

ANÁLISIS ECOLÓGICO DE LA CULTURIZACIÓN DEL PAISAJE DE ALTA MONTAÑA DESDE EL NEOLÍTICO: LOS PARQUES NACIONALES DE MONTAÑA COMO MODELO

JORDI CATALAN^{1,2}, MERITXELL BATALLA¹, MARÍA TERESA BONET³,
LLUÍS BROTONS^{1,2,4}, TERESA BUCHACA^{2,5}, LLUÍS CAMARERO^{2,5}, IGNACIO CLEMENTE⁶,
FRANCISCO CONTRERAS⁷, RAFAEL DOMINGO⁷, MARISOL FELIP^{1,8},
ERMENGOL GASSIOT⁹, DAVID GARCÍA CASAS⁹, SANTIAGO GIRALT¹⁰,
PENÉLOPE GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ¹¹, GONZALO JIMÉNEZ-MORENO¹²,
RAFAEL LABORDA⁷, JUAN LORITE¹³, JOSÉ MARÍA MARTÍN-CIVANTOS³,
NICCOLÒ MAZZUCO⁶, LOURDES MONTES⁷, ANA MORENO¹¹, MIQUEL NINYEROLA^{14,16},
ALBERT PÈLACHS¹⁵, RAMÓN PÉREZ-OBÍOL¹⁶, RAQUEL PIQUÉ⁹, SERGI PLA-RABÉS^{1,2},
MARÍA SAÑA⁹, ALBERTO SÁEZ¹⁷, MARÍA SEBASTIÁN⁷, JOAN MANUEL SORIANO¹⁵,
XAVIER TERRADAS⁶, BLAS VALERO-GARCÉS¹¹, DANIEL VILLERO⁴

RESUMEN

La presencia inicial de los humanos en la alta montaña desde hace poco menos de 8000 años presenta más elementos de domesticación de lo que inicialmente se había estimado. Aunque la extensión geográfica de las explo-

¹ CREAM, Campus UAB, Edifici C, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona.

² GECA, CSIC, Campus UAB, Edifici C, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona.

³ MEMOlAb. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Granada. Campus de Cartuja. 18071, Granada.

⁴ Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Solsona, Barcelona.

⁵ CEAB, CSIC, Accés a la Cala St. Francesc, 14. 17300 Blanes, Girona.

⁶ Departamento de Arqueología y Antropología, Institución Milá y Fontanals, CSIC, Egipcía-ques 15, 08001 Barcelona.

⁷ Grupo de Investigación Primeros Pobladores del Valle del Ebro, Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cernuda 12, 50009 Zaragoza.

⁸ Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals. Universitat de Barcelona, Barcelona.

⁹ Departament de Prehistòria. Edifici B Facultat de Filosofia i Lletres. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona.

¹⁰ ICTJA, CSIC, c/ Lluís Solé i Sabarís, 08028 Barcelona.

¹¹ Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Av. Montañana 1005, 50059 Zaragoza.

¹² Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, 18071 Granada.

¹³ Departamento de Botánica, Universidad de Granada, 18071 Granada.

¹⁴ GRUMETS, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona.

¹⁵ Departament de Geografia. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona.

¹⁶ Unitat de Botànica, Edifici C, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona.

¹⁷ Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. c/ Martí i Franqués. 08028 Barcelona.

raciones arqueológicas es todavía limitada, hay evidencias de uso de ganado doméstico y, en algunos casos, una probable agricultura utilizando mezcla de cereales a cotas intermedias. Por el momento, no se ha podido constatar impacto en el paisaje de esta actividad. En los Pirineos, hay una variación en la distribución de yacimientos arqueológicos en la alta montaña asociada con el cambio climático de mitad del Holoceno. Decece la ocupación de abrigo y el número de yacimientos en su conjunto. Sin embargo, el impacto humano sobre el paisaje es evidente durante la Edad del Bronce y supone la apertura de espacios para el pastoreo, probablemente, en muchas ocasiones utilizando fuego. La Edad Media supone la transformación definitiva del paisaje y una organización del uso del territorio que se ha mantenido en buena medida hasta la actualidad. Al uso ganadero se añade una mayor variedad de explotaciones, como la minería y metalurgia, que inciden también en una fuerte presión sobre los bosques. En Sierra Nevada, el desarrollo del sistema de acequias por los andalusíes condiciona la hidrología hasta la actualidad, seguramente con otras implicaciones sobre el paisaje todavía por especificar. Es probable que la huella medieval esté todavía presente en la distribución actual de las especies y en los procesos edáficos que se dan en la alta montaña. La proyección espacial y continuidad temporal sobre cómo se dio la culturización del paisaje de la alta montaña, desde el mosaico inicial de incipientes transformaciones hasta la contundencia y diversidad de la Edad Media, todavía requiere de una exploración más profunda a lo largo del territorio.

Palabras clave: Ecología del paisaje, Arqueología de montaña, Reconstrucción ambiental, Paleoclimatología, Holoceno, Neolítico, Edad del Bronce, Edad Media.

AN ECOLOGICAL ANALYSIS OF THE HIGH-MOUNTAIN LANDSCAPE ACCULTURATION SINCE THE NEOLITHIC: MOUNTAIN NATIONAL PARKS AS A MODEL

ABSTRACT

The initial presence of humans in the high mountains almost since 8000 years ago shows more elements of domestication than initially estimated. Although the geographic extent of archaeological explorations is still limited, there is evidence of domestic livestock use and, in some cases, likely mixed-cereal agriculture at intermediate altitudes. It has not been possible to verify an impact of this activity on the landscape yet. In the Pyrenees, the distribution of archaeological sites in the high mountain changes associated with climate in the middle of the Holocene. The occupation of shelters and the number of archaeological sites decline. However, the human impact on the landscape is evident in some palaeoecological registers during the Bronze Age and involves the forest opening for grazing, probably using fire, on many occasions. The Middle Ages constitute the definitive transformation of the landscape and an organization of the use of the territory that has remained largely to present. A greater variety of land use, such as mining and metallurgy, added to livestock also with strong impact on forests. In the Sierra Nevada, the development of the irrigation ditch system by the Andalusians modified the hydrology to the present, with other implications on the landscape yet to be determined. Likely, the medieval imprint is still present in the current distribution of the species and the edaphic processes that occur in the high mountain. From the initial mosaic of incipient transformations to the forcefulness and diversity of the Middle Ages, the spatial projection and temporal continuity on how the landscape acculturation of the high-mountain took place still require a deeper exploration throughout the territory.

Keywords: Landscape ecology, Mountain archaeology, Environmental reconstruction, Paleoclimatology, Holocene, Neolithic, Bronze Age, Middle Ages.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha acumulado un elevado número de estudios paleoecológicos y arqueológicos que documentan con cierto detalle las características y cronología de la influencia humana en el paisaje de montaña (GALOP 2006; EJARQUE *et al.*, 2010; BAL *et al.*, 2011; CUNILL *et al.*, 2013; FERNÁNDEZ MIER *et al.*, 2013; GASSIOT BALLBÉ *et al.*, 2014; GARCÍA-RUIZ *et al.*, 2015; GARCÉS-PASTOR *et al.*, 2017; GASSIOT BALLBÉ 2017). Esta influencia va más allá de un puro impacto en los ecosistemas y las poblaciones naturales. El uso sostenido para determinadas finalidades durante largos periodos de tiempo, combinado con el rigor de las condiciones ambientales de la alta montaña, ha llevado a unas formas de paisaje que no siendo naturales, lo parecen. Es éste el sentido que aquí le damos al concepto de culturización del paisaje de la alta montaña. Los elementos naturales (clima, relieve, especies salvajes, etc.) siguen teniendo un papel fundamental en los ecosistemas de alta montaña y la influencia humana aparece como una forma de remodelación de estos elementos y no como una sustitución de los mismos (GARCÍA RUIZ & LASANTA 2018). La finalidad de este estudio fue valorar el fenómeno de la culturización del paisaje de alta montaña a lo largo del tiempo desde que existen evidencias de ocupación humana dentro del Holoceno. Se trataba de analizar la dinámica ecológica a largo plazo, viendo la progresiva culturización de la alta montaña, con vaivenes según la dinámica de los agentes que la condicionan y la influencia general del clima. Los cambios en los componentes ecosistémicos (vegetación, suelo, biodiversidad, agua, servicios) se abordaron a través del análisis de patrones y procesos relativos a los agentes directos de cambio, como son: la apertura de espacios (fuego, tala), el mantenimiento sostenido de agroecosistemas (ganaderos, agrícolas), la facilitación e introducción de especies, el uso selectivo de especies vegetales, la fertilización (suelo, agua), la contaminación (metales), la extracción de recursos (madera, minerales, agua), la apertura de rutas y vías de transporte y la urbanización (asentamientos). La composición interdisciplinar del equipo establecido, con investigadores prove-

nientes tanto de las ciencias naturales como de las ciencias sociales, perseguía analizar estos agentes directos de cambio en función de agentes indirectos, esto es, según el contexto tecnológico, demográfico, económico, político, religioso y cultural de cada momento y lugar. A cada nivel y en todo momento, el clima, como principal fuente de heterogeneidad en la distribución de recursos en la alta montaña, establece el marco de referencia en el cual analizar el proceso. Metodológicamente, el estudio pretendía recopilar, armonizar y analizar la información existente desde una visión experta y, en la medida de lo posible, de forma cuantitativa mediante el contraste de modelos y evidencias; pero además con un procedimiento abierto al necesario re-análisis a medida que otros estudios vayan aportando nuevos datos y conocimientos (PENG *et al.*, 2011). Bajo esa premisa, las tareas que definimos fundamentalmente se agruparon, por un lado, acorde a su carácter comprensivo (extensivo, comparativo), intentando cubrir todo el territorio que ocupan los parques en cuestión, incluso, en algunos temas, el territorio de características similares alrededor de los mismos; y por otro lado, acorde a su elevado valor ilustrativo (paradigmático, arquetípico), puesto que hay determinados enclaves y temas sobre los cuales se puede incidir de forma más precisa gracias al detalle de la información existente. Finalmente, el contraste de condiciones climáticas norte-sur en la Península Ibérica brindaba la oportunidad de comparar dos tipos de alta montaña muy contrastados y, del mismo modo, con procesos distintos de culturización del paisaje a lo largo de la historia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El término «alta montaña» lo empleamos, intencionadamente, de una forma laxa en este estudio. El límite altitudinal inferior, a efectos de ejecución del estudio, lo tomamos como aquel en el que actualmente el paisaje es indiscutiblemente producto de la acción humana, aunque la urbanización, las vías de comunicación y los cultivos a veces estén inmersos en una matriz forestal. Por lo general, los Parques Nacionales de montaña concentran la mayor parte de su extensión por encima de esas condiciones. A

efectos orientativos podemos indicar que nos referimos a altitudes por encima de los 1500-2000 m. El estudio incluyó los Parques Nacionales de Sierra Nevada (PNSN), Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (PNAESM), Ordesa y Monte Perdido (PNOMP) y Picos de Europa (PNPE). No obstante, las características (superficie, entorno, situación climática) y circunstancias (historial de investigación) en cada uno de ellos son distintas, y el número de estudios previos y naturaleza de los mismos también varía. Se trató de un proyecto fundamentalmente de recopilación, gestión y análisis de datos existentes, contemplando fundamentalmente tres tipos de tareas: i) casos de estudio (temas específicos en enclaves especialmente informativos), ii) estudios sinópticos (recopilación de datos, cartografía temática, modelado espacial) y iii) estudios de síntesis (para dar coherencia y una visión general de los temas abordados). A continuación comentamos brevemente los métodos empleados.

Reconstrucciones climáticas y ambientales a partir de registros lacustres

Se desarrolló un procedimiento para la reconstrucción climática de las temperaturas estacionales y del déficit hídrico a partir del registro polínico utilizando técnicas de análogos modernos siguiendo GUIOT *et al.* (2008). La reconstrucción de la precipitación continua siendo incierta. En lagos con avenidas (p. e., Llebreta (PNAESM), Marboré (Ordesa)) se puede estimar la frecuencia de estos episodios, pero los caudales son de difícil cuantificación por el momento (OLIVA-URCIA *et al.*, 2018).

La estima de la vegetación directamente a partir del registro polínico se intentó abordar en los Parques Nacionales de los Pirineos, al disponer de un conjunto de muestras de polen superficial para unos 70 lagos, que permitía compararlos con la distribución actual de las especies arbóreas más conspicuas en el paisaje. Vimos que hay que reconsiderar modelos existentes de transporte de polen. Por ejemplo, encontramos polen de abeto en altitudes muy alejadas de su actual distribución, siendo un polen que se consideraba de escaso transporte aéreo (POSKA & PIDEK 2010). Más allá de detectar problemas críticos en la metodología actual de modelado, la resolución de los mismos trasciende el marco de este estudio.

Evaluación de la transformación directa del paisaje a partir de evidencias arqueológicas

La exploración y cartografiado detallado de restos arqueológicos –y la consideración de los efectos en su entorno de la actividad humana que se les puede asociar– permite determinar efectos de gran magnitud en el paisaje, algunos ya desaparecidos, otros que persisten. Consideramos, por un lado, la apertura de espacios para pasto en el PNAESM, entre el 5500 y el 2700 cal BP, que en gran medida se asemeja a la distribución actual de pastos (GASSIOT BALLBÉ *et al.*, 2014; GASSIOT BALLBÉ *et al.*, 2017). Estudios arqueológicos coetáneos con el proyecto en la zona del PNOMP, por parte del equipo de arqueólogos del proyecto, también suministró información para extender la misma consideración a esa zona para tiempos más antiguos (CLEMENTE-CONTE *et al.*, 2016; GASSIOT BALLBÉ *et al.*, 2018). La ocupación de varias cuevas alrededor del 5300 cal BC, como Els Trocs y Coro Trasito, indican una explotación del territorio integral con ganadería y agricultura. Sin embargo, por lo menos en la zona de Coro Trasito por encima de los 1800 m de altitud en aquel entonces existía un bosque mixto. En efecto, prospecciones en la zona del Barranco de la Pardina, localizado a mayor altitud que Coro Trasito y en pleno PNOMP no indican una incidencia humana tan temprana (LABORDA *et al.*, 2017), mostrando la complejidad del uso del territorio a lo largo de la prehistoria.

Por otro lado, también consideramos la transformación del paisaje durante la edad Media. Comentaremos ejemplos complementarios de la fuerte transformación del paisaje durante este periodo. La construcción del sistema de acequias en Sierra Nevada, aspecto que se está estudiando con mucha más profundidad en el marco de un proyecto europeo (MEMOLA, <http://www.memolaproject.eu/>); la elevada densidad de restos medievales asociados a la ganadería y el sistema de carboneras y la deforestación asociada, con ejemplos en las cercanías del PNAESM.

Evaluación de la contaminación atmosférica por metales

Se compiló la información sobre registros de metales en turberas y sedimentos lacustres a lo largo de

los Pirineos y la cordillera Cantábrica, incluyendo trabajos recientes en áreas próximas pero que no pueden considerarse de alta montaña, como el realizado en el lago de Montcortés (CORELLA *et al.*, 2017). Respecto a la cordillera Cantábrica, aunque tampoco estrictamente dentro del PNPE, pero si en sus inmediaciones, se tuvo acceso a información reciente, fruto de los estudios de un proyecto nacional desarrollado por uno de los grupos involucrados en el presente proyecto (Geohistoria ambiental del fuego en el Holoceno. Patrones culturales y gestión territorial desde el inicio de la ganadería y la agricultura en la montaña Cantábrica y Pirineo - CSO2012-39680-C02-02).

Modelado espacialmente explícito de la distribución ideal de especies de interés

La modelización se enfocó a las principales especies de árboles que pueden formar masas forestales relevantes, actualmente o en el pasado. Como los Parques Nacionales no dejan de ser territorios relativamente pequeños, uno de los retos fue elaborar los modelos con alta resolución espacial. Para ello, primero se realizó un modelado topoclimático acorde con esta

necesidad, con una resolución de 30 m. Esta nueva interpolación mejoraba notablemente los antecedentes existentes: Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (200 m), Atlas Climático Digital de Cataluña (180 m), Atlas Climático Digital de Andorra (90 m) y Cartografía climática de los Pirineos (proyecto PPNN, OCUPA, 90 m). Combinando herramientas de análisis espacial SIG, estadística multivariante (p. e., regresión múltiple) e interpoladores matemáticos y geoestadísticos se elaboraron modelos de los principales elementos climáticos (precipitación, temperatura y radiación solar) (NINYEROLA *et al.*, 2000, 2007a; NINYEROLA *et al.*, 2007b) que finalmente se cartografiaron con elevada resolución para estimar condiciones microclimáticas en los distintos Parques. La verosimilitud del modelado depende de la resolución del mapa digital de elevación del terreno y de los datos meteorológicos de estaciones próximas. El resultado de esta información se distribuyó a Parques Nacionales (p. e., Figura 1); para para el conjunto de los Pirineos, se ha publicado la base de datos (BATALLA *et al.*, 2018).

Con esta base climática se modeló la distribución ideal de todas las especies forestales y algunas de

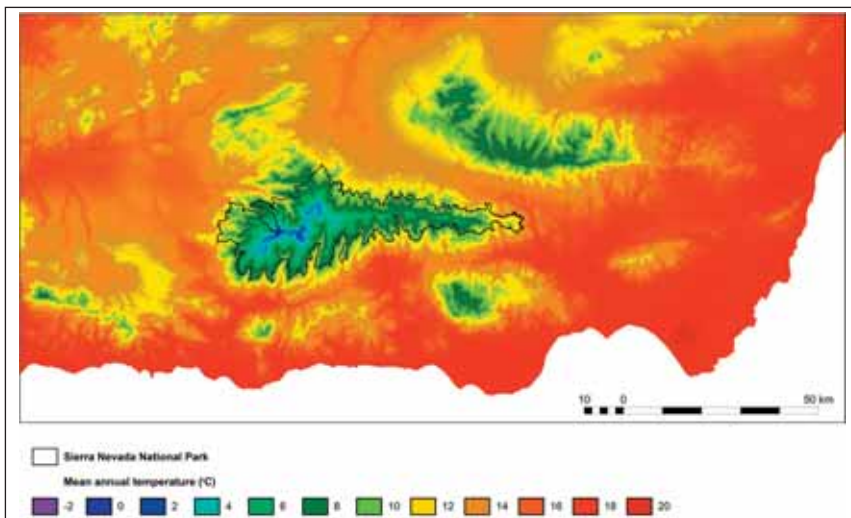


Figura 1. Interpolación de la temperatura media anual en Sierra Nevada y alrededores para el periodo 1950-2012 con una resolución de 30 m.

Figure 1. Interpolation of the mean annual temperature in Sierra Nevada and surroundings for the period 1950-2012 with a resolution of 30 m.

acompañantes relevantes existentes en los parques nacionales en la actualidad o en el pasado. Se elaboró una superficie continua de probabilidad mediante datos de presencia o ausencia para las especies de interés (AUSTIN *et al.*, 1990) y se realizaron extrapolaciones espaciales en áreas (tiempos) de vegetación desconocida a partir de las características topoclimáticas de esos lugares (PEARSON *et al.*, 2006; THUILLER *et al.*, 2009). Este modelado permite proponer el paisaje que podía dominar en el pasado a partir de la reconstrucción climática y los registros polínicos; así como evaluar la potencial distribución de especies animales fuertemente relacionadas con un determinado tipo de vegetación.

Análisis histórico-cultural de la ocupación de la alta montaña

La forma de abordar la arqueología de montaña ha conducido a una imagen más humanizada, y de periodos más antiguos, del paisaje de alta montaña europeo (GASSIOT BALLBÉ *et al.*, 2016). No obstante, la alta montaña no es generalmente un lugar de asentamiento permanente. Lo que ocurre en ella tiende a estar determinado por un ámbito socio-económico en un marco geográfico mucho más amplio. Realizamos una revisión del contexto histórico de la alta montaña a lo largo del tiempo con relación a los principales cambios detectados en el grado y tipo de ocupación, particularmente con relación a la ganadería (estructuras y pautas de gestión de rebaños) y la agricultura en altitudes escasamente apropiadas. Estas tareas se realizaron en trabajo por grupos especializados y talleres interdisciplinarios que aglutinó un número amplio de investigadores provenientes de distintos ámbitos de conocimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dada la naturaleza del proyecto, presentamos un resumen de los resultados y su discusión en un único apartado. La principal conclusión es que el proceso de culturización del paisaje de alta montaña no ha sido un proceso paulatino desde la prehistoria a nuestros días. Presenta puntos de inflexión correspondientes con los primeros indicios de domesticación, hace pocos menos de 8000 años cal BP, una

fase de apertura de espacios en los bosques que empieza a hacerse visible a partir del 5500-5000 cal BP y se vuelve mucho más evidente alrededor de 4000 cal BP y, finalmente, se da el período de mayor transformación y organización territorial durante la Edad Media.

La primera ocupación neolítica de la alta montaña tiene más elementos domésticos de lo inicialmente supuesto

En un proyecto anterior de Parques Nacionales se había identificado la presencia humana durante el Neolítico en abrigo del PNAESM (CATALAN *et al.*, 2013). Se interpretó como grupos de cazadores que podían llevar consigo elementos domésticos para su uso, pero que no se esperaba que tuvieran incidencia en su entorno. Nuevas investigaciones sobre materiales obtenidos en estos abrigo han puesto de manifiesto elementos más domésticos de lo inicialmente supuesto (ANTOLÍN *et al.*, 2018). Por ejemplo, los restos de huesos encontrados, que se pensaba pertenecían a animales salvajes, producto de la caza, resultaron todos ellos pertenecientes a ovicápridos domésticos. No obstante, el mayor cambio de paradigma provino de la excavación de la cueva de Coro Tránsito (Figura 2), en la periferia de PNOMP durante el desarrollo de este proyecto y por una parte de miembros del mismo (CLEMENTE CONTE *et al.*, 2014).

El registro en esta cueva pone de manifiesto un uso ganadero de la misma hace algo más de 7000 años (CLEMENTE-CONTE *et al.*, 2016), durante lo que clásicamente se denominó el Óptimo Climático del Holoceno (REILLE & LOWE 1993) y que las reconstrucciones cuantitativas de temperatura con polen (CATALAN *et al.*, 2014) o quironómidos (TARRATS *et al.*, 2018) corroboran. El uso de la cueva para recoger sobre todo ovicápridos, en un lugar de difícil acceso, debe relacionarse con la protección frente a depredadores. Probablemente, los abrigo encontrados en PNAESM, mucho más modestos en dimensiones, pero que en algunos momentos se complementaron con una edificación en madera para ampliarlos, pueden interpretarse del mismo modo. Por otro lado, también es muy significativa la presencia de restos de bovino y cerdo, en una primera parte de Neolítico antiguo, lo cual indica una ganadería

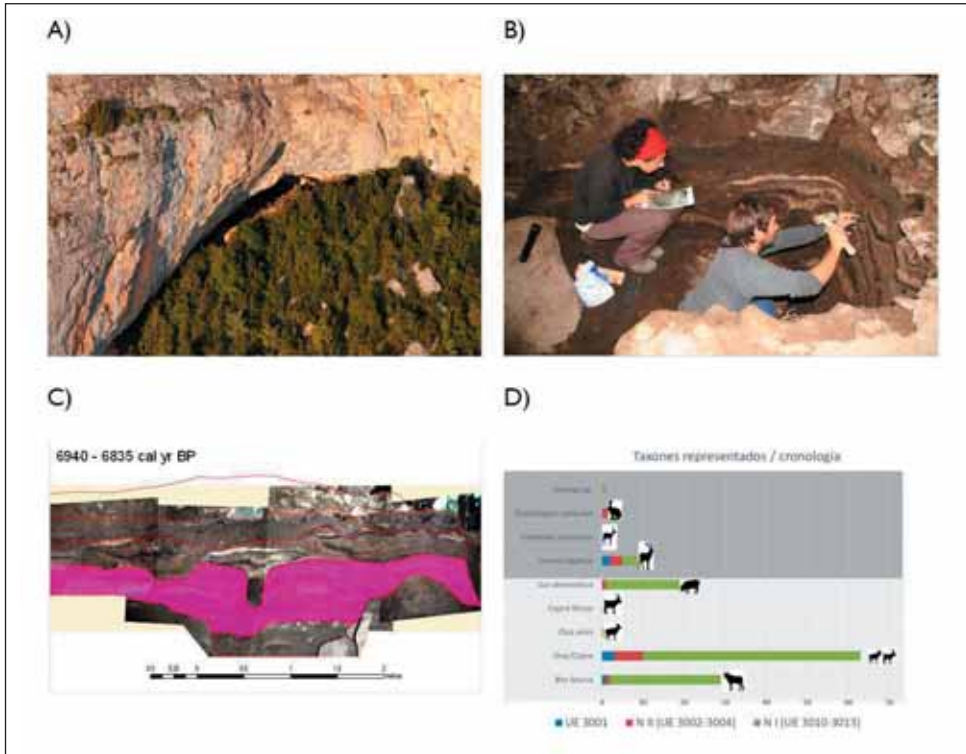


Figura 2. Cueva de Coro Trasito, Tella, Sobrarbe, Pirineos, 1545 m. A) Exterior. B) Un momento durante la excavación del *fumier* (acumulación de excrementos de ganado). C) Sección en la que se indican distintas fases de acumulación y se ha coloreado la correspondiente a un período cercano a hace 7000 años. D) Taxones correspondientes a huesos encontrados en el yacimiento para distintos periodos donde se aprecia el predominio de animales domésticos.

Figure 2. Cueva de Coro Trasito, Tella, Sobrarbe, Pyrenees, 1545 m. A) Outside view. B) A moment during the excavation of the *fumier* (ancient faeces). C) Section in which different phases of accumulation are indicated and the one corresponding to a period close to 7,000 years ago has been colored. D) Taxons corresponding to bones found in the deposit during different stratigraphical periods; the predominance of domestic animals can be appreciated.

mixta. Además, aparecen indicadores de una agricultura basada en una mezcla de cereales también desde hace unos 7300-7200 años (ANTOLÍN *et al.*, 2018; GASSIOT BALLBÈ *et al.*, 2018). En PNAESM, ya se habían encontrado también unos pocos granos de cereales en contextos de poco más de 6500 años de antigüedad (GASSIOT *et al.*, 2012; GASSIOT *et al.*, 2016). Tanto Coro Trasito (1560 m) como la Cova del Sardo (1790 m) están en el límite de la alta montaña. Por ahora, en yacimientos situados en cotas más elevadas (p. e. 2200 m), no se han encontrado evidencias. La agricultura en altitud en época neolítica probablemente tenía unas dimensiones muy modestas, puesto que de momento no se ha encontrado evidencia de

impacto forestal en los registros paleoecológicos hasta ahora estudiados (GONZALEZ-SAMPERIZ *et al.*, 2017). En cualquier caso, es un tema que con este proyecto se abre más que se cierra, ya que hasta ahora no se consideraba una cuestión susceptible de un esfuerzo especial de investigación en la alta montaña.

Desaparecen los indicios de agricultura en altitud hace unos 4400 años. Esta circunstancia se correspondería con el cambio climático a mitad del Holoceno, a lo largo del cual el período útil para el crecimiento de cereales en altitud disminuye. Hasta el comienzo del proyecto CULPA, existían reconstrucciones climáticas del Holoceno recientes

para Picos de Europa (MORENO *et al.*, 2011) y Sierra Nevada (ANDERSON *et al.*, 2011; JIMÉNEZ-MORENO & ANDERSON 2012) y en el proyecto se ha realizado una recopilación y actualización de las interpretaciones para el sur de los Pirineos (GONZALEZ-SAMPERIZ *et al.*, 2017), además la reconstrucción paleoambiental detallada de un lago emblemático en PNOMP, como es el lago Marboré (OLIVA-URCIA *et al.*, 2018), donde en torno a hace casi 7000 años se observa un cambio significativo de productividad lacustre. Dicho resultado apoya el mencionado cambio climático y del paisaje vegetal que se da a mitad del Holoceno (PLA-RABES & CATALAN 2011; PÉREZ-SANZ *et al.*, 2013; CATALAN *et al.*, 2014; GONZALEZ-SAMPERIZ *et al.*, 2017; LEUNDA *et al.*, 2017).

La reconstrucción cuantitativa de la temperatura de cada estación realizada en el marco de este proyecto para todo el Holoceno (Figura 3), a partir de datos palinológicos y siguiendo la metodología de análogos modernos mencionada anteriormente, indica que efectivamente los veranos durante ese período de agricultura en altitud hace unos 7000 años eran más cálidos que en cualquier momento posterior. No así, el resto de estaciones, ya que se daba un clima con características más continentales que el actual.

Correspondiendo con el cambio climático de mitad del Holoceno, hay un desplazamiento en altitud de los yacimientos datados anteriores a la Edad del Bronce. Antes de hace unos 7500 años, los yacimientos raramente sobrepasan los 1000 m de al-

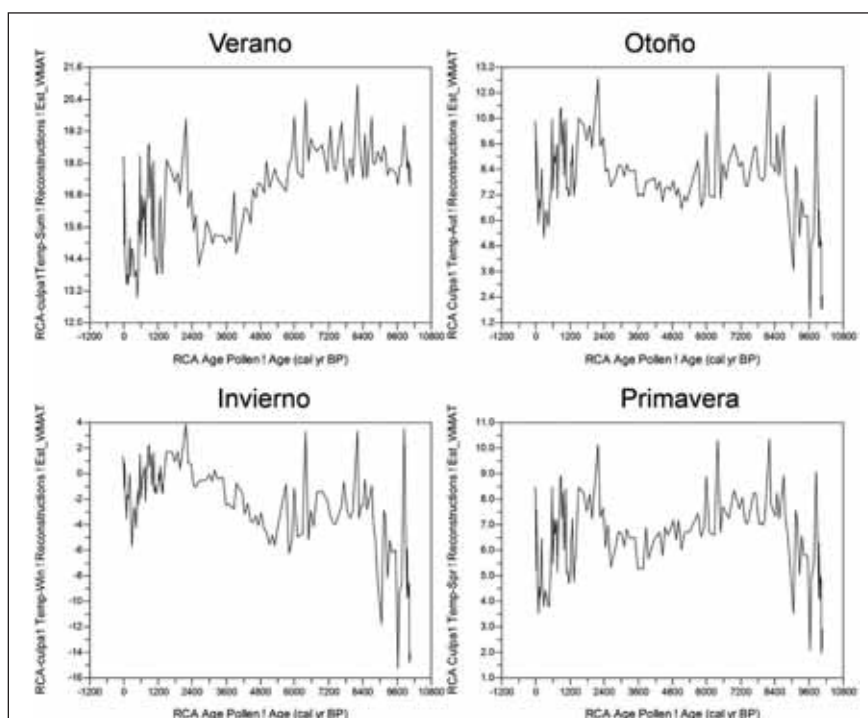


Figura 3. Reconstrucción de la temperatura media para cada estación del año para un valle de los Pirineos Centrales a lo largo del Holoceno basado en el registro polínico del Lago Redon. Las pautas generales son plausibles, las fuertes fluctuaciones a corto plazo encierran más incertidumbre.

Figure 3. Reconstruction of the mean temperature for each season of the year for a valley in the Central Pyrenees along the Holocene based on the pollen record of Lake Redon. The general patterns are plausible, the strong fluctuations in the short term contain more uncertainty.

titud en los Pirineos, entre hace 7500 y 5200 años, son habituales entre 1500 y 1800 m y, a partir de esa fecha, son habituales también entre 2300 y 2500 m de altitud (GASSIOT BALLBÈ 2017; GASSIOT BALLBÈ *et al.*, 2017). Este cambio, parece un contrasentido con relación al cambio en las condiciones climáticas. Quizá deba interpretarse como un cambio demográfico o en la forma de gestionar el ganado. Aunque hay que analizar con mayor detenimiento la relación de los cambios con los cambios estacionales del clima.

En cualquier caso, la prospección arqueológica intensiva que se ha realizado en los PPNN pirenaicos (PNAESM y PNOMP) pone en evidencia una ocupación de la montaña pirenaica durante el neolítico mucho más intensa de lo que hasta ahora se suponía (LABORDA *et al.*, 2015; DÍAZ BONILLA *et al.*, 2016; GASSIOT BALLBÈ *et al.*, 2016; LABORDA *et al.*, 2017), aunque por el momento no hay evidencia de un impacto ecológico apreciable en ese periodo.

La culturización del paisaje de la alta montaña de la Península en la Edad de Bronce

Fruto de una conjunción de proyectos de prospección arqueológica, el PNAESM encierra el mayor número de dataciones de yacimientos por radiocarbono en altitud de la Península Ibérica. Más de 70 dataciones permiten determinar que la tasa de ocupación presentó una inflexión hace unos 5300 años. Luego existió un claro *plateau* durante la Edad del Bronce y Hierro (aproximadamente entre hace 4200 y 2200 años). Durante este periodo, las dataciones de yacimientos son muy escasas y se diría que la ocupación humana hubiera desaparecido. No obstante, algunos registros paleoecológicos parecen indicar todo lo contrario puesto que revelan indicios de deforestaciones que se han asimilado a actividades humanas (MONTSERRAT-MARTÍ 1992; GALOP 2006; PÉLACHS *et al.*, 2007; EJARQUE *et al.*, 2010). En este proyecto, hemos podido realizar algunas dataciones más que, por un lado, han rellenado parcialmente el hueco existente, pero, por otro, han confirmado la pauta. ¿Cuál es el fundamento de esta paradoja?

Una hipótesis plausible es que la forma de ocupación del territorio cambió respecto del Neolítico. Ya

no se empleaban abrigos sino probablemente construcciones de madera que no han dejado registro. Si que se han conservado, sin embargo, vestigios de la ocupación por una serie de vasijas de gran tamaño que se han encontrado en canchales (Figura 4). Su número ha aumentado desde los primeros hallazgos gracias a la prospección ocasional de la guardería del PNAESM. Los indicios de ocupación e impacto ecológico vienen refrendados por claras evidencias de deforestación en distintos registros paleoecológicos de lagos y turberas, aunque esto no es generalizable al conjunto de los Pirineos (GONZÁLEZ-SAMPERIZ *et al.*, 2017). Quizá un cambio en la ganadería pudo llevar asociado una apertura de espacios de pasto en altitud con el empleo del fuego (BAL *et al.*, 2011). En los registros paleoecológicos se produce también un aumento de indicadores de domesticación (p. e., incremento de urticáceas). A finales de la Edad del Bronce y posteriormente, el fuego es también la herramienta para abrir espacios para la agricultura a cotas intermedias (Figura 5). Naturalmente, el establecimiento de pastos no tiene que ser algo sincrónico a lo largo de los Pirineos, ni los espacios abiertos algo estable en el tiempo (GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ *et al.*, 2019). Cabe esperar un mosaico de situaciones muy variables en las fases iniciales de la culturización de la montaña hasta que se consolida en fases históricas más recientes. El estudio de más registros y una mejor comprensión de los procesos que dan lugar a ellos aportarán el necesario detalle en un futuro.

La Edad Media aporta organización territorial y condicionantes ecológicos que perduran hasta la actualidad

La alta montaña es un recurso para el valle o la vega asociada. Su uso, y los condicionantes paisajísticos y ecológicos que éste genera, a menudo determina las posibilidades socioeconómicas de las zonas bajas y éstas, a la postre, son la base de la organización (ordenación territorial) de la alta montaña (MARTIN CIVANTOS 2011). En este aspecto, existe un cierto contraste entre el norte y sur peninsular. En el sur, el agua es un recurso crítico para las tierras bajas y, por tanto, en la Edad Media aparece una explotación hidrológica que en el norte no se dará hasta tiempos mucho más recientes con el desarrollo hidroeléctrico



Figura 4. Vasijas recuperadas en canchales del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici correspondientes a la Edad del Bronce, hace unos 3800-3200 años.

Figure 4. Ceramic jars found in the Aigüestortes and Estany de Sant Maurici National Park, corresponding to the Bronze Age, about 3800-3200 years ago.

(CATALAN & VILALTA 1997). El sistema de acequias que se desarrolla en tiempos islámicos en Sierra Nevada condiciona toda la hidrología de la montaña (RUIZ-RUIZ & MARTIN CIVANTOS 2017). En altitud, las acequias de careo modifican los aportes al sistema subterráneo y, más abajo, un sistema muy extenso de canalizaciones redirige las surgencias a distintos puntos del valle. Parece ser que las acequias de careo ya existían en el siglo XI. Documentos del siglo XII hacen referencia a derechos de más de cien años (MARTIN CIVANTOS 2014). Aunque en el proyecto nos planteamos evaluar algunas de las implicaciones de esta extensa red, a lo largo del desarrollo del mismo, nos hemos dado cuenta de que la labor trasciende en mucho las posibilidades del mismo. La cuestión requiere, no uno, sino seguramente varios proyectos que aborden distintos aspectos. La complejidad de la influencia ecológica del sistema de acequias es tan elevada que requiere una aproximación específica.

La relación que hay en Sierra Nevada entre la organización socio-económica del valle y la montaña también aparece en el norte. En muchos lugares de los valles pirenaicos, la estructura en «casas» de los pueblos de los valles se corresponde también con una distribución de los pastos y terrenos de altitud (p. e., PNOMP) (CUESTA 1998). En Sierra Nevada, hay una integración entre la explotación agrícola y ganadera al menos desde la Edad Media. En parte, esto recuerda a las evidencias para los Pirineos de las primeras ocupaciones del neolítico. Puede que la incursión de la agricultura en altitud vaya ligada al clima de veranos cálidos. En Plaus de Boldís (Pirineos centrales), a 2250 m de altitud, un registro paleoecológico acredita cultivo de cereales en la Baja Edad Media; el cual perdura hasta hace casi un siglo (PÉREZ-OBOL *et al.*, 2012; CUNILL *et al.*, 2013). El registro de hongos coprófilos indica una ganadería coetánea en algunas fases, que probablemente también aportó fertilizante en algunos momentos (Figura 6).

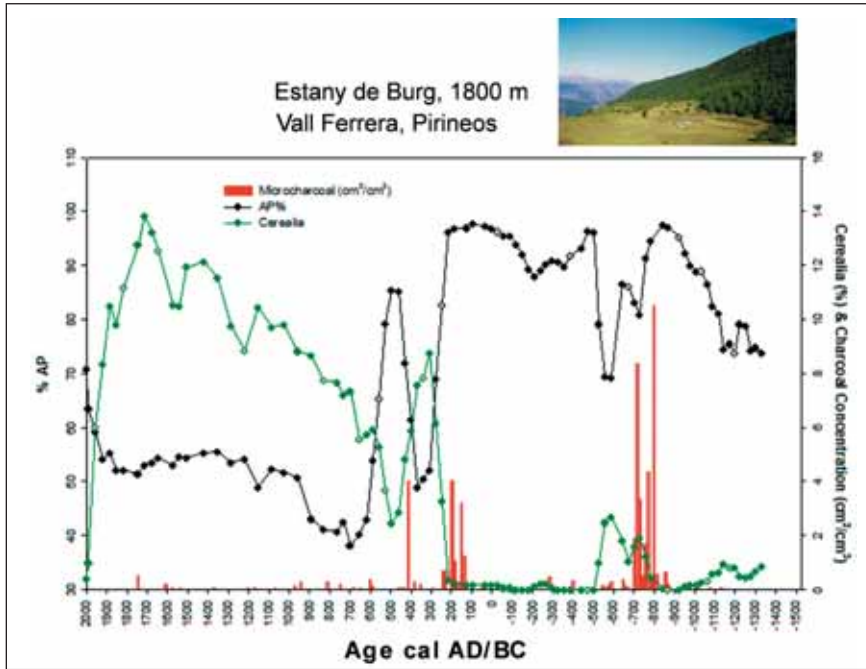


Figura 5. Diagrama indicando los cambios en porcentaje de polen arbóreo (AP) y de cereales y concentración de carbones en el paleolago de Burg, en la cercanía del PN de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Se aprecia como los grandes incendios preceden a caídas en el polen arbóreo y aumento de los cereales tanto al final de la Edad de Bronce como, de forma más drástica, a partir del periodo tar-do-romano. Los cultivos se mantienen hasta las últimas décadas.

Figure 5. Diagram indicating the changes in percentage of tree pollen (AP) and cereals and concentration of charcoals in the palaeolake of Burg, located nearby the Aigüestortes and Estany de Sant Maurici National Park. Note that large fires precede fall in arboreal pollen and increase in cereals both at the end of the Bronze Age and, more drastically, from the Late Roman period. Crops were maintained until the last decades.

La presión sobre algunas especies forestales de árboles puede haber comportado un sesgo importante en su distribución. Durante el desarrollo del proyecto hemos identificado dos casos interesantes, el abeto (*Abies alba*) y el pino silvestre (*Pinus sylvestris*). El abeto sólo aparece en vertientes de umbría en los Pirineos y, tradicionalmente, se ha considerado que no puede ocupar la solana. No obstante, datos recientes indican que esto no ha sido así a lo largo de los últimos milenios (CUNILL *et al.*, 2015; PÉLACHS *et al.*, 2017). Existen diversas evidencias de polen de turberas, restos de carbones en suelos de bosques y restos de hojas en lagos que indican una más que probable presencia de abetales en solana. Estos habrían sido substituidos por pastos, campos de cultivo o por otras especies forestales de crecimiento más rápido (p. e., para su uso en metalur-

gia). De este modo, los abetales habrían quedado postergados a las zonas umbrías, donde el balance coste-beneficio en términos económicos puede ser más favorable a mantenerlos.

Otro caso es el del pino silvestre en la cordillera cantábrica. Actualmente su presencia es muy escasa y muy alejada de lo que los modelos de idoneidad calculados en este proyecto indican como su área potencial (Figura 7). Registros polínicos de turberas indican tanto una caída abrupta de polen de pino hace unos 1000 años, como una disminución progresiva desde mucho antes (ca. 4000 años) (PEREZ-OBÍOL *et al.*, 2016; CARRACEDO *et al.*, 2018). En cambio, el registro palinológico del lago Enol en el PNPE constata que el bosque atlántico de avellano y roble domina hasta hace, al menos,

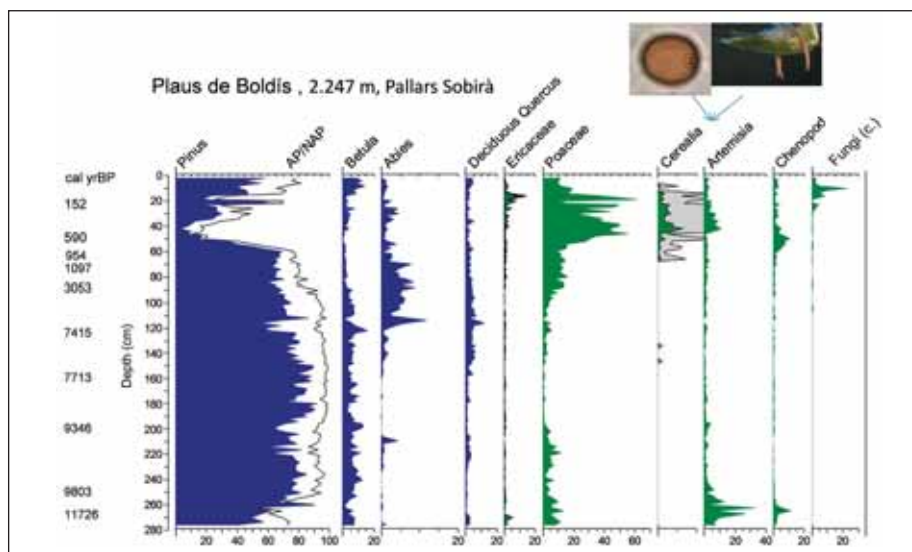


Figure 6. Diagrama polínico de una turbera en los Pirineos leridanos donde se constata cultivos a 2250 m de altitud desde la Edad Media hasta hace poco más de un siglo. Los macrorestos confirman la señal de polen. Los cultivos coexistieron con un uso ganadero indicado por hongos coprófilos (Fungi (c.)).

Figure 6. Pollen diagram of a peat bog in the Pyrenees showing that crops were present at 2250 m a.s.l. from the Middle Ages until near a century ago. The macrorests confirm the pollen signal. The crops coexisted with a livestock use indicated by coprophilous fungi (Fungi (c.)).

2300 años, que termina la secuencia (MORENO *et al.*, 2011), y los valores de pino nunca superaron el 20%. Esto concuerda con la distribución de idoneidad actual, que excluye el PNPE de la zona de idoneidad (Fig. 7). En cualquier caso, el decrecimiento observado en algunos registros y su amplia ausencia actual no parece responder a un problema de idoneidad con el clima y, por tanto, sería interesante investigar hasta qué punto su poca presencia depende de una competencia entre especies (caducifolios frente a coníferas) o una a presión antrópica. Agentes causales que, por otro lado, no son excluyentes. Además, hay que tener en cuenta que el polen de pino viaja a largas distancias y los registros, según su situación, pueden estar mostrando una influencia variable de zonas más interiores de la Península.

La deforestación en la alta montaña durante la prehistoria se asocia a la ganadería y, marginalmente, a la agricultura. En periodos más recientes, se añade la metalurgia como un agente muy importante. El progreso tecnológico en esta actividad conlleva una

demanda de un carbón más reducido y aparecen las carboneras. Esta actividad deja abundantes restos que, con un muestreo extensivo, puede poner de manifiesto la magnitud del impacto. Un ejemplo lo encontramos en el bosque de Virós en el Pirineo leridano (PÈLACHS *et al.*, 2009; AUGÉ *et al.*, 2012; GASSIOT 2016; GASSIOT BALLBÉ & PÈLACHS MAÑOSA 2017). La densidad de carboneras catalogadas en él es elevadísima y se extiende por todo el bosque actual. Restos de escoria y paredes de horno indican una actividad metalúrgica *in situ* durante época tardorromana, entre los siglos II y VI.

Todos los indicadores muestran que durante la Edad Media la presión sobre los ecosistemas de alta montaña fue más intensa que en ningún otro momento histórico, incluido el actual. No cabe descartar que lo que ocurrió entonces tenga todavía un reflejo en la distribución de las especies y dinámica de los ecosistemas en la actualidad. Futuros estudios pueden abordar este supuesto desde múltiples aspectos ecológicos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Organismo Autónomo Parques Nacionales, la financiación del proyecto 998/2013 y las facilidades que en éste y otros estudios ante-

riores –base para el mismo– han brindado los gestores de Parque Nacional de Sierra Nevada, Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de San Maurici, Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y Parque Nacional de Picos de Europa.

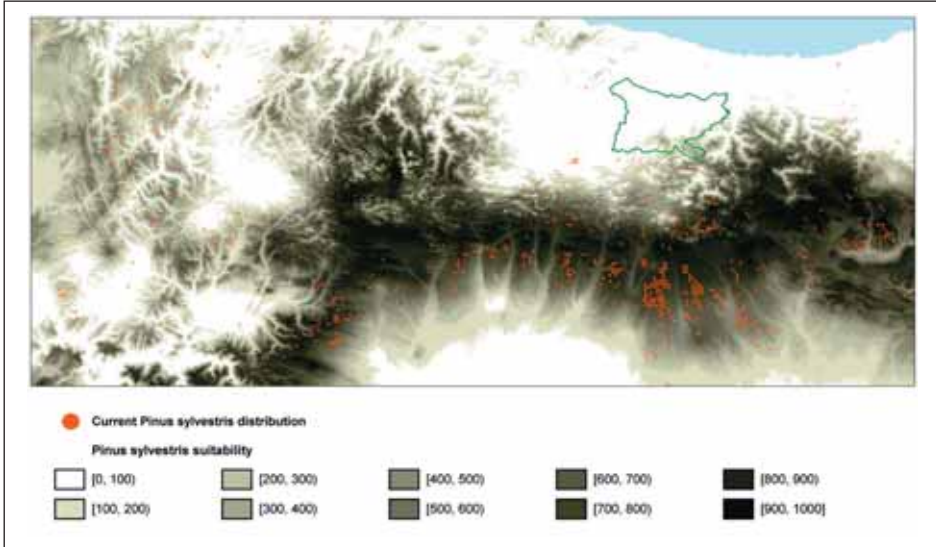


Figura 7. La distribución potencial de *Pinus sylvestris* en la zona cantábrica contrasta con su distribución real.

Figure 7. The potential distribution of *Pinus sylvestris* in the Cantabrian zone contrasts with its actual distribution.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, R.S.; JIMENEZ-MORENO, G.; CARRION, J.S.; PEREZ-MARTINEZ, C. 2011. Postglacial history of alpine vegetation, fire, and climate from Laguna de Rio Seco, Sierra Nevada, southern Spain. *Quaternary Science Reviews* 30: 1615-1629.
- ANTOLÍN, F.; NAVARRETE, V.; SAÑA, M.; VIÑERTA, Á.; GASSIOT, E. 2018. Herders in the mountains and farmers in the plains? A comparative evaluation of the archaeobiological record from Neolithic sites in the eastern Iberian Pyrenees and the southern lower lands. *Quaternary International* 484: 75-93.
- AUGÉ, O.; GASSIOT, E.; PÈLACHS, A. 2012. La producció de ferro a la protohistòria i època romana al Pallars Sobirà. L'exemple del Bosc de Virós a la Vall Ferrera. En: VVAA (ed.), *Actes de les Primeres Jornades de Recerca i Desenvolupament de la Vall Ferrera*. Grasineu Edicions, Tremp, pp. 9-40.
- AUSTIN, M.P.; NICHOLLS, A.O.; MARGULES, C.R. 1990. Measurement of the realized qualitative niche: Environmental niches of five *Eucalyptus* species. *Ecological Monographs* 60: 161-177.
- BAL, M.-C.; PÈLACHS, A.; PÉREZ-OBÍOL, R.; JULIÀ, R.; CUNILL, R. 2011. Fire history and human activities during the last 3300 cal yr BP in Spain's Central Pyrenees: The case of the Estany de Burg. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 300: 179-190.

- BATALLA, M.; NINYEROLA, M.; CATALAN, J. 2018. Digital long-term topoclimate surfaces of the Pyrenees mountain range for the period 1950-2012. *Geoscience Data Journal* 5: 50-62.
- CARRACEDO, V.; CUNILL, R.; GARCÍA-CODRON, J.C.; PÈLACHS, A.; PÉREZ-OBIOL, R.; SORIANO, J.M. 2018. History of fires and vegetation since the Neolithic in the Cantabrian Mountains (Spain). *Land Degradation & Development* 29: 20602072.
- CATALAN, J.; PÈLACHS, A.; GASSIOT, E.; ANTOLÍN, F.; BALLESTEROS, A.; BATALLA, M.; BURJACHS, F.; BUCHACA, T.; CAMARERO, L.; CLEMENTE, I.; CLOP, X.; GARCÍA, D.; GIRALT, S.; JORDANA-LLUCH, L.; MADELLA, M.; MAZZUCO, N.; MUR, E.; NINYEROLA, M.; OBEA, L.; OLTRA, J.; PÉREZ-OBIOL, R.; PIQUÉ, R.; PLA-RABÉS, S.; RIVERA RONDÓN, C.; RODRÍGUEZ, J.M.; RODRÍGUEZ, D.; SÁEZ, A.; SORIANO, J.M. 2013. Interacción entre clima y ocupación humana en la configuración del paisaje vegetal del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici a lo largo de los últimos 15.000 años. En: Ramírez, L.; Asensio, B. (eds.) *Proyectos de investigación en Parques Nacionales: 2009-2012 - Naturaleza y Parques Nacionales*. pp. 71-92. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- CATALAN, J.; PLA-RABÉS, S.; GARCÍA, J.; CAMARERO, L. 2014. Air temperature-driven CO₂ consumption by rock weathering at short timescales: Evidence from a Holocene lake sediment record. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 136: 67-79.
- CATALAN, J.; VILALTA, R. 1997. L'obra hidràulica en els Pirineus. Avaluació, correcció i prevenció de l'impacte ambiental. El Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Fundació LaCaixa. Barcelona.
- CLEMENTE-CONTE, I.; GASSIOT-BALLVÈ, E.; REY LANASPA, J.; ANTOLÍN TUTUSAUS, F.; OBEA GÓMEZ, L.; VIÑERTA CRESPO, A.; SAÑA SEGUÍ, M. 2016. Cueva de Coro Trasito (Tella-Sin, Huesca): un asentamiento pastoril en el Pirineo Central con ocupaciones del Neolítico Antiguo y del Bronce Medio. En: Lorenzo Izalde, J. I.; Rodanés Vicente, J. M. (eds.), *I Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés*. Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de Aragón, pp. 74-83.
- CLEMENTE CONTE, I.; GASSIOT BALLBÉ, E.; REY LANASPA, J. (eds.) 2014. *Sobrarbe antes de Sobrarbe*. Pinceladas de historia de los Pirineos. Centro de Estudios de Sobrarbe. Boltaña. 206 pp.
- CORELLA, J.P.; VALERO-GARCÉS, B.L.; WANG, F.; MARTÍNEZ-CORTIZAS, A.; CUEVAS, C.A.; SAIZ-LOPEZ, A. 2017. 700 years reconstruction of mercury and lead atmospheric deposition in the Pyrenees (NE Spain). *Atmospheric Environment* 155: 97-107.
- CUESTA, J.M. 1998. La organización socio-económica campesina del Pirineo. *Temas de Antropología Aragonesa* 8: 213-216.
- CUNILL, R.; MÉTAILIÉ, J.-P.; GALOP, D.; POUBLANC, S.; DE MUNNIK, N. 2015. Palaeoecological study of Pyrenean lowland fir forests: Exploring mid-late Holocene history of *Abies alba* in Montbrun (Ariège, France). *Quaternary International* 366: 3750.
- CUNILL, R.; SORIANO, J.M.; BAL, M.C.; PÈLACHS, A.; RODRIGUEZ, J.M.; PÉREZ-OBIOL, R. 2013. Holocene high-altitude vegetation dynamics in the Pyrenees: A pedoanthracology contribution to an interdisciplinary approach. *Quaternary International* 289: 60-70.
- DÍAZ BONILLA, S.; CLEMENTE-CONTE, I.; GASSIOT BALLBÉ, E.; GARCÍA CASAS, D.; RODRÍGUEZ ANTÓN, D.; OBEA GÓMEZ, L.; QUESADA CARRASCO, M.; REY LANASPA, J. 2016. Arqueología y patrimonio en la alta montaña. Resultado de las prospecciones en el valle de Góriz (Fanlo, Huesca). En: Lorenzo Izalde, J. I.; Rodanés Vicente, J. M. (eds.), *I Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés*. (24 y 25 noviembre 2015). Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de Aragón, pp. 643-650.

- EJARQUE, A.; MIRAS, Y.; RIERA, S.; PALET, J.M.; 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 Archaeological Science* 37: 1468-1479.
- FERNÁNDEZ MIER, M.; APARICIO MARTÍNEZ, P.; GONZÁLEZ ÁLVAREZ, D.; FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, J.; ALONSO GONZÁLEZ, P. 2013. La formación de los paisajes agrarios del Noroeste peninsular durante la Edad media (siglos V al XII). *Debates de Arqueología Medieval* 3: 359-374.
- GALOP, D. 2006. La conquête de la montagne pyrénéenne au Néolithique. Chronologie, rythmes et transformations des paysages à partir des données polliniques. En: Guilaine, J. (ed.) *Populations néolithiques et environnement*. pp. 279-295. Errance. Paris.
- GARCÉS-PASTOR, S.; CAÑELLAS-BOLTÀ, N.; PÈLACHS, A.; SORIANO, J.M.; PÉREZ-OBÍOL, R.; PÉREZ-HAASE, A.; CALERO, M.A.; ANDREU, O.; ESCOLÀ, N.; VEGAS-VILARRUBIA, T. 2017. Environmental history and vegetation dynamics in response to climate variations and human pressure during the Holocene in Bassa Nera, Central Pyrenees. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 479: 48-60.
- GARCÍA-RUIZ, J.M.; LÓPEZ-MORENO, J.I.; LASANTA MARTÍNEZ, T.; VICENTE SERRANO, S.M.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; VALERO-GARCÉS, B.L.; SANJUÁN, Y.; BEGUERÍA, S.; NADAL-ROMERO, E.; LANA-RENAULT, N.; GÓMEZ-VILLAR, A. 2015. Los efectos geocológicos del cambio global en el Pirineo Central español: una revisión a distintas escalas espaciales y temporales. *Pirineos* 170: e012.
- GARCÍA RUIZ, J.M.; LASANTA, T. 2018. El Pirineo Aragonés como paisaje cultural. *Pirineos* 173: e038.
- GASSIOT BALLBÈ, E. (ed.) 2017. *Arqueología del pastoralismo en el Parque Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Montañas humanizadas*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid. 256 pp.
- GASSIOT BALLBÈ, E.; GARCIA CASAS, D.; CLEMENTE CONTE, I.; OBEA GOMEZ, L.; MAZZUCCO, N.; RODRÍGUEZ ANTON, D. 2016. Surface surveying in high mountain areas, is it possible? Some methodological considerations. *Quaternary International* 402: 35-45.
- GASSIOT BALLBÈ, E.; MAZZUCCO, N.; CLEMENTE CONTE, I.; RODRÍGUEZ ANTÓN, D.; OBEA GÓMEZ, L.; QUESADA CARRASCO, M.; DÍAZ BONILLA, S. 2017. The beginning of high mountain occupations in the Pyrenees. Human settlements and mobility from 18,000 cal BC to 2000 cal BC. En: Catalan, J.; Ninot, J. M.; Aniz, M. M. (eds.) *Challenges for high mountain conservation in a changing world*. pp. 75-106. Springer Cham, Switzerland.
- GASSIOT BALLBÈ, E.; PÈLACHS MAÑOSA, A. 2017. La ocupación ganadera de los Pirineos occidentales de Catalunya en época romana e inicios de la Edad Media. *Treballs d'Arqueologia* 21: 287-306.
- GASSIOT BALLBÈ, E.; REY LANASPA, J.; CLEMENTE CONTE, I.; OBEA GÓMEZ, L.; DÍAZ BONILLA, S.; QUESADA CARRASCO, M.; GARCÍA DÍAZ, V.; GARCIA CASAS, D.; RODRÍGUEZ ANTÓN, D. 2018. Estructuras de almacenaje prehistóricas en la cueva redil de Coro Trasito (Tella-Sin, Huesca). En: Lorenzo Izalde, J. I.; Rodanés Vicente, J. M. (eds.), *II Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés*. (9 y 10 noviembre 2017). Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de Aragón, pp. 41-48.
- GASSIOT BALLBÈ, E.; RODRIGUEZ ANTON, D.; PÈLACHS MAÑOSA, A.; PÉREZ OBÍOL, R.; JULIÀ BRUGUÉS, R.; BAL-SERIN, M.-C.; MAZZUCO, N. 2014. La alta montaña durante la Prehistoria: 10 años de investigación en el Pirineo catalán occidental. *Trabajos de Prehistoria* 71: 261-281.
- GASSIOT, E. 2016. No todo fueron rebaños: la producción de hierro en Época Romana. En: Gassiot, E. (ed.) *Arqueología del pastoralismo en el Parque Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Montañas humanizadas*. pp. 175-188. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.

- GASSIOT, E.; MAZZUCCO, N.; OBEA, L.; TARIFA, T.; ANTOLÍN, F.; CLOP, X.; NAVARRETE, V.; SAÑA, M. 2016. La Cova del Sardo de Boí i l'exploració de l'alta muntanya als Pirineus occidentals en època neolítica. *Tribuna d'Arqueologia* 20122013: 199-218.
- GASSIOT, E.; RODRÍGUEZ-ANTÓN, D.; BURJACHS, F.; ANTOLÍN, F.; BALLESTEROS, A. 2012. Poblamiento, explotación y entorno natural de los estadios alpinos y subalpinos del Pirineo central durante la primera mitad del Holoceno. *Cuaternario Y Geomorfología* 26: 9-45.
- GONZALEZ-SAMPERIZ, P.; ARANBARRI, J.; PEREZ-SANZ, A.; GIL-ROMERA, G.; MORENO, A.; LEUNDA, M.; SEVILLA-CALLEJO, M.; CORELLA, J.P.; MORELLON, M.; OLIVA, B.; VALERO-GARCÉS, B. 2017. Environmental and climate change in the southern Central Pyrenees since the Last Glacial Maximum: A view from the lake records. *Catena* 149: 668-688.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; MONTES, L.; ARAMBARRI, J.; LEUNDA, M.; DOMINGO, R.; LABORDA, R.; SANJUÁN, Y.; GIL-ROMERA, G.; T & GARCÍA-RUÍZ, J.M. 2019. Escenarios, tempo e indicadores paleoambientales para la identificación del Antropoceno en el paisaje vegetal del Pirineo Central (NE Iberia). *Cuadernos De Investigacion Geografica* 10.18172/cig.3691.
- GUIOT, J.; HELY-ALLEAUME, C.; WU, H.; GAUCHEREL, C. 2008. Interactions between vegetation and climate variability: what are the lessons of models and paleovegetation data. *Comptes Rendus Geoscience* 340: 595-601.
- 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.
- LABORDA, R.; GISBERT, M.; LANAU, P.; VILLALBA-MOUCO, V.; ETXEBARRÍA, M. 2015. Primeras ocupaciones prehistóricas en Ordesa: Prospecciones y sondeos en el barranco de La Pardina (Fanlo, Huesca). En: de la Riva, J., Ibarra, P., Montorio, R., Rodrigues, M. (eds.) *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación*. pp. 1043-1052. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- LABORDA, R.; VILLALBA-MOUCO, V.; LANAU, P.; GISBERT, M.; SEBASTIÁN, M.; DOMINGO, R.; MONTES, L. 2017. El Puerto Bajo de Góriz (Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido). Ocupación y explotación de un paisaje de alta montaña desde la prehistoria hasta el siglo XX. *Bolskan* 26: 9-30.
- LEUNDA, M.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; GIL-ROMERA, G.; ARANBARRI, J.; MORENO, A.; OLIVA-URCIA, B.; SEVILLA-CALLEJO, M.; VALERO-GARCÉS, B. 2017. The Late-Glacial and Holocene Marboré Lake sequence (2612m a.s.l., Central Pyrenees, Spain): Testing high altitude sites sensitivity to millennial scale vegetation and climate variability. *Global and Planetary Change* 157: 214-231.
- MARTIN CIVANTOS, J.M. 2011. Working in landscape archaeology: The social and territorial significance of the agricultural revolution in al-Andalus. *Early Medieval Europe* 19: 385-410.
- MARTIN CIVANTOS, J.M. 2014. Mountainous landscape domestication. Management of non-cultivated productive areas in Sierra Nevada (Granada-Almeria, Spain). *European Journal of Post-Classical Archaeologies* 4: 99-103.
- MONTSERRAT-MARTÍ, J.M. 1992. Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: Estudio palinológico. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. 147.
- MORENO, A.; LOPEZ-MERINO, L.; LEIRA, M.; MARCO-BARBA, J.; GONZALEZ-SAMPERIZ, P.; VALERO-GARCÉS, B.L.; LOPEZ-SAEZ, J.A.; SANTOS, L.; MATA, P.; ITO, E. 2011. Revealing the last 13,500 years of environmental history from the multiproxy record of a mountain lake (Lago Enol, northern Iberian Peninsula). *Journal of Paleolimnology* 46: 327-349.

- NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J.M. 2000. A methodological approach of climatological modeling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology* 20: 1823-1841.
- NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J.M. 2007a. Monthly precipitation mapping of the Iberian Peninsula using spatial interpolation tools implemented in a Geographic Information System. *Theoretical and Applied Climatology* 89: 195-209.
- NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J.M. 2007b. Objective air temperature mapping for the Iberian Peninsula using spatial interpolation and GIS. *International Journal of Climatology* 27: 1231-1242.
- OLIVA-URCIA, B.; MORENO, A.; LEUNDA, M.; VALERO-GARCÉS, B.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; GIL-ROMERA, G.; MATA, M.P. 2018. Last deglaciation and Holocene environmental change at high altitude in the Pyrenees: the geochemical and paleomagnetic record from Marboré Lake (N Spain). *Journal of Paleolimnology* 59: 349-371.
- PEARSON, R.G.; THUILLER, W.; ARAÚJO, M.B.; MARTINEZ-MEYER, E.; BROTONS, L.; MCCLEAN, C.; MILES, L.; SEGURADO, P.; DAWSON, T.P.; LEES, D.C. 2006. Model-based uncertainty in species range prediction. *Journal of Biogeography* 33: 1704-1711.
- PÈLACHS, A.; NADAL, J.; SORIANO, J.M.; MOLINA, D.; CUNILL, R. 2009. Changes in Pyrenean woodlands as a result of the intensity of human exploitation: 2,000 years of metallurgy in Vallferrera, northeast Iberian Peninsula. *Vegetation History and Archeobotany* 18: 403-416.
- PÈLACHS, A.; PÉREZ-OBÍOL, R.; SORIANO, J.M.; CUNILL, R.; BAL, M.-C.; GARCÍA-CODRON, J.C. 2017. The role of environmental geohistory in high mountain landscape conservation. En: Catalan, J., Ninot, J. M.; Aniz, M. M. (eds.) *Challenges for high mountain conservation in a changing world*. pp. 107-130. Springer Cham, Switzerland.
- PÈLACHS, A.; SORIANO, J.M.; NADAL, J.; ESTEBAN, A. 2007. Holocene environmental history and human impact in the Pyrenees. *Contributions to science* 3: 421-429.
- PENG, C.; GUIOT, J.; WU, H.; JIANG, H.; LUO, Y. 2011. Integrating models with data in ecology and palaeoecology: advances towards a model-data fusion approach. *Ecology Letters* 14: 522-536.
- PÉREZ-OBÍOL, R.; BAL, M.-C.; PÈLACHS, A.; CUNILL, R.; MANUEL SORIANO, J. 2012. Vegetation dynamics and anthropogenically forced changes in the Estanilles peat bog (southern Pyrenees) during the last seven millennia. *Vegetation History and Archaeobotany* 21: 385-396.
- PEREZ-OBÍOL, R.; GARCIA-CODRON, J.C.; PELACHS, A.; PEREZ-HAASE, A.; SORIANO, J.M. 2016. Landscape dynamics and fire activity since 6740 cal yr BP in the Cantabrian region (La Molina peat bog, Puente Viesgo, Spain). *Quaternary Science Reviews* 135: 65-78.
- PÉREZ-SANZ, A.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; MORENO, A.; VALERO-GARCÉS, B.; GIL-ROMERA, G.; RIERADEVALL, M.; TARRATS, P.; LASHERAS-ÁLVAREZ, L.; MORELLÓN, M.; BELMONTE, A.; SANCHO, C.; SEVILLA-CALLEJO, M.; NAVAS, A. 2013. Holocene climate variability, vegetation dynamics and fire regimen in the Central Pyrenees: the Basa de la Mora sequence (NE Spain). *Quaternary Science Reviews* 73:149-169
- PLA-RABES, S.; CATALAN, J. 2011. Deciphering chrysophyte responses to climate seasonality. *Journal of Paleolimnology* 46: 139-150.
- POSKA, A.; PIDEK, I.A. 2010. Pollen dispersal and deposition characteristics of *Abies alba*, *Fagus sylvatica* and *Pinus sylvestris*, Roztocze region (SE Poland). *Vegetation History and Archaeobotany* 19: 91-101.
- REILLE, M.; LOWE, J.J. 1993. A re-evaluation of the vegetation history of the Eastern Pyrenees (France) from the end of the last glacial to the present. *Quaternary Science Reviews* 12: 47-77.

- RUIZ-RUIZ, J.F.; MARTIN CIVANTOS, J.M. 2017. La gestión comunitaria del agua en la cara norte de Sierra Nevada: Acción colectiva y saberes etnoecológicos en los sistemas de riego de origen andalusí. *E-Rph-Revista Electronica De Patrimonio Historico*: 76-104.
- TARRATS, P.; HEIRI, O.; VALERO-GARCÉS, B.; CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; PRAT, N.; RIERADE-VALL, M.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P. 2018. Chironomid-inferred Holocene temperature reconstruction in Basa de la Mora Lake (Central Pyrenees). *The Holocene* 28: 1685-1696.
- THUILLER, W.; LAFOURCADE, B.; ENGLER, R.; ARAÚJO, M.B. 2009. BIOMOD - A platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography* 32: 369-373.