro de muchos años que facilita el conocimiento de la resiliencia de estas masas.

Observatorio Pirenaico de Cambio Climático.

Idoia Arauzo
Coordinadora del Observatorio Pirenaico de Cambio Climático en el CONSORCIO COMUNIDAD DE TRABAJO DE LOS PIRINEOS.

El Observatorio pretende estudiar y comprender la evolución del clima en los Pirineos para reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos a los impactos del cambio climático y apoyar su adaptación a los efectos negativos de este, mediante la transferencia de conocimiento. Implica a 7 gobiernos regionales de España y Francia y a un Estado (Andorra).

RETOS Y CONCLUSIONES

- Los datos aportados por las estaciones meteorológicas necesitan de una mayor serie temporal para poder explicar con ellos variaciones ecológicas, sociales y/o económicas observadas en los parques nacionales. No obstante, los científicos señalan que los resultados que se están obteniendo validan la Red y su localización y confirman la necesidad de su mantenimiento y actualización continuos.
- Afianzar la Red mediante la vinculación con otras redes similares con las que poder intercambiar información y aumentar el conocimiento existente sobre los efectos del cambio global en la Red de Parques Nacionales.
- Buscar activamente espacios de encuentro e intercambio de conocimiento entre los profesionales que trabajan en el seguimiento y evaluación del cambio global.
- Continuar promoviendo la I+D+i en el campo de la evaluación del cambio global canalizando ayudas a proyectos específicos.

EL FENOMENO SOCIO ECONOMICO DE LOS EVENTOS DEPORTIVOS EN LOS ESPACIOS DE MONTAÑA

MESA REDONDA

Intervienen:

- **Ignacio Valenzuela Barranco**. Responsable de Marketing de CETURSA SIERRA NEVADA SA.
- **Manuel Alarcón Perez**. Alcalde de Pádul.
- **Miguel Ángel Torres López**. Director Técnico del Ultra Trail de Sierra Nevada.

Objetivo:

Establecer la importancia socio económica que supone para el territorio la organización de los eventos deportivos en zonas de montaña, así como el equilibrio que hay que hacer cumplir para la conservación de estos espacios naturales protegido, mediante el requerimiento del cumplimiento de la normativa ambiental a los organizadores de los mismos, la concienciación de las buenas prácticas ambientales entre los participantes de las pruebas y del uso de las montañas en general.

Desarrollo:

Ignacio Valenzuela participó en primer lugar y expuso la importancia que supuso para la provincia de Granada la designación de Sierra Nevada como Sede de los Campeonatos del Mundo FIS de Esquí Alpino en 1996, por las de inversiones públicas realizadas por el Estado Español y la Comunidad Autónoma de Andalucía por valor de 1.015.088.409€ para generar infraestructuras, así como el desarrollo de los propios Campeonatos que permitieron al Comité Organizador desarrollar un programa de promoción deportiva. La permanente organización de competiciones internacionales posteriores a los Campeonatos de 1996 en la estación de esquí y montaña de Sierra Nevada ha tenido su colofón con las pruebas de nieve de la Universiada de Invierno FISU Granada 2015 y los Campeonatos del Mundo FIS de Freestyle Ski y Snowboard en 2017. Todo ello ha contribuido al desarrollo de las infraestructuras de la estación y a la expansión y consolidación de su posición en el mercado mundial del turismo de nieve.

Manuel Alarcón en segundo lugar explicó la importancia que tienen los eventos deportivos para un municipio de montaña porque lo da a conocer al gran público, genera movimiento en la economía del municipio, y de la zona, crea empresas y fija personas en el territorio. Siendo el Turismo y la producción agro-alimentaria los únicos recursos con los que se cuentan en numerosos municipios de montaña.

También expuso las dificultades que se encuentran con la autoridad ambiental para la realización de las pruebas deportivas, declarando que quizá el problema de buen uso del espacio natural protegido está en el uso diario sin control, más que en el día del evento deportivo que tiene detrás una organización responsable. Expresó la necesidad de que haya más conexión entre las distintas consejerías de la Junta de Andalucía, citó el ejemplo contradictorio de la promoción turística para espacios naturales desde Turismo y Deporte, y la restricción de uso desde la Consejería de Medio Ambiente.

El Alcalde de Pádul cerró su ponencia resumiendo: Explotar sin dañar, y regular a los organizadores de eventos, si por supuesto, pero mayor control y al uso diario del monte en actividades sin control como la caza.

En tercer lugar Miguel Ángel Torres presentó un resumen del impacto socio económico del evento Ultra Trail Sierra Nevada, que ya desde sus primeras ediciones muestra una tendencia clara de su importancia socio económica en la misma línea, pero en menor medida, que impacto del Ultra Tour del Mont Blanc, está suponiendo para Italia, Francia y Suiza.

La historia de limitaciones y restricciones que ha sufrido la organización del Ultra Trail de Sierra Nevada desde su primera edición, declarando que ellos van siempre de la mano de la gestión del parque nacional de Sierra Nevada a la hora de preparar los itinerarios, destacando que la prueba transita en varios kilómetros por el arcén de la carretera nacional por exigencia de la autoridad ambiental, y en general sobre todo el plan de acción de la prueba, incluso presentó los datos de un estudio de impacto ambiental del Ultra Sierra Nevada por una empresa independiente, en el que se demostraba el bajo impacto del mismo, dejando datos de que la frecuencia de corredores en la parte del trazado a mayor altitud es de 15 personas a la hora, en cambio cualquier fin de semana los vehículos del SIAC, o los remontes mecánicos en verano, dejan mucho mayor número de personas a 3000metros de altitud.

También quiso expresar su mensaje como experto en deportes en espacios naturales en más de 45 países, indicando que los eventos deportivos son positivos para las zonas, que hay que hacerlos cumpliendo la normativa ambiental, y que es una forma de concienciar y educar a los usuarios para que su participación sea responsable con la naturaleza tanto el día de la prueba, como en el día a día.

En el turno de preguntas hubo una intensa y argumentada dialéctica entre varios responsables de espacios naturales (La Caldera de Taburiente, Valsaín, y Cazorla) , el presidente de la Asociación Andaluza de Gestores Deportivos (AGESPORT), el responsable de carreras por montaña, y el asesor jurídico de la Federación Andaluza de montañismo, agentes ambientales del PN de Sierra Nevada, como conclusiones de los turnos de los ponentes y las intervenciones de los numerosos participantes en el debate se pueden resumir en las siguientes:

Los eventos deportivos en los espacios naturales de montaña son muy beneficiosos para el territorio por generar inversión en infraestructuras y en promoción deportiva y turística, mejoran el conocimiento del destino en el ámbito nacional e internacional.

Dada la fragilidad de los ecosistemas de montaña, todos los eventos deportivos han de ser revisados por la autoridad ambiental competente para que se cumplan la normativa general, y se desarrolle una normativa específica para cada evento, buscando siempre el fin último de conservar el medio ambiente.

Definir la competencia en materia deportiva a los entes competentes del deporte, de manera que haya mayor conexión entre las Consejerías competentes de la Comunidad Autónoma a la hora de definir los planes estratégicos conjuntos con equilibrio entre la conservación y el desarrollo del deporte en la naturaleza.

Dotar de mayores recursos materiales y personales al servicio de agentes ambientales del PN de Sierra Nevada para que se pueda hacer un mayor seguimiento de las actividades diarias en el espacio protegido, ya que este uso “libre” es mayor causa de impacto ambiental y de decremento de la calidad de la visita que los eventos deportivos que se realizan puntualmente.

Pedir a las administraciones competentes un mayor control de calidad y aval a los entes que organicen eventos deportivos en los espacios naturales, exigiendo la figura del “árbitro ambiental” como ya existe en algunas modalidades deportivas.

INSTRUMENTOS DE FOMENTO Y CONTROL DE LAS ACTIVIDADES DEPORTIVAS EN LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS
MESA REDONDA

Componentes de la Mesa

Moderador
Ignacio Jiménez Soto
Catedrático (acr.) de Derecho Administrativo, Director de la Cátedra de Derecho del Deporte de la Universidad de Granada.

José Esteve Pardo
Catedrático de Derecho Administrativo de la Universidad de Barcelona.
Estanislao Arana García
Catedrático de Derecho Administrativo de la Universidad de Granada.
Eduardo Blanco Pereira
Profesor Titular de Educación Física de la Universidad A Coruña.
Jesús Espinosa González
Técnico Deportivo de Alta Montaña, socio fundador de la Empresa Nevadensis.

Objetivos y desarrollo

A. Las competencias de la Administración Estatal, Autonómica y Local en los Espacios Naturales Protegidos y los modelos de gestión. ¿Es posible un nuevo marco competencial?, ¿Mayor protagonismo de las entidades locales?....
B. La participación de los operadores deportivos y empresas de turismo activo en la gestión de los ENP. ¿Nueva composición de las Juntas Rectoras, Patronatos, Consejo de Participación?, ¿Las federaciones deportivas como agentes colaboradores de las Administración? ¿El papel de las empresas de turismo activo?....
C. Medidas de fomento por parte de las Administraciones Públicas. ¿El acceso a los ENP?, ¿La preferencia de los deportistas federados independientemente del tipo de licencia?, ¿La realización de actividades hasta ahora prohibidas?, ¿La dotación de infraestructuras adecuadas?....
D. Actuaciones de control en los ENP ¿La apuesta por los modelos de regulación y autorregulación con los agentes privados?, ¿La tasa como instrumento regulador?, ¿La limitación por fechas, días, horas, etc.?, ¿El régimen sancionador dentro de los ENP?, ¿Las fianzas y otras medidas de caución?.

Conclusiones

1º Tras el análisis histórico de la legislación de Montes, se llega a la conclusión de las consecuencias que arrastra la actual legislación al estar sustentada en el error histórico, tras la desamortización a finales del siglo XVIII y cerrada bien entrado el XX, al introducir en el circuito privado bienes de titularidad pública, necesita una adecuación a la realidad vigente, como consecuencia de la creciente importancia de las actividades turísticas, deportivas, de recreación que demanda la sociedad.
2ª La necesidad de conjugar el derecho a la libertad de empresa reconocido en el artículo 38 de la Constitución con el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado del artículo 45 también de la Constitución, eliminando las trabas excesivas que frecuentemente tienen las empresas de turismo activo, donde la apuesta por las técnicas autorizatorias de la Administración ambiental, se encuentra en franca contradicción con el Derecho Comunitario,

recogido en la Directiva 200671213/CE del Parlamento y del Consejo, al igual que en la Ley 20/2013, de 9 de diciembre, de Garantía de la Unidad de Mercado, favorables a la Declaración Responsable y a la Comunicación, siendo la Autorización de carácter excepcional, respetando el Test de Seguridad, Proporcionalidad e Igualdad que exigen estas técnicas.

3ª Por lo que respecta a los operadores deportivos, se acuña el concepto del deportista "usuario cualificado", por su conocimientos y actitudes éticas ante el respeto al medio ambiente, por lo que no se está de acuerdo con la utilización de la" Prohibición del acceso", que debe ser sustituida por la "regulación" de horarios, cupos, pertenencia a entidades deportivas, tasas, etc., pero no prohibir, cuando fallan ostensiblemente los instrumentos de control ante la ineficacia de la actividad inspeccionadora para los transgresores.

4ªLa poca representatividad de los operadores deportivos y operadores de turismo activo en los órganos de Participación de los ENP, provoca una regulación en los PORN y PRUG muy alejada de la realidad social, con las consiguientes pérdidas de horas en la utilización de uso y disfrute del medio natural, al no encontrar respuestas sobre todo a la necesidad de posibilitar el acceso en determinadas épocas del año, con el daño económico a las empresa y deportivos al resto de operadores.

5ª La conveniencia de plantear estos problemas en la Conferencia Sectorial de Turismo, abriendo una Sección de Turismo, Medio Ambiente y Deporte, conjugada con el inicio de un nuevo Libro Blanco del Deporte en el Medio Ambiente.

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE ALTA MONTAÑA, CENTINELAS DEL CAMBIO GLOBAL

MESA REDONDA

Moderador:

LUIS CRUZ PIZARRO
Catedrático de Ecología. Universidad de Granada

Ponentes:

JORDI CATALÁN I AGUILÁ
Profesor de Investigación del CSIC. Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF). Universidad Autónoma de Barcelona

RUBEN SOMMARUGA
Professor for Limnology. Institute of Ecology. University of Innsbruck. Austria

RAFAEL MORALES BAQUERO
Catedrático de Ecología. Universidad de Granada

CARMEN PÉREZ MARTÍNEZ
Profesora Titular de Ecología. Universidad de Granada

Introducción

Uno de los retos fundamentales de la gestión de los sistemas naturales es, en la actualidad, el de ser capaces de detectar y evaluar en tiempo real los efectos que las alteraciones antrópicas tienen sobre el funcionamiento e integridad de los ecosistemas, y anticipar mecanismos de respuesta ante escenarios de cambio global.

Sin embargo, el enorme desafío científico que supone el estudio del cambio global requiere de una aproximación interdisciplinar y la identificación de variables integradoras que permitan describir sus múltiples dimensiones así como las consecuencias para el funcionamiento y estructura de los ecosistemas en su conjunto.

Recientemente, los lagos, ríos y embalses que conforman las redes fluviales de las cuencas hidrológicas han sido propuestos como sensores óptimos del cambio global, puesto que integran todos los procesos que tienen lugar en la atmósfera y sistemas terrestres subyacentes. En esta sesión se pretende actualizar el conocimiento disponible, tanto desde un punto de vista biogeoquímico como biológico, del impacto del cambio global sobre el funcionamiento y dinámica de los sistemas acuáticos de alta montaña y, por extensión, sobre las cuencas hidrográficas.

Toda esta información resulta imprescindible para generar modelos eficaces de gestión integrada y definir estrategias encaminadas a favorecer la resiliencia de los ecosistemas frente a dicho impacto.

Resumen de las comunicaciones

1. Los lagos de montaña como testigos de la contaminación global

JORDI CATALÁN I AGUILÁ

El “espacio seguro de operación” para la humanidad, basado en los procesos biofísicos intrínsecos que regulan la estabilidad del Sistema Tierra, lo que se ha denominado el “marco de los límites planetarios”, aceptado como nuevo paradigma que integra el desarrollo de la humanidad y el mantenimiento del Sistema Tierra en un estado resiliente y acomodativo, ha sido el ámbito conceptual en el que el Dr. Catalán ha enmarcado su comunicación.

Centró su ponencia en el análisis de los contaminantes orgánicos persistentes (*Persistent Organic Pollutants, POPs*), cuya presencia y efectos ambientales en los ecosistemas de alta montaña ha sido reconocida muy recientemente. Buena parte de la información que presenta se refiere a los polibromodifenil éteres (PBDEs), producidos de forma intencionada para su uso como retardantes de llama, moléculas de muy baja solubilidad en agua, con factores de bioacumulación elevadísimos (por ejemplo, en el caso del BDE-209) y sumamente persistentes en los sedimentos de los lagos.

En la lucha contra este tipo de contaminantes, insiste en la necesidad de establecer redes de seguimiento adecuadas; el desarrollo de modelos para la interpretación de los resultados así como de una profundización en el análisis de los mecanismos que subyacen a los patrones observados. En su opinión, la investigación en este ámbito deberá enfocar de manera preferente: a) el conocimiento de los procesos de biotransformación de estos contaminantes en condiciones naturales, b) la mejora en la evaluación de sus efectos toxicológicos, tanto sobre los organismos como sobre el sistema y c) la manera en la que el cambio climático influye en el transporte, la acumulación y la toxicidad de estos contaminantes.

2. Consecuencias de la fusión de glaciares para lagos de alta montaña

RUBEN SOMMARUGA

En su comunicación, el Dr. Sommaruga presenta resultados que demuestran que la retirada de los glaciares es un hecho y se encuentra entre los signos más evidentes del cambio climático global. Entre los años 2001 y 2010 la fusión de los glaciares representó entre un 10% del área previamente cubierta por glaciares en las Islas Antárticas y subantárticas, hasta un más de un 50% en Europa central y Groenlandia. El ritmo de pérdida en el área cubierta por los glaciares que se ha cuantificado en los Alpes permite pronosticar para determinadas alturas su completa desaparición para el año 2050.

Destaca el hecho de que no todas las aguas procedentes del deshielo terminen en el océano, sino que resulte común la formación de nuevos lagos proglaciares en terrenos previamente ocupados por el glaciar. Sólo en los Alpes Suizos se estima en aproximadamente 500 los nuevos lagos así originados y a originar. Estos lagos proporcionan oportunidades únicas para el estudio de los patrones de organización de las comunidades durante los primeros “momentos” de su ontogenia.

La movilización de nutrientes; el aporte de carbono orgánico disuelto (estima el ponente que para el año 2015 puede representar valores de aproximadamente 15 Teragramos por año); la movilización de contaminantes orgánicos persistentes (un legado del pasado) y hasta alguna sorpresa ecológica como la liberación de metales pesados (por ejemplo las elevadísimas concentraciones de Niquel procedente del permafrost de glaciares rocosos en el Alto Adigio, en Italia) son otras consecuencias de la fusión.

Finalmente el Dr. Sommaruga se detiene en el análisis de las diferencias en las condiciones físicas como la temperatura o la radiación entre las fases identificables que los llevan en su desarrollo desde “lagos turbios” a “lagos transparentes”. Destaca el hecho singular de que los

lagos turbios glaciares no sean dimícticos sino polimícticos fríos discontinuos. Además, la turbidez de las primeras fases, debido a las elevadas concentraciones de partículas minerales (arcillas y limos), la llamada "harina glaciar", tiene, entre otras variables ambientales, consecuencias muy evidentes en la reestructuración de las comunidades y supone una pérdida de diversidad.

3. Singularidad de las lagunas de Sierra Nevada y su idoneidad para la investigación y seguimiento del cambio global

RAFAEL MORALES BAQUERO

La particular altitud y latitud de Sierra Nevada determina, a juicio del Dr. Morales Baquero, el que en este sistema montañoso se puedan encontrar un conjunto de pequeñas lagunas situadas entre 2800 y 3100 m de altitud, muy próximas a la línea de cumbres y con pequeñas cuencas de captación. Como consecuencia, estas lagunas están expuestas a una elevada radiación ultravioleta; a la circulación de la troposfera libre, responsable del transporte atmosférico a larga distancia por encima de la capa límite planetaria, y a la influencia acusada de las precipitaciones atmosféricas, poco alteradas por las pequeñas cuencas de captación.

Para el Ponente, este conjunto de características, que es poco frecuente en las lagunas de alta montaña de nuestro planeta, determina el que todas las lagunas de Sierra Nevada tengan poca mineralización (relacionada con el tamaño de las cuencas de captación) y una fuerte limitación por nutrientes. Como resultado, las comunidades biológicas son muy simples, faltando en todas ellas los peces, e incluso, los depredadores planctónicos están muy escasamente representados. De la información que muestra, pone el acento en el hecho de que, dentro de esta homogeneidad se pueda reconocer variabilidad en las características físicas, químicas y biológicas, lo que ha permitido abordar hasta ahora el estudio de cuestiones fundamentales en ecología como la influencia de la temperatura en el tamaño corporal; la relación especies-área para el bacterioplancton, o la regulación del tamaño de las poblaciones zooplanctónicas.

Finalmente destaca la influencia sahariana del material aerotransportado procedente del Sahara ya que, al estar Sierra Nevada en primeria línea de la trayectoria del polvo sahariano hacia el norte, la deposición de estos aerosoles tiene una influencia determinante tanto sobre las características químicas de la lagunas (ej. la concentración de calcio) como biológicas, (ej. la microbiota o la producción primaria, al aliviar la limitación por fósforo).

4. Lagos de montaña como sistemas de estudio del cambio climático mediante la Paleoecología.

CARMEN PÉREZ MARTÍNEZ

Para la Dra. Pérez Martínez el estudio de los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas debe realizarse con una perspectiva temporal amplia para encuadrar los cambios actuales observados y evaluar si están dentro de la variabilidad natural del ecosistema y conocer la resiliencia de los diferentes ecosistemas a estos efectos. Para ello cree que los estudios paleoecológicos son una herramienta imprescindible.

En la primera parte de su comunicación muestra evidencias de que los lagos de montaña son sistemas especialmente indicados para estudiar el cambio climático porque, entre otros, son sistemas remotos, alejados de la actividad humana directa, en los que la señal del cambio climático es más nítida y no queda enmascarada por la señal de otras perturbaciones que suelen afectar a lagos de altitudes menores. Además estos lagos son magníficos sistemas sensores e integradores no solo de los procesos ocurridos en el mismo lago sino también de los ocurridos en

la cuenca y en la atmósfera. Las señales de todos estos cambios se depositan en el sedimento de los lagos, que integran los efectos de la variabilidad climática desde décadas a milenios mediante la deposición de materiales que pueden ser analizados en los estudios paleolimnológicos.

Muestra resultados obtenidos del análisis de testigos de sedimentos de lagos (depósitos ordenados en el tiempo de fósiles y diversos materiales químicos y geológicos tanto de la cuenca como del propio lago), que constituyen el registro histórico del lago y su cuenca.

Estos sedimentos pueden datarse y los materiales depositados ser analizados, reconstruyendo así la historia del lago y su cuenca de captación. Destaca el hecho de que la variación en la composición y abundancia de restos fósiles de organismos y los cambios en variables geoquímicas sedimentarias puede indicar diferentes condiciones en el sistema acuático como cambios en la temperatura del agua y duración del período libre de hielo, en el nivel del agua, en la composición iónica o en el estado trófico, entre otros. Igualmente, determinadas variables indicadoras del sedimento informan sobre la deposición de nutrientes y contaminantes atmosféricos, cambios en la vegetación e historia de los incendios o cambios en las condiciones de humedad en la cuenca.

Conclusiones

- Los lagos de alta montaña son ambientes extremos para la vida. Bajas temperaturas, aguas muy diluidas y pobres en nutrientes y la exposición a elevados niveles de radiación UV que se alterna con largos periodos de oscuridad invernal, requieren estrategias particulares de adaptación de los organismos y dan lugar a comunidades de organismos acuáticos muy diferentes de las que se encuentran en sistemas de baja altitud.
- La contaminación atmosférica de origen antrópico puede alcanzar estas áreas remotas, en la mayoría de los casos alejadas de las fuentes de contaminación. Hoy en día, lamentablemente, los sistemas temas acuáticos de alta montaña son excelentes indicadores de contaminación difusa regional y global; "puntos de referencia" en la evaluación de los efectos observados y de la contaminación ambiental. La investigación en los sistemas acuáticos de alta montaña (en especial sobre la influencia del cambio climático en el transporte , la bioacumulación y la toxicidad de los contaminantes) es, por lo tanto, una valiosísima herramienta para evaluar las tendencias y los efectos de los cambios globales, y pone de manifiesto que en las acciones a tomar contra la contaminación de lugares como los lagos de alta montaña, alejados de las fuentes de contaminación, requerirían el desarrollo de protocolos internacionales.
- La fusión de los glaciares representa un ejemplo único de perturbación de lagos de alta montaña de tipo *pulso,* pero con cambio de magnitud. Su retirada da lugar a la movilización de nutrientes y contaminantes y tiene repercusiones múltiples en la hidrología, la ecología y en la sociedad. En la ontogenia de lagos proglaciares, la transición de un estado turbio a transparente causa cambios significativos en la composición de las comunidades y pérdida de diversidad biológica.
- Las lagunas de Sierra Nevada por sus singulares características ambientales constituyen excelentes "laboratorios" en los que investigar aspectos fundamentales de la Ecología. Por eso mismo, son también excelentes sensores del cambio global y juegan un papel esencial como sistemas de alerta temprana frente a los agentes del cambio, en especial por los transmitidos por la atmósfera. En este sentido, las considera auténticas atalayas de la troposfera para la observación ecológica y ambiental.
- Los registros paleolimnológicos han proporcionado evidencias de los efectos del cambio climático reciente en numerosas regiones de montaña y son cruciales para interpretar el actual cambio climático y para predecir sus efectos. Indudablemente, esta información es esencial para los gestores.

MARKETING Y COMUNICACIÓN DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP)

MESA REDONDA

Moderador:

- **Teodoro Luque Martínez**, catedrático de la Universidad de Granada.

Participantes:

- **Anabel Rodríguez** es consultora de marketing estratégico y marketing de contenidos en Tutugi Consulting
- **José María Montero Sandoval**. Periodista especializado en información científica y ambiental. Director de los programas "Espacio Protegido" y "Tierra y Mar" (Canal Sur TV).
- **Juan Enrique Gómez**. Periodista, especializado en naturaleza, medio ambiente y divulgación científica. Periódico Ideal.
- **Tomás Rueda Gaona**, biólogo, coordinador de la gestión de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Nieves (Málaga-Andalucía-España).
- **Sonia Ferrari**, profesora de la Universidad de Calgari. Parque Nacional de Sila (Italia).

Objetivos

El objetivo de esta mesa redonda era abordar una temática original y bastante innovadora en un congreso de estas características como es debatir sobre marketing y comunicación. Desde una perspectiva académica, el marketing estudia el comportamiento en el intercambio. En este caso tanto del comportamiento de los visitantes actuales y potenciales de áreas naturales protegidas, como el comportamiento de las entidades que gestionan las propias áreas protegidas y las consecuencias que dichos comportamientos tienen. En ese análisis la comunicación desempeña un papel fundamental. Por tanto, algunos de los interrogantes que al inicio de la mesa se plantearon fueron:

- Cómo se aplica el marketing en las áreas naturales protegidas (ANP). Aspectos positivos y negativos de su aplicación. Investigación de marketing que se realiza o debiera realizarse.
- Imagen y reputación de las áreas protegidas: qué se hace y qué se debiera hacer.
- Planificación y planes de marketing en las ANP.
- La comunicación que se ha hecho y que se hace relativa a las ANP. Estrategias de comunicación. Comunicación tradicional y comunicación digital en referencia a la ANP.
- Actuación en redes sociales y ANP.

La mesa comenzó con una intervención de cada participante y luego hubo intervenciones de asistentes y respuestas-debate por parte de los participantes.

Desde el principio está presente el posible conflicto entre conservación y comunicación que atrae visitantes que, en muchos casos, presentan una deficiente información y formación.

Se constata la existencia de nuevos perfiles de visitantes que tienen más información, más conciencia y compromiso medioambiental, además gozan de mayor poder adquisitivo. Son personas más conectadas que demandan más calidad, son más exigentes y están dispuestos a pagar más. Estas características aconsejan abordar la relación con los potenciales visitantes de una forma más personalizada.

El marketing de atracción (*Inbound Marketing*) se centra en establecer relaciones generando contenidos que favorezcan el conocimiento y la atracción de lo que se ofrece (marca, producto, área natural) recurriendo a las herramientas que proporcionan el marketing digital: redes sociales, blogs, libros electrónicos, boletines, correo electrónico, SEO, CRM entre otras.

Es necesario conocer mejor el público objetivo de las áreas naturales protegidas para personalizar la relación, tener una comunicación adaptada, mediante acciones no intrusivas que generen implicación, confianza y compromiso con el espacio protegido a partir de la información y de la formación-educación.

La sensibilidad mostrada por los medios de comunicación hacia la naturaleza, los espacios naturales y la información relacionada con las áreas naturales protegidas es mejorable, aunque hay honrosas excepciones. En los medios ha primado el desarrollismo e incluso se ha apartado de los espacios informativos casi todo lo relacionado con la sostenibilidad, en comparación con los sectores inmobiliarios, las estaciones deportivas y el desarrollo turístico. Sin embargo, esto está cambiando de forma drástica, y desde el inicio del siglo XXI, poco a poco, la prensa ha tomado conciencia de la problemática y ha comprendido que 'vender' naturaleza es positivo para la sociedad, capta lectores, oyentes, teleespectadores, y supone una apuesta de futuro. Un buen caso de estudio es la actuación del diario IDEAL de Granada, que ha llegado a convertir la información de naturaleza y medio ambiente en algo habitual en sus páginas con tratamientos vistosos, con buen diseño y elaborados por periodistas especializados en coautoría con científicos.

Otros ejemplos dignos de mención son "Espacio Protegido" y "Tierra y Mar" de Canal Sur TV.

La divulgación científica y ambiental no escapa a la necesidad de un periodismo profesional, desarrollado con rigor y seriedad que genere información contrastada y atractiva como paso necesario para aumentar el conocimiento y la complicidad con el medio y su conservación.

El concepto naturaleza-información cala en la sociedad. El ejemplo de IDEAL consiste en poner en práctica determinados conceptos en sus informaciones: Sorprender, para llamar la atención sobre la realidad de los ecosistemas. Cercanía, para mostrar que muy cerca de las ciudades se encuentra todo un universo por explorar, cargado de belleza y singularidades, sin necesidad de viajar a países remotos. Educar, contar de forma sencilla el valor de los espacios naturales; protagonistas, mostrar quienes son los habitantes, fauna y flora, de las áreas naturales y sus circunstancias y características. Científicos, enseñar lo que hacen los científicos, naturalistas y voluntarios que trabajan en los espacios naturales. Historias, contar lo que ocurre en la naturaleza, a nuestro alrededor. Denuncia, alertar de las situaciones y problemáticas que afectan a la naturaleza… Y todo ello de una forma eminentemente gráfica, con magníficas fotografías a gran tamaño, que llamen la atención… y textos cuidados desde el punto de vista periodístico, literario y científico.

Los periodistas tienen un universo paralelo en el que poder divulgar la naturaleza. El trabajo realizado en el diario IDEAL tiene su inicio y continuidad en la revista Waste Magazine http://waste.ideal.es pionera en información ambiental en la red (1997) donde se aplican los mismos conceptos expresados anteriormente.

Un caso de estudio comentado en la mesa es el del Parque Nacional de la Sila. La estrategia de marketing y comunicación de este parque distingue entre las actuaciones dirigidas a un ámbito interno o comunidad del parque y las dirigidas a un ámbito externo. Las primeras tienen que ver con la sostenibilidad para involucrar a la comunidad local y a todos los públicos objetivo (*stakeholders*) del entorno, para ello son instrumentos útiles la Carta Europea de Turismo Sostenible de Europarc y la *Summer School* sobre marketing de áreas naturales protegidas que

realizan cada año. Por otro lado se realizan acciones de educación ambiental para mejorar la conservación o actividades en las escuelas.

En cuanto a las actuaciones hacia el exterior, las hay para atracción de visitantes, para conseguir una distribución más equilibrada de los visitantes en el tiempo y en el espacio, es decir para gestionar el problema de saturación. Se trata de reducir la estacionalidad de la demanda durante el año, con comunicación dirigida y con eventos. Por otro lado, se intenta la atracción de extranjeros. Para reducir la concentración espacial de los visitantes se han realizado y promocionado alternativas turísticas con atractivo (700 km de senderos, museos, arboreto, reserva de los Gigantes de Fallistro, entre otros desarrollos).

Finalmente, se intenta mejorar la imagen, para ello se colabora con asociaciones y sujetos que tienen buena imagen y son muy conocidos como CAI (Club Alpino Italiano), FAI (Fondo Ambiente Italiano), o se postula a candidaturas de Reserva de la Biosfera MAB Sila (reconocida en el 2014) y a Patrimonio de la Humanidad UNESCO.

En suma, se pueden identificar algunas acciones o propuestas derivadas de las reflexiones expuestas:

- Las áreas protegidas tienen su razón de ser en una combinación de valores ambientales, culturales, históricos y etnográficos que las hacen destacables. Se hace muy necesario establecer cauces ágiles, eficientes y eficaces para comunicar y difundir cuáles son esos valores y su razón de ser.
- Habitualmente, la difusión y comunicación sobre áreas protegidas se han centrado en presentar esos valores al gran público en general y a los visitantes en particular, pero hay que innovar y aprovechar las nuevas herramientas de marketing digital.
- Las ANP deben conocer a sus públicos objetivos (internos y externos), estudiar sus deseos, expectativas o satisfacción.
- Las ANP deben desarrollar conceptos (nuevos servicios) para generar una relación más satisfactoria con los visitantes y respetar la conservación evitando saturación.
- Las ANP deben cuidar la relación con sus diferentes públicos, tanto de la comunidad local como del resto. Para ello debe haber una comunicación eficaz y rigurosa, aprovechando las posibilidades que ofrecen las tecnologías de la información y las redes sociales.
- La comunicación seria y rigurosa tiene un valor extraordinario para la gestión de las ANP. Por esto:
    - Los medios de comunicación han de tener en cuenta el valor de la información sobre naturaleza y medio ambiente.
    - El sector científico debería contar con periodistas y medios especializados para dar a conocer sus trabajos e investigaciones, novedades y acciones.
    - Los gestores de espacios naturales deben contar con la prensa especializada para divulgar sus espacios y singularidades, además de ayudar a la divulgación de los valores a tener en cuenta en las áreas naturales.
    - Periodistas, científicos y gestores, han de tener en cuenta que el conocimiento es el primer paso hacia la protección.

LA INDUSTRIA DE LA NIEVE, SOSTENIBLE ANTE EL CAMBIO GLOBAL
MESA REDONDA

Moderador

Eduardo Valenzuela
Director de Montaña de la Estación de Sierra Nevada

Las estaciones de esquí tienen funciones importantes como proporcionar una oferta de entretenimiento a la sociedad, promover un uso sostenible de los recursos naturales y evitar el despoblamiento de las montañas. Confrontadas con los efectos del cambio global, la respuesta debe articularse a los niveles tecnológico y comercial, pero también sería deseable una mayor coordinación de los diferentes actores de la industria de la nieve.

Siguiendo este esquema de pensamiento y teniendo en cuenta que una de las ideas fuerza sobre la que se ha organizado el Congreso Cimas es la de generar valor en la montaña, la Asociación de Estaciones de Esquí Españolas, Atudem, junto con la empresa explotadora de la Estación de Sierra Nevada, Cetursa, han organizado una sesión que incluyó varias presentaciones de expertos de varios países, bien conocidos en la industria de la nieve. La sesión acabó en una mesa redonda entre los ponentes y un animado diálogo con el público.

Por la mañana, en la conferencia del presidente de la consultora canadiense Ecosign, pudo verse que, si bien en Europa Occidental y América del Norte el mercado de las estaciones está estancado, el fuerte crecimiento de otras regiones como Europa Oriental y Asia señala que, globalmente analizado, hay un notable crecimiento de este sector.

En las regiones estancadas, un nuevo crecimiento es posible, pero es necesario adaptarse a los cambios sociales y ambientales que se están produciendo. En primer lugar, es necesario seguir los cambios tecnológicos, explicados en dos presentaciones distintas:

Michel Galvin
Director Científico de Technoalpin, primer fabricante mundial de nieve artificial.

De su presentación llamaron la atención en el auditorio algunas puntualizaciones. Por ejemplo, que para analizar las posibilidades de innivar ha de medirse la temperatura húmeda, más baja que la seca. La temperatura seca y la húmeda son iguales sólo cuando la humedad es del 100%. Eso deja más margen para innivar del que normalmente se piensa.

Consideró también el Sr. Galvin que, para los próximos años, la disposición de agua en cantidades suficientes es el principal reto de la nieve artificial y no el incremento de la temperatura. En efecto, la reducción de las ventanas de frío necesita un aumento de la capacidad de producción instantánea, que depende del agua.

Stefan Lux
Director del proyecto Snowsat de Kässbohrer, primer fabricante mundial de máquinas pisapistas.

La gestión eficiente del trabajo de la nieve dispone hoy de nuevas herramientas que permiten la geolocalización de las máquinas y sus movimientos, así como la medida de los espesores de nieve. La experiencia demuestra que el uso de estas herramientas permite conseguir notables ahorros de energía tanto en las máquinas como en la nieve artificial, cuyo software puede acceder a la información recogida por las máquinas.

Esquiar es la principal atracción para los que visitan una estación de esquí y la correcta preparación de las pistas es por tanto un objetivo prioritario. La función de los maquinistas es pues esencial, pero hay que asegurarse que las decisiones de trabajo se toman basándose en hechos y no en sensaciones o apreciaciones subjetivas.

Además de la respuesta tecnológica, es posible una adaptación de la oferta, que fue el contenido de la siguiente presentación.

Hannes Triebnik
Director de la consultora austriaca Input (parte del grupo Doppelmayr, primer fabricante de remontes).

La consultora Input se dio a conocer por el trabajo desarrollado en la estación tirolesa de Serfaus-Fiss-Ladis. Estos tres pueblos forman una asociación que, hasta hace unos años, tenía una puesto muy secundario en la clasificación de las estaciones austríacas. Sin embargo, el desarrollo de la oferta para familias la ha colocado entre los primeros, al nivel de otros grandes nombres de su país como Kitzbühel o Sölden.

La nieve y la práctica del esquí y el snowboard siguen siendo los atractivos principales para los que se acercan a las montañas, pero es posible dirigirse a capas más amplias de la sociedad y adaptarse también a situaciones de menos nieve. Los inviernos son para todos, dijo el Sr. Triebnik, y es un gran error despreciar a visitantes como los peatones, que pueden formar una parte importante de la clientela, como es el caso de Sierra Nevada. Una herramienta interesante es lo que él llamó *storytelling*, una narración que alrededor de un argumento es especialmente atractiva para los niños, lo que puede acercar las familias a las estaciones de nieve.

El último tema era si es posible una mejor organización del tejido empresarial y social que pretende fomentar las actividades en la nieve.

Michel Vion
Presidente de la Federación Francesa de Esquí y miembro del Consejo de la Federación Internacional de Esquí.

La oferta de actividades es hoy amplísima y, si los actores de la montaña no se coordinan entre ellos para conseguir objetivos comunes, básicamente conseguir llenar las estaciones de practicantes, estos pueden decidir orientarse hacia otras experiencias fuera del mundo de la nieve.

El ejemplo de la Federación Francesa de Esquí es interesante porque se imbrica perfectamente dentro del tejido empresarial de la montaña con las estaciones de esquí, la asociación de alcaldes de estaciones de nieve y los fabricantes de su país. La creación del ente instrumental *Montagnes de France*, de cuyo consejo de dirección el Sr. Vion es miembro, es una herramienta relevante para comunicar, pero su relación va más allá de manera que las estaciones francesas destinan un pequeño porcentaje de su facturación a la Federación. A su vez, la Federación orienta todas sus actuaciones dentro y fuera de su país a la promoción de la montaña francesa.

Al final de las presentaciones se entabló un interesante diálogo entre los intervinientes y el público, uno de cuyos temas principales fue si la nieve artificial y la natural son iguales o diferentes. En efecto, la nieve artificial está formada, como la natural solamente de aire y agua, como dijo el Sr. Galvin, pero su proceso de formación es diferente. El Sr. Bielser, responsable de la innivación en Sierra Nevada, explicó que la automatización de la producción permite regular la proporción de aire y agua y modificar consecuentemente la calidad para hacerla mejor, por ejemplo cuando se acerca la hora de apertura al público.

El diálogo, muy animado, se alargo hasta que el personal del Palacio abrió las puertas porque no era posible seguir utilizando la sala. A pesar de que la aplicación para móviles del Congreso informaba erróneamente que la sesión empezaba a las seis de la tarde y algunos asistentes no pudieron llegar, el aforo de la sala Andalucía I casi se completó, quedaron pocas plazas libres. Los asistentes pertenecían principalmente al mundo empresarial que rodea Sierra Nevada y también había un nutrido grupo de estudiantes. La sesión se desarrolló íntegramente en inglés por lo que la traducción simultánea fue importante para conseguir que todo el mundo comprendiera lo que se estaba diciendo y el hilo argumental que daba unidad a la sesión a lo largo de las cuatro presentaciones.

Los comentarios recibidos posteriormente, tanto de los ponentes como de los espectadores han sido muy positivos. Prácticamente a todos los que participaron les pareció interesante la temática y la forma de abordarla.

PROBLEMÁTICA DE LOS UNGULADOS EN PARQUES NACIONALES DE MONTAÑA.
MESA REDONDA

Moderador

José Enrique Granados, Parque Nacional Sierra Nevada (Granada)

Ponentes

- Pier Guiseppe Meneguz, Universidad de Turín
- Santiago Lavín, Universidad Autónoma de Barcelona
- Ramón C. Soriguer, CSIC; Estación Biológica de Doñana
- Pablo Sanjuanbenito, Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama

Los ungulados son componentes primordiales en el funcionamiento de los ecosistemas, al formar parte de la cadena trófica. Son consumidores (herbívoros) y presa, dispersantes de semillas, transmisores y reservorios de enfermedades, erosionan y modelan el paisaje, en definitiva forman parte consustancial de los mismos. Además presentan la característica de ser especies cinegéticas, lo que les confiere un valor añadido.

En nuestro país, con carácter general durante el siglo XX, se implementaron una serie de medidas legislativas para mitigar la pérdida de efectivos de estas especies a consecuencia de la persecución que estaban sufriendo. Además, se estaba produciendo una transformación en el medio rural, con un masivo despoblamiento humano, que trajo consigo el abandono de los cultivos y la puesta en marcha de grandes repoblaciones forestales con el objetivo de fijar la gente al territorio, entre otras finalidades. En muchas zonas rurales estaban ausentes los depredadores a la vez que se efectuaban introducciones dado el carácter venatorio de las especies.

Esta conjugación de medidas legislativas proteccionistas, abandono de tierras, sensibilización social, protección y conservación de gea, flora y fauna, etc han contribuido a que en el siglo XXI, las poblaciones de ungulados hayan aumentado de manera significativa, incrementándose no solo sus efectivos poblacionales, sino también su área de distribución.

Este aumento de las densidades (no solo de silvestres sino también de domésticas) conlleva una mayor presión de herbivoría que impide la regeneración de la vegetación poniendo en riesgo la viabilidad de determinadas especies vegetales y hábitats, favoreciendo además la aparición y mayor propagación de enfermedades infectocontagiosas. Todo esto se ve potenciado, en algunos casos, por la ausencia de depredadores. Ante estas situaciones, la caza controlada se perfila como una herramienta de gestión necesaria para regular estas poblaciones. Con preocupación, esta situación que aquí describimos a nivel nacional, es extrapolable a nivel europeo y mundial.

Según la normativa española, los parques nacionales españoles deben constituir un referente no solo en su forma de hacer conservación sino también en su manera de gestionarse y de implicar a la sociedad en sus actividades. Con carácter general, la caza como actividad recreativa o como aprovechamiento de animales silvestres, es incompatible con los objetivos y finalidades de un parque nacional, por las repercusiones que tienen sobre los procesos naturales y por su impacto sobre el uso público (Ley 30/2014, de 3 de diciembre de Parques Nacionales y Real Decreto 389/2016, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Plan Director de la Red de Parques

Nacionales). Por motivos de gestión y de acuerdo al mejor conocimiento científico, la administración del parque podrá programar actividades de control de poblaciones y de restauración de hábitats.

Con estos precedentes y con el fin de poner en común los problemas asociados a la gestión de estas especies en espacios donde la caza está prohibida, se organizó dentro del Congreso CIMAS una mesa redonda en la que intervinieron el profesor D. Pier Guiseppe Meneguz de la Universidad de Turín, el catedrático de la Universidad Autónoma de Barcelona D. Santiago Lavín, el científico titular del CSIC en la Estación Biológica de Doñana D. Ramón C. Soriguer, D. Pablo Sanjuanbenito codirector del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama y actuando como moderador D. José Enrique Granados responsable de los planes de gestión de ungulados en el Parque Nacional de Sierra Nevada. Todos ellos con numerosos años de experiencia en el estudio, conocimiento y gestión de diferentes poblaciones de ungulados en áreas conservadas.

Tanto el codirector de Guadarrama como el moderador expusieron las actuaciones que se llevan a cabo en los parques nacionales de montaña de Guadarrama y Sierra Nevada, espacios naturales donde están presentes importantes poblaciones de cabra montés y jabalí. El primero de ellos puso de manifiesto la elevada densidad que alcanza actualmente la población de cabra montés en la sierra de Guadarrama, superior a los 20 ind /km^2, lo que arroja una población cercana a los 5.500 ejemplares. Hay que tener en cuenta que esta población se fundó durante la década de los noventa del siglo pasado con ejemplares procedentes de Batuecas, Riaño y Gredos, en definitiva todos del mismo núcleo original. Debido a una sentencia judicial, a instancias de una denuncia formulada por un partido animalista, que ha paralizado la puesta en marcha del plan de gestión aprobado por la administración medioambiental de la comunidad de Madrid, en la actualidad para reducir la densidad solo se efectúan capturas en vivo. Existe una moratoria de la actividad cinegética, que vence en 2013, en aquellos cotos que se vieron afectados por la declaración del espacio como parque nacional. Los animales capturados en vivo están siendo trasladados a otros macizos montañosos, entre ellos los Pirineos franceses. Los animales capturados, son sometidos a un riguroso control sanitario del cual se concluye que a pesar de la elevada densidad, la salud de la población es buena. Paralelamente a estas actuaciones, y mientras se resuelve el contencioso, se están desarrollando métodos de captura más eficaces y prototipos de cajones de manejo aplicables a la captura en vivo.

El moderador de la mesa expuso someramente los objetivos contenidos en los planes de gestión de ciervo, jabalí y cabra montés en el macizo nevadense. El ciervo está considerado por el Decreto 238/2011 de 12 de julio, por el que se establece la ordenación y gestión en Sierra Nevada, como especie alóctona por lo que se tiende a su eliminación. Por su parte la población de jabalí, está siendo controlada a través del aumento de la presión cinegética en los cotos que conforman el parque natural (planificación a través de los planes técnicos de caza) y con las batidas de gestión con participación local que coorganiza el centro administrativo del parque nacional con ayuntamientos y sociedades de cazadores locales. Con esta herramienta se llegan a ejecutar del orden de 25 actuaciones anuales obteniéndose de los animales abatidos medidas biométricas y muestras biológicas que informan del estado sanitario y biológico de la población. Tras más de 15 años y a la vista de las estimas poblacionales observadas y del análisis de los datos se han extraído una serie de conclusiones, entre la que se recomienda mantener esta fórmula de gestión, tanto por su eficacia y viabilidad en el control poblacional del jabalí como por estar las batidas de control aceptadas socialmente.

El plan de gestión de la cabra montés persigue tres objetivos fundamentales: el seguimiento de la población, la monitorización de las enfermedades infectocontagiosas y el mantenimiento de un cercado reservorio, como herramienta de conservación "ex situ" en donde se encuentran representada toda la variabilidad genética existente en la población. En la actualidad, la densidad es de 9 ind/km$^{2.}$ Para reducirla y adecuar los parámetros poblacionales a valores biológicamente

recomendables, se interviene en los planes técnicos de caza, incrementándose los cupos de captura en los cotos del parque natural. Esta medida ha provocado que en estas últimas temporadas se haya incrementado en un 500% el número de capturas. De igual forma, el rendimiento calculado como capturas por cada cien hectáreas, en el área de Sierra Nevada es cuatro veces mayor que el obtenido en la Serranía de Ronda o Cazorla y el doble del calculado para Tejeda-Almijara. El seguimiento de animales sarnosos, marcados con collares (GPS-GSM) ha permitido poner de manifiesto la existencia de animales resistentes a la sarcoptidosis. Estas evidencias de resistencia junto a las obtenidas tras una infestación experimental realizada en animales de esta población, nos han demostrado las bondades de los efectos de una mayor variabilidad genética, tanto a nivel nuclear (MHC) como mitocondrial. La transmisión del conocimiento a la gestión, interfaz ciencia-gestión, es evidente y, aun mas, imprescindible, en este plan de gestión de la cabra montés en Sierra Nevada, en los que los protocolos de manejo se han ido modificando conforme se ha ido avanzando en un mayor conocimiento. Se recomendó la necesidad de ahondar en las interrelaciones entre ganado doméstico y silvestre y en situar la cabra montés y sus patobiocenosis, en un escenario de cambio global, siempre bajo un enfoque ecológico en el manejo de poblaciones con enfermedades infectocontagiosas

El profesor Meneguz expuso la situación en Italia, donde en cerca de un 30% del territorio nacional está prohibida la caza ya que son áreas protegidas (Parques Nacionales o Parques Regionales) o "zonas de repoblación y de capturas", terrenos de los cotos de caza en donde por ley, se prohíbe la actividad cinegética. Las altas densidades tanto en áreas protegidas como en cotos pueden producir problemas de manejo. Esto lleva consigo el aumento de daños y la cada vez más frecuente aparición de estas especies (jabalíes principalmente) en espacios urbanos. La legislación transalpina permite reducir la densidad poblacional y por lo tanto limitar el crecimiento de las poblaciones, con medios ecológicos, sin especificar, y si no funcionan, el control se llevará a cabo con métodos cruentos. Sin embargo, los métodos alternativos propuestos (captura y traslocación, control de la natalidad, entre otros) han sido siempre teóricos y nunca se han utilizado con éxito.

En su intervención el doctor Lavín se preguntaba sobre la relación entre densidad y aparición de enfermedades en ungulados silvestres. A menudo se argumenta que altas densidades llevan a la aparición de enfermedades y esto no es cierto. A mayor densidad existe un mayor riesgo de contagio y propagación de procesos infecciosos. Durante su alocución expuso varios factores asociados con la aparición de enfermedades, relacionados principalmente con la capacidad de carga del territorio y con la cohabitación con especies domésticas. Estas últimas además de competir por los recursos alimenticios son portadores de agentes patógenos. Puso tres ejemplos (la sarna sarcóptica en diferentes poblaciones de cabra montés e íbice alpino, la queratoconjuntivitis infecciosa en el rebeco y el pestevirus también en el rebeco), en los que la aparición de la enfermedad en las especies silvestres está relacionada con la presencia previa de ganado doméstico enfermo. Propone, para detectar desequilibrios en la población, la monitorización de parámetros individuales (peso corporal e índices de grasa) y un seguimiento sanitario estricto tanto en el ganado doméstico como en las especies salvajes evitando si es posible, el contacto entre ellas. Confirmó, la viabilidad de controlar las enfermedades infectocontagiosas en las poblaciones de animales domésticos pero una vez que pasan a la fauna silvestre, su control es prácticamente inviable.

Ramón Soriguer abordó el asunto de la herbivoría y la compleja relación entre animales y plantas. Analizó los principales factores en la determinación de la dieta de los grandes herbívoros en diferentes situaciones, poniendo de manifiesto consecuencias que se ven y otras que están ahí pero pasan desapercibidas (no se ven), en situaciones de sobrepastoreo. Los herbívoros a través de su diversidad, densidad, alimentación y forrajeo tienen capacidad suficiente para determinar la composición y estructura de la vegetación, modificando el microclima del suelo a través de la alimentación y el pisoteo, en definitiva alterando los hábitats significativamente.

Tras un intenso y constructivo debate entre los miembros de la mesa y el público asistente (49 personas, pico de máxima audiencia según cálculos del profesor Meneguz) podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. En la actualidad, en España y en Italia, las medidas legislativas desarrolladas junto al despoblamiento humano y abandono de los cultivos que ha sufrido el medio rural, las repoblaciones forestales de la segunda mitad del siglo XX, ausencia de depredadores (en algunos casos) y las introducciones efectuadas en determinadas zonas, dado el carácter cinegético de las especies, han provocado que las poblaciones de ungulados hayan aumentado de manera significativa en estos últimos años, incrementándose no solo sus efectivos poblacionales, sino también su área de distribución.

2. Este aumento de densidad en zonas donde la caza está prohibida, como son los parques nacionales y donde además están ausentes los depredadores o su presencia es muy reciente (caso de los parques nacionales de Sierra Nevada y Guadarrama, respectivamente), lleva consigo la implementación de planes de gestión que persigan entre otros objetivos la disminución de la densidad para reducir la probabilidad de propagación de enfermedades densodependientes y la presión herbívora sobre determinadas especies vegetales, algunas de las cuales son endémicas del lugar y objeto de protección.

3. En la mayoría de los casos estudiados la aparición de brotes de enfermedades infectocontagiosas está relacionada con la presencia de ganado doméstico, por lo que se hace necesario implementar estudios que ahonden en el conocimiento de las relaciones doméstico-salvaje en hábitats compartidos por ambos y se preste particular vigilancia de las cabañas ganaderas que vayan a interaccionar con la fauna silvestre como consecuencia de la extraordinaria dificultad en controlar las enfermedades en la fauna silvestre. Asimismo se hace necesaria una vigilancia activa y pasiva de los procesos infectocontagiosos con el fin de evitar el contacto entre ganado doméstico y especies salvajes en general y para prevenir la entrada de cepas de sarcoptidosis más virulentas, en particular en el caso de Sierra Nevada.

4. Para la detección de desequilibrios poblacionales, es primordial:

La implementación de parámetros poblacionales sencillos como son el peso y la condición corporal de los individuos que se manejen tanto en vivo como post mortem.

La incorporación de criterios e indices de sobrepastoreo y sobreramoneo que nos informen objetivamente del estado de los ecosistemas y de su capacidad de recuperación.
El seguimiento de parámetros poblacionales tales como densidad, relación de sexos, índice reproductor, entre otros.

5. Es necesario un esfuerzo por parte de las administraciones para transmitir a la sociedad la necesidad de intervenir en las poblaciones cuando las densidades son elevadas, con todos los medios posibles. Las corrientes animalistas y proteccionistas deben convertirse en aliadas para la consecución de esos fines.

SOCIEDAD Y ÁREAS PROTEGIDAS DE MONTAÑA
MESA REDONDA

Moderadora:

Marta Múgica.
EUROPARC-España. Fundación Fernando González Bernáldez

El principal objetivo de la mesa redonda "Sociedad y áreas protegidas de montaña" fue profundizar en el debate sobre el papel de las áreas protegidas (actual y potencial) en el contexto de la despoblación del medio rural en zonas de montaña.

A través de experiencias concretas y del debate posterior, se abordaron los siguientes aspectos:

- Colaboración (posibilidades y dificultades) entre administraciones públicas con distintas competencias y a distintas escalas (autonómica, local).
- Oportunidades (y dificultades) para la implicación de agentes socioeconómicos en territorios donde hay áreas protegidas.
- Oportunidades (y dificultades) para apoyar al sector primario (agricultura, ganadería).
- Factores sociales esenciales para la vida digna en zonas de montaña (papel de las mujeres en particular).

Más de un tercio de la superficie de España se encuentra bajo alguna figura de protección de la naturaleza: 15 parques nacionales, 150 parques naturales, y hasta casi 2.000 áreas protegidas que conforman la Red Natura 2000 y que desarrolla la política común de conservación de la Unión Europea.

En el segundo país más montañoso de Europa, gran parte de las áreas protegidas se encuentran por encima de los 1.000 metros de altitud, coincidiendo con zonas que sufren una problemática común asociada a la dinámica socioeconómica del mundo rural: envejecimiento de la población, despoblamiento, abandono o pérdida de prácticas agroganaderas de gran interés para la conservación de la biodiversidad. Todo ello incide negativamente tanto en los valores para la conservación de los paisajes naturales y culturales, como en la población que debe vivir dignamente en estos territorios.

Con este escenario de oportunidades y dificultades ligadas a los compromisos legales derivados de la existencia de más del 27% del territorio dedicado a la conservación de la biodiversidad, se enmarcó el debate en el Programa Sociedad y Áreas Protegidas promovido por Europarc España. El Programa es resultado de las lecciones aprendidas a lo largo de 25 años de trabajo de este foro profesional que trabaja colaborativamente en la planificación y gestión de las áreas protegidas. El documento, disponible en www.redeuroparc.org, es un llamamiento a la acción para seguir construyendo sobre lo que ha funcionado, y para mejorar y explorar nuevas fórmulas para aquello que no ha funcionado. En particular, es un llamamiento a la acción para acciones con base colaborativa tanto a escala institucional como social para mejorar el papel de las áreas protegidas como un capital esencial no sólo para la conservación de la biodiversidad, sino también para el bienestar humano.

Para debatir sobre experiencias concretas que arrojen luz sobre el camino a seguir, se presentaron las siguientes ponencias:

- José Manuel Quero: Reserva de la Biosfera y Parque Natural Sierra de Grazalema, Málaga-Cádiz.

- Beni Rodríguez: Reserva de la Biosfera Alto Bernesga, León.
- Alberto Hortelano: Agricultura sostenible. Cooperativa Las Torcas. Órgiva, Granada.
- Lola Pastor Manzano: Necesidades de un municipio de montaña en el Espacio Natural Sierra Nevada. Alcaldesa de Nevada, Granada.
- Jaime Izquierdo Vallina: No sin cultura. Llamamiento a un cambio de paradigma. Principado de Asturias.

A través de la experiencia concreta de la Reserva de la Biosfera Sierra de Grazalema (declarada en 1977, también Parque Natural desde 1985, Red Natura 2000 y de la Reserva de la Biosfera intercontinental con Marruecos), se ilustró un ejemplo de modelo integrador de uno de los sectores clave en este territorio, el ganadero, gracias al cual existe un paisaje multifuncional expresión de un diverso mosaico de usos vinculados al territorio.

Esta experiencia se ha realizado a iniciativa de la Dirección del Parque Natural junto al cuerpo técnico, agentes de medio ambiente y colaboradores de la Reserva de la Biosfera con el fin de rendir homenaje al colectivo de ganaderos, con la publicación “Payoyas y merinas, ganaderos en la Reserva” con el que se pretende además acercar a las nuevas generaciones la relevancia de este oficio.

La experiencia en la Reserva de la Biosfera Alto Bernesga se centró específicamente en mostrar el apoyo a las mujeres de este territorio de montaña. Recordemos que una Reserva de la Biosfera es un territorio designado y reconocido por la UNESCO en el que, a través del compromiso y la participación de la población, las asociaciones ciudadanas y las administraciones públicas, se impulsan modelos de desarrollo sostenibles. La conservación del patrimonio natural y cultural, la actividad económica, la educación y la investigación son la base para afrontar este desafío.

La meta común de los proyectos impulsados desde la Reserva es la recuperación demográfica y socioeconómica del territorio, teniendo en cuenta los criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica, que marcan las políticas de desarrollo sostenible. En particular, y dado el papel crucial de la mujer en territorios rurales, se impulsa el Programa conjunto de lucha contra la despoblación a través de la inserción sociolaboral de las mujeres rurales en la Reserva de la Biosfera.

La visión desde la Cooperativa Las Torcas, en Órgiva, Granada, trasladó la importancia de la multifuncionalidad de la actividad agraria bajo un paradigma unificador con el fin de desarrollar la agricultura postmoderna de acuerdo con las nuevas demandas sociales y el uso respetuoso de los recursos naturales.

Puso el acento en la necesidad de apoyo desde las administraciones a las iniciativas empresariales locales. Se reclama más apoyo para la capacitación y las oportunidades de trabajo digno en territorios con problemas de abandono y para los que el hecho de estar influidos por un espacio natural protegido debe representar una oportunidad.

El caso del ayuntamiento de Nevada muestra las dificultades a las que se enfrenta la gestión municipal, la más cercana a la población, en un territorio con serios problemas de despoblamiento, con pocas oportunidades de trabajo, con carencias de servicios básicos que empujan a la gente a vivir en otras zonas. El hecho de estar en un espacio natural protegido debería representar también una oportunidad.

Para finalizar las exposiciones previas al debate, Jaime Izquierdo planteó un cambio radical en la forma de entender los espacios protegidos. El actual contexto de gestión no ayuda a alcanzar metas más elevadas donde la conservación de la naturaleza esté integrada con la cultura. La

sectorialización administrativa, la segmentación de competencias, la burocratización, la ciencia fragmentaria, fragmentada y reduccionista, la desconexión de las comunidades rurales con sus agroecosistemas, la pérdida de cohesión social a escala local y la desconexión urbano / rural son factores limitantes. Por ello, es preciso pasar de una perspectiva industrial (basada en espacios naturales, áreas protegidas y sociedad urbana), a una nueva perspectiva postindustrial (basada en territorios culturales, áreas funcionales y comunidades locales en una sociedad global).

El debate posterior puso de manifiesto que hay grandes retos ligados al despoblamiento en zonas de montaña y que hay experiencias positivas sobre las que seguir construyendo. Las áreas protegidas en España, más de un cuarto del país, herramientas concebidas hace un siglo con el objetivo común y prioritario de la conservación de la naturaleza, deben gestionarse bajo una concepcion moderna para avanzar en la integración real de la sociedad, apoyando la vida digna en las zonas rurales a través del trabajo conjunto y la corresponsabilidad ciudadana.

El Programa Sociedad y Áreas Protegidas promovido por EUROPARC-España aspira a identificar y promover nuevos modelos de gobernanza, de integración territorial, de financiación, de valoración de los servicios ecosistémicos, de transferencia del conocimiento científico, de cooperación y comunicación que permitan, en último término, contribuir al bienestar humano. Y para ello las áreas protegidas, bajo modelos construidos sobre lo positivo alcanzado, son una oportunidad que hay que saber aprovechar.

ORGANIZACION DE EVENTOS DEPORTIVOS EN ESPACIOS NATURALES. AMENAZAS Y OPORTUNIDADES. JORNADA AGESPORT
MESA REDONDA

PONENTES.

- D. José Pino Díaz. Técnico del Área de Uso Público del Espacio Natural Sierra Nevada.
- D. Julio Perea Cañas. Presidente de la Federación Andaluza de Montaña. Socio de AGESPORT.
- D. Manuel Alarcón Pérez. Alcalde de Padul (Granada). Socio de AGESPORT.
- D. Emilio Martínez García. Presidente del Club Deportivo AQUEATACAMOS.

OBJETIVOS.

Generar un punto de encuentro entre gestores deportivos y gestores ambientales mediante el cual seamos capaces de identificar las posibles amenazas, pero sobre todo de detectar las oportunidades y sinergias existentes entre ambos elementos, deporte y naturaleza.

DESARROLLO.

En la última década se han extendido por toda Andalucía y por toda España los eventos deportivos en el medio natural y especialmente en espacios naturales protegidos.

Las pruebas populares en nuestros senderos, costas, ríos, montañas…suponen ya una parte muy importante de las programaciones de competiciones de las administraciones locales y de los clubes y las federaciones deportivas.

Por ejemplo, puede estimarse que las carreras de montaña superan ya las 1900 al año en España.

Esto conlleva un indiscutible impacto positivo que favorece la economía de las zonas donde se celebran los eventos deportivos; hablamos, en muchas ocasiones, de territorios deprimidos que necesitan de estos impulsos para sostenerse socialmente y frenar la despoblación que afecta especialmente a las zonas de montaña.

El Plan Estratégico de Márketing 2020 de la Consejería de Turismo y Deporte, señala que dentro de las tendencias de mercado para los próximos años destaca el auge de la combinación naturaleza – deporte – ocio: turismo activo.

Sin embargo, la proliferación de los eventos deportivos está entrando cada vez más en conflicto con las normas de uso y gestión de los espacios naturales protegidos, produciendo un cierto choque de legitimidades a la hora de regular las actividades deportivas en dichos espacios.

Por tanto, la dialéctica entre crecimiento y sostenibilidad está sobre la mesa y ello supone un conjunto de amenazas y oportunidades para el futuro. Dos derechos se contraponen: la protección del medioambiente y la libertad de utilización por parte de empresas y entidades.

Los parques nacionales y naturales exigen las pertinentes autorizaciones administrativas a los organizadores y estos encuentran, en las normas de uso y gestión de los referidos espacios, una importante traba para los eventos, tanto en la realización de los mismos como en su planificación.

En Andalucía, la administración ambiental (Consejería de medio ambiente y ordenación del territorio) y la deportiva (Consejería de turismo y deporte) muestran signos evidentes de descoordinación que es necesario superar.

La Asociación Andaluza de Gestores del Deporte (Agesport), como entidad organizadora de la Mesa redonda "Los eventos deportivos en espacios naturales. Amenazas y oportunidades" desarrollada en el marco del Congreso Internacional de las Montañas (Granada. Marzo de 2018), propone a la Junta de Andalucía un pacto institucional para conciliar la protección del medioambiente y la utilización de los espacios naturales protegidos como un ámbito para la organización de eventos deportivos populares.

En este sentido, se apuntan algunas **CONSIDERACIONES:**

1. La conveniencia de reconocer en los planes de uso y gestión de los parques naturales andaluces la posibilidad de organizar determinados eventos deportivos de reconocido prestigio y con organizadores cualificados. Actualizando periódicamente cuáles son esos eventos en función de los que cumplan con las normas fijadas por los parques naturales.
2. Que no se limite, con carácter general la celebración de competiciones deportivas, en los parques naturales, al entender que una competición debidamente organizada puede ser mucho menos impactante medioambientalmente hablando que otro tipo de eventos.
3. Que las direcciones de los parques fijen un procedimiento de autorización de los eventos deportivos claro y concreto en cuanto a la documentación necesaria y los plazos de resolución.
4. Que se fije la capacidad de carga, en cuanto al número de eventos y usuarios que se desarrollan en cada espacio natural protegido, en el marco de un acuerdo entre la administración ambiental y la deportiva
5. Que se aumenten las dotaciones de personal y medios de control en los espacios naturales protegidos a fin de velar por un control efectivo y el correcto uso de los mismos, prestando especial atención al uso libre y esporádico de los ciudadanos en grupos no organizados.

CIMAS SINGULARES: MONTAÑISMO RESPONSABLE
MESA REDONDA.

Coordinadores:

- **José María Nasarre Sarmiento**.- *Federación Española Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada.*
- **Fco. Javier Sánchez Gutiérrez**.- *Director del Espacio Natural Sierra Nevada; Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía*

Ponentes:

- **Juan Jesús Ibáñez** .- *Secretario del Área de Accesos y Naturaleza de la FEDME y Presidente de la Comisión de Accesos y Naturaleza de la UIAA.*
- **Lorenzo Arribas Mir.-** *Federación Andaluza de Montañismo.*
- **José Guerrero.Casado**- *Federación Andaluza de Montañismo.*
- **Pablo Luque Valle.**- *Consejo Asesor Científico de las Montañas de la FEDME.*
- **Fernando Lampre Vitaller**.- *Consejo Asesor Científico de las Montañas de la FEDME.*
- **Pedro Millán** .- *Comité Técnico de Accesos y Naturaleza de la FEDME.*
- **Agustín Santo**ri.- *Responsable del Área de Uso Público del Parque Nacional Picos de Europa (Asturias, Cantabria, Castilla y León).*
- **Manuel Durbán**.- *Director Parque Nacional del Teide.- Cabildo de Tenerife.*
- **Pablo Sanjuanbenito**.- *Co-Director del Parque Nacional de Sierra de Guadarrama.- Comunidad de Madrid.*

Introducción

Vivimos en una época de cambios e impactos tan acusados por la actividad de la especie humana, que algunos científicos han propuesto denominarla Antropoceno. Las montañas no están al margen de los fenómenos asociados a estos cambios que afectan al planeta en su conjunto. Particularmente, en algunas *cimas singulares*, empiezan a registrarse impactos de magnitud significativa que suponen nuevos desafíos para la sociedad.

En el año 2015 se celebró, en el Paraninfo de la Universidad de Zaragoza (España), el "Congreso Internacional de Montañismo CIMA 2015", organizado por la Federación Aragonesa de Montañismo (FAM), con el apoyo de la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME) y la Unión Internacional de Asociaciones Alpinas (UIAA). 70 ponentes y 300 asistentes, procedentes de 15 países diferentes, debatieron sobre los "Retos del montañismo en el siglo XXI". En la mesa de trabajo "Cimas singulares y su problemática gestión" se trató sobre la problemática de Everest, Mont Blanc, Fujiyama y Mulhacén, acordándose unas conclusiones adaptadas a cumbres de diferentes continentes. Algunas de ellas son directamente trasladables a las montañas españolas:*"La conservación de las cimas más altas del mundo debe tener en cuenta el trabajo de cooperación entre las comunidades que las habitan y los diferentes agentes que intervienen","Debemos reducir la presión social que padecen las montañas mitificadas, agrandando las cimas y regulando el acceso a estos espacios", "El reto será que este aumento de la presión turística sobre las montañas se integre de forma ordenada y sostenible en el medio rural en el que se van a desarrollar todos estos nuevos deportes".*

En el I Congreso Internacional de las Montañas CIMAS Sierra Nevada 2018, se ha trasladado a las montañas españolas esas conclusiones generales del Congreso Internacional de Montañismo CIMA 2015, aprovechando para realizar una reflexión más amplia y adaptada sobre la gestión peculiar de las cimas singulares.

Aproximación a una definición de cima singular

A la hora de acotar el concepto de cima singular, solemos hacer mención a aquellas que atraen a gran cantidad de visitantes por alguna característica especial, lo que lleva aparejada en ocasiones una merma de la calidad de la "experiencia en la cumbre" por la elevada afluencia o por la acumulación de elementos artificiales. Para delimitar esta noción de cima singular, se deben considerar:

- "Techos" de comarcas, cordilleras, regiones, países, continentes.
- Puntos culminantes de áreas protegidas.
- Montañas emblemáticas.
- Afluencia relevante de visitantes con diferentes perfiles (montañeros, escaladores, senderistas, turistas, etc).

A partir de esta aproximación podrían proponerse determinadas cimas singulares en España, a título de ejemplo y comprendiendo que cada una de ellas tiene sus características propias:

Aitzgorri.
Almanzor.
Aneto.
Espigüete.
Gorbea.
Moncayo.
Monte Perdido.
Mulhacén.
Naranjo de Bulnes.
Pedraforca.
Peña Trevinca.
Peñagolosa.
Peñalara.
Pica de Estats.
Posets.
Teide.
Torrecilla.
Txindoki.
Veleta.

Objetivos de gestión

Ante la necesidad de afrontar en estos territorios de montaña el crecimiento continuado de visitantes y la diversificación de actividades, se incluyen como objetivos de gestión:

- Evitar la degradación de los ecosistemas de montaña.
- Mejorar la "experiencia personal en la cumbre".
- Reducir posibles consecuencias negativas a largo plazo para la socioeconomía de la zona.

En algunas ocasiones, la consecución de estos objetivos aparece condicionada por construcciones, infraestructuras, masificación, itinerarios no previstos, riesgo de accidentes, deficiente información en las redes sociales, etc.

Bases generales para la elaboración de una propuesta de actuaciones

1. Huir de la carga de construcciones e infraestructuras.
2. Poner en práctica el concepto de “barrera del esfuerzo” para "agrandar las cimas".
3. Plantear alternativas. Facilitar y ofrecer la realización de otro tipo de actividades para diferentes perfiles de visitantes. Analizar ventajas e inconvenientes de la concentración (control) de impactos o la dispersión de los mismos.
4. Concienciar, sensibilizar e informar para reducir el impacto medio de cada visitante y mejorar la calidad de visita.
5. Adoptar medidas específicas de seguridad para la práctica deportiva en las cimas singulares.
6. Abordar la regulación de actividades de manera que el establecimiento de cupos sea una opción de último recurso.
7. Diseñar y aplicar programas de seguimiento y evaluación.
8. Desarrollar y aplicar programas de corrección de impactos.

Medidas especificas a considerar en protocolos y recomendaciones

1. No plantear la instalación de refugios u otras construcciones en la zona de cumbre. Procurar la eliminación de los existentes.
2. Promover acciones para corregir impactos en las cimas, restaurando la cumbre a su estado natural. En dichas acciones debe fomentarse la participación de voluntarios.
3. Descartar el establecimiento o prolongación de medios mecánicos de transporte.
4. Evitar la apertura o prolongación de accesos para vehículos a motor.
5. Estudiar el cierre total o parcial de los accesos abiertos al tráfico rodado que contribuyen significativamente al incremento de la presión que sufren las cimas. Distanciar en lo posible los aparcamientos de las áreas somitales. Promover el transporte público para llegar hasta los aparcamientos habilitados.
6. Regular los servicios públicos de transporte que inciden en la masificación de las cimas.
7. Procurar que las competiciones deportivas no lleguen a las cimas singulares, buscando alternativas en montañas con menor fragilidad ambiental y menor demanda de uso público.
8. No permitir el nuevo equipamiento de vías de carácter deportivo o vías ferratas en aquellas cumbres a las que se accede escalando. Revisar trazados de itinerarios líneas de descenso en rappel para mejorar las condiciones de seguridad.
9. Tratar de mantener "Limpias" las cumbres de elementos accesorios como buzones, placas, exvotos, antenas, carteles, etc...
10. Recomendar las ascensiones fuera de periodos de máxima afluencia (fines de semana, puentes, festivos).
11. Disuadir sobre la organización de ascensiones colectivas con grupos numerosos, sobre todo en fines de semana, puentes y festivos.
12. Recomendar que si se prolonga la estancia en la zona de cumbre, se realice en un lugar retirado de la misma para facilitar la llegada a la cima a otros montañeros.
13. Promover, en su caso, rutas de ascenso y descenso bien definidas para la evitar la dispersión y ramificación de trazados que supongan mayor superficie de terreno transformado y mayor riesgo de erosión.
14. Difundir alternativas de ascensos a otras cumbres del entorno o recorridos por caminos públicos en la zona.
15. Respetar la toponimia local y/o tradicional tanto en las cumbres como en sus accesos y entorno.
16. Poner en marcha protocolos para el seguimiento de la afluencia de visitantes.
17. Establecer y poner en marcha metodologías para caracterizar el perfil de los visitantes y valorar la percepción que estos tienen de la calidad de la experiencia personal en la cima (satisfacción).
18. Habilitar grupos de trabajo entre instituciones y entidades implicadas (Federaciones deportivas, Administración Ambiental, Administración Turística, Ayuntamientos,…) para contribuir al consenso en la toma de decisiones de gestión.