



Vulnerabilidad y resiliencia de los pinares de alta montaña de la Sierra de Gredos (Ávila, Sistema Central): dos mil años de dinámica socioecológica

Vulnerability and resilience of high-mountain pine forests of the Gredos range (Ávila, Spanish Central System): two thousand years of socio-ecological dynamics

Robles-López, S.^(1,2); Luermo-Lautenschlaeger, R.^(1,2); Pérez-Díaz, S.⁽¹⁾; Abel-Schaad, D.^(1,3); Alba-Sánchez, F.⁽³⁾; Ruiz-Alonso, M.⁽¹⁾; López-Sáez, J.A.⁽¹⁾

⁽¹⁾ Grupo de Investigación Arqueobiología. Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. C/ Albasanz, 26-28. 28037, Madrid, España. sandra.robles@cchs.csic.es

⁽²⁾ Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049 Madrid, España.

⁽³⁾ Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071 Granada, España.

Resumen

En este trabajo se presenta el análisis palinológico de la turbera de Pozo de la Nieve, localizada en el Parque Natural del Valle de Iruelas (Ávila), un área de alto valor sociocultural dentro de la Sierra de Gredos (Sistema Central). Con el objetivo de relacionar los cambios en el paisaje con la explotación de los recursos naturales y eventos climáticos, en primer lugar se han realizado 7 dataciones radiocarbónicas que sitúan el inicio del registro sedimentario *ca.* 240 cal BC. Los datos polínicos indican la existencia de un denso pinar altimontano dominado por *Pinus sylvestris/nigra* desde la Segunda Edad de Hierro hasta el periodo islámico. A partir del periodo cristiano las actividades antrópicas se intensifican, especialmente la ganadería en la Edad Contemporánea, lo cual conlleva la progresiva desaparición del pinar de alta montaña y el desarrollo de pastizales mediante el manejo del fuego, situación que culmina con el desarrollo del paisaje actual dominado por pinares pirófilos.

Palabras clave: Paleambiente; Impacto antrópico; Historia de la vegetación; Holoceno reciente; Península ibérica.

Abstract

We present the palynological study of Pozo de la Nieve peat bog, located in a very valuable socio-cultural placement within the Iruelas Valley Natural Park (Gredos range, Iberian Central System). We have focused in relating landscape changes to natural resources management and climatic events. Firstly, we carried out



seven radiocarbon dates suggesting the origin of this record *ca.* 240 cal BC. The palynological data show the existence of dense high-mountain pine woodlands dominated by *Pinus sylvestris/nigra* from the Late Iron Age to the Muslim period. Later, from the Christian period, anthropogenic activities have intensified, especially livestock grazing in the Contemporary Age. Its consequences are the progressive disappearance of high-mountain pine forests and the extension of grasslands by means of fire, which has shaped current landscape dominated by broom communities.

Keywords: Palaeoenvironment; Human impact; Vegetation history; Late Holocene; Iberian peninsula.

1. Introducción

Los ecosistemas de alta montaña son áreas especialmente vulnerables a las actividades humanas, siendo éstas consideradas el principal agente causal de la transformación del paisaje durante los últimos milenios del Holoceno en el Mediterráneo suroccidental (Carrión *et al.*, 2010; Gavilán *et al.*, 2013). El uso del territorio y la antropización de estos espacios han provocado profundas modificaciones en la estructura y composición de las comunidades vegetales, condicionadas, además, por la variabilidad climática (Carrión *et al.*, 2001a, 2001b, 2007; López-Sáez *et al.*, 2014, 2017a). Evidencias de estos hechos se manifiestan, en la zona central de la Península Ibérica, tanto en el registro arqueológico como en el paleoambiental, cuyo estudio integrado supone la mejor forma de entender dichos cambios en los ecosistemas a escala regional (Blanco-González *et al.*, 2009, 2015; López-Sáez *et al.*, 2014; Rubiales y Génova, 2015).

Los usos económicos de los espacios de montaña, principalmente la agricultura y ganadería, han modelado el paisaje mediante el aprovechamiento de los recursos forestales, favoreciendo la expansión de espacios abiertos para la obtención de pastos (Carrión *et al.*, 2001b, 2007; Valladares *et al.*, 2004; López-Sáez *et al.*, 2009; Pausas y Keeley, 2009; Valbuena-Carabaña *et al.*, 2010; Colombaroli *et al.*, 2013). Estos hechos han repercutido en la heterogeneidad del mosaico paisajístico, provocando una mayor uniformidad, la pérdida de hábitats y cambios en las características ecológicas de los ecosistemas de alta montaña (Costa-Tenorio *et al.*, 1990; Franco-Múgica, 2009). En ocasiones,

las comunidades vegetales de montaña se han visto afectadas por el impacto humano y los cambios climáticos, lo cual a menudo se refleja en un declive diacrónico en la representación de las especies forestales dominantes, que en el caso de la Sierra de Gredos son básicamente *Pinus sylvestris*, *P. pinaster* y *Quercus pyrenaica* (López Sáez *et al.*, 2014). Frente a un impacto o perturbación, sea de origen antrópico o climático, los ecosistemas forestales de alta montaña pueden responder de dos maneras: bien mostrarse resilientes recuperando una situación de equilibrio tras la perturbación; o colapsar cuando pierden las características ecosistémicas propias (Tinner y Ammann, 2005). En base a ello, debe entenderse que la intensidad de la antropización y la tipología del impacto humano en los extremadamente sensibles ambientes de alta montaña, igualmente frágiles frente a la variabilidad climática, son factores de extrema importancia en la comprensión de su dinámica socioecológica, la cual se ha visto supeditada en múltiples ocasiones a las medidas de gestión del patrimonio natural, entre las que se incluyen el uso del fuego y su regulación (Bauer, 1980; Conedera *et al.*, 2009; Montiel y Galiana, 2016).

La Sierra de Gredos constituye, a nivel peninsular, una de las áreas de alta montaña más interesantes a la hora de estudiar la expresión de diferentes patrones de uso y gestión de los recursos naturales, debido a: (i) su heterogeneidad ecológica (Sánchez-Mata, 2016), (ii) la inaccesibilidad de algunos de sus enclaves, y, (iii) su dinámica de poblamiento desde la Prehistoria (López-Sáez *et al.*, 2014). Estas montañas se caracterizan por su enorme diversidad de ambientes y microhábitats que

fomentan, a su vez, su ingente capital natural, lo cual ha propiciado su protección con la categoría de 'Parque Regional de la Sierra de Gredos'. El área de mayor interés conservacionista se extiende en ambientes de alta montaña por encima de 1200 m, donde se encuentran hábitats y tipos de vegetación emblemáticos de este territorio, entre los que destacan los pinares altimontanos de pino albar (*Pinus sylvestris* var. *iberica*) y pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*), cuyo área de distribución actual, relictica y fragmentada, únicamente puede entenderse a partir de la dinámica socioecológica sufrida por estos bosques desde hace milenios (López-Sáez *et al.*, 2013, 2016b).

Además de sus ineludibles valores naturales, la montaña gredense alberga una gran importancia sociocultural, ya que sus comunidades vegetales y las sociedades humanas han interactuado en este territorio con mucha intensidad desde la Prehistoria. Desde un punto de vista económico, la ganadería y la explotación de recursos forestales han sido siempre las actividades más importantes de Gredos, predominando en zonas fértiles de valles los usos agrícolas y el desarrollo de los asentamientos (Mariné, 1995). El modelo de ganadería preeminente tiende hacia la trasterminancia, el movimiento de los ganados de acuerdo a la disponibilidad de los pastos en invierno y en verano, siendo esta práctica habitual en el Mediterráneo y un agente básico en la construcción de su paisaje cultural (Ruiz y Ruiz, 1986; Blanco-González *et al.*, 2015; López-Sáez *et al.*, 2016c).

En este contexto, la turbera de Pozo de la Nieve supone un enclave de gran interés por su localización en una zona de elevado valor socioecológico y natural. Se ubica en el extremo meridional de la Reserva Natural del Valle de Iruelas, en la zona más oriental de la Sierra de Gredos, en una región con múltiples usos ganaderos y forestales, entre los que destacan la extracción de resina, pez, madera y carbón vegetal (Martín Lucas, 2013, 2015). Su proximidad al paso de montaña del Puerto de Casillas, y al nevero que le da nombre, ofrece la posibilidad

de analizar con gran detalle la relación de procesos ecológicos naturales con eventos históricos, entre ellos los que conciernen al impacto de los movimientos ganaderos y la economía y gestión de los recursos naturales. El estudio paleoambiental, a alta resolución, de esta turbera, completa el registro paleoambiental de la alta montaña de la Sierra de Gredos, especialmente de su macizo oriental donde la información sobre microrregiones aisladas, alejadas de los asentamientos arqueológicos, es todavía escasa y representa un vasto campo de estudio aún incompleto.

2. Área de estudio

El área de estudio se encuentra localizada en el sector centro-occidental del Sistema Central, en la Sierra de Gredos, y dentro de la misma en el Valle de Iruelas. El conjunto gredense está compuesto por tres macizos de elevaciones graníticas separados por profundos valles, los cuales han sido utilizados como corredores naturales tanto por las especies vegetales y animales como por las sociedades humanas (Blanco-González *et al.*, 2015).

El Valle de Iruelas presenta una orientación norte-sur, lo que ha condicionado su climatología y la evolución de la vegetación. En El Tiemblo, la localidad más próxima a la zona de estudio, el clima es de tipo mediterráneo templado, con veranos secos y calurosos e intensas precipitaciones en otoño e invierno. Al ser una región montañosa, el régimen de precipitaciones en el Valle de Iruelas oscila entre 500 y 1000 mm y su temperatura media entre 6 y 9° durante el invierno y 22-26° en verano (Ninyerola *et al.*, 2005). En cuanto a la vegetación se refiere, sus laderas supramediterráneas están caracterizadas por un mosaico de rodales de *Quercus pyrenaica* y bosques densos de *Pinus pinaster* con ejemplares aislados de *Pinus nigra*, y a cotas entre 1000 y 1300 m en laderas orientadas al sureste por bosquetes de *Castanea sativa* (López-Sáez *et al.*, 2017b). A altitudes superiores a 1600 m la principal formación vegetal está constituida por matorrales arbustivos de *Cytisus oro-*

mediterraneus y *Echinopartum barnadesii*. En algunas localidades se encuentran rodales de *Pinus sylvestris* en el límite entre los pisos supramediterráneo y oromediterráneo, así como pastizales terofíticos oromediterráneos en los clareados del matorral o bosque. Formando parte de la vegetación es posible encontrar también especies relictas como el tejo (*Taxus baccata*) o el acebo (*Ilex aquifolium*), entre otros (Rivas Martínez *et al.*, 1987; Molina Moreno, 1992). La combinación de las características citadas fomenta el alto valor natural del Valle de Iruelas y su importancia para la sociedad, razón por la cual se ha promovido una gestión que preserve su riqueza. Actualmente, esta zona está declarada como Reserva Natural, Zona Especial de Protección

de Aves (ZEPA), y se incluye también en la Red Natura 2000 debido a su alto valor geológico, botánico, faunístico y cultural.

La turbera Pozo de la Nieve (40°21'11.66"N, 4°33'5.67"W) está enclavada en el Valle de Iruelas en una zona de difícil acceso a una altitud de 1600 m, dentro de los municipios de El Barranco, Navaluenga, Juan de la Nava y El Tiemblo, en el piso bioclimático oromediterráneo de la provincia de Ávila (Figura 1). La actual vegetación de la turbera está constituida por comunidades acidófilas oligotróficas, formadas por *Carex nigra*, *C. echinata*, *Parnassia palustris*, *Calluna vulgaris* y *Erica tetralix* (Escudero *et al.*, 2008; Sánchez-Mata, 2016).

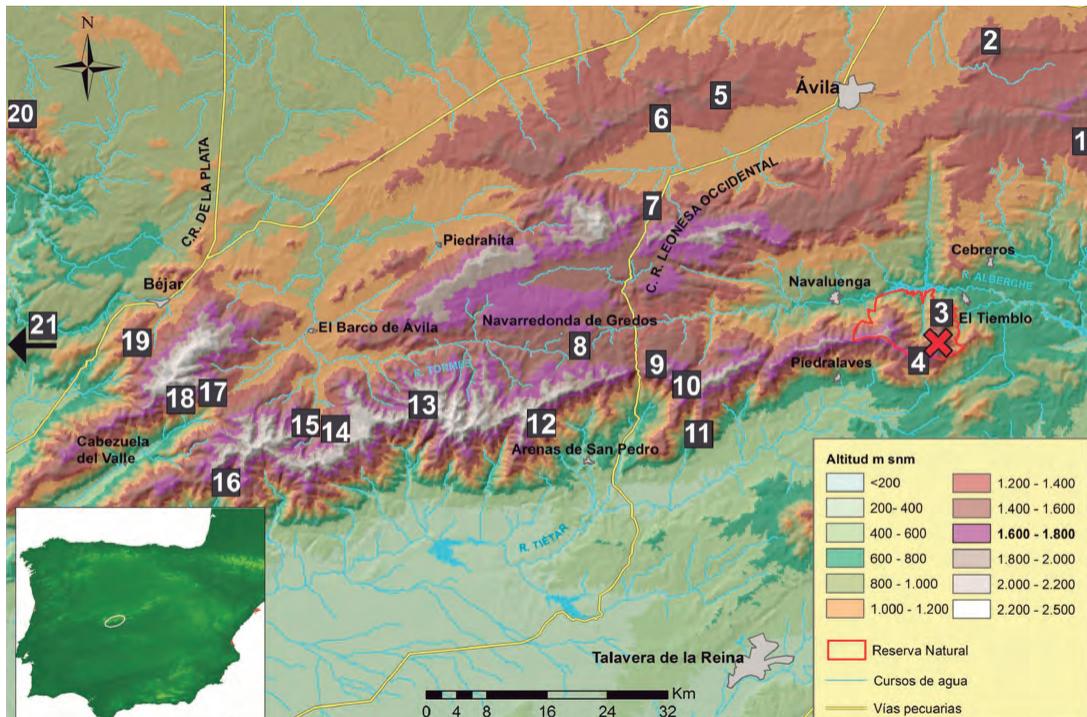


Figura 1. Mapa de la Sierra de Gredos con la localización geográfica de los registros polínicos citados en el texto. Pozo de la Nieve (cruz roja). 1: Arroyo de la Hoz, 2: Ojos Albos, 3: El Tiemblo, 4: Labradillos, 5: Narrillos del Rebollar, 6: Puerto de las Fuentes, 7: Prado de las Zorras, 8: Navarredonda, 9: Puerto del Pico, 10: Puerto de Serranillos, 11: Lanzahíta, 12: Cuerda del Cervunal, 13: Hoyos del Espino, 14: Garganta de los Caballeros, 15: Navalguijo, 16: El Redondo, 17: Presa del Duque, 18: Cuerpo de Hombre, 19: Peña Negra, 20: Fuente de la Mora, 21: Puerto de Santa Clara.

Figure 1. Geographical location of pollen records mentioned in the text. Pozo de la Nieve peat bog (red cross). 1: Arroyo de la Hoz, 2: Ojos Albos, 3: El Tiemblo, 4: Labradillos, 5: Narrillos del Rebollar, 6: Puerto de las Fuentes, 7: Prado de las Zorras, 8: Navarredonda, 9: Puerto del Pico, 10: Puerto de Serranillos, 11: Lanzahíta, 12: Cuerda del Cervunal, 13: Hoyos del Espino, 14: Garganta de los Caballeros, 15: Navalguijo, 16: El Redondo, 17: Presa del Duque, 18: Cuerpo de Hombre, 19: Peña Negra, 20: Fuente de la Mora, 21: Puerto de Santa Clara.

3. Material y métodos

3.1. Muestreo

En marzo del 2015 se recogió un testigo sedimentario de 100 cm de profundidad en la turbera de Pozo de la Nieve mediante una sonda rusa de 50 cm de longitud y 5 cm de diámetro. Previamente al tratamiento y análisis de las muestras, las secciones fueron conservadas en tubos de PVC y almacenadas a baja temperatura (4°C). A partir del testigo se obtuvieron secciones continuas de 1 cm de grosor, exceptuando los primeros 15 cm cuyas muestras tienen 5 cm debido a la gran cantidad de material herbáceo. Las características litoestratigráficas del testigo se analizaron siguiendo el protocolo de Aaby y Berglund (1986) (Tabla 1).

3.2. Cronología

Siete muestras del sedimento turboso fueron datadas mediante AMS (Tabla 2). Las dataciones fueron realizadas en el Poznań Radiocarbon Laboratory (Polonia). Las fechas han sido calibradas mediante CALIB 7.1 con la curva de calibración IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013). Se realizó un modelo de edad-profundidad usando el software Clam 2.2 mediante una interpolación de tipo *smoothing spline* y una curva exponencial para las dataciones de radiocarbono disponibles (Blaauw, 2010). Los

intervalos de confianza de las calibraciones y del modelo de edad-profundidad fueron calculados al 95% (2σ) con 1000 iteraciones. De acuerdo con el modelo, la base del testigo obtenido (100 cm) queda datada *ca.* 240 cal BC y la secuencia se extiende hasta la actualidad sin ningún hiato sedimentario.

3.3. Análisis palinológico

Un total de 88 muestras de 1 cm³ han sido analizadas en las instalaciones del Grupo de Investigación Arqueobiología (CCHS, CSIC) a una resolución aproximada de 2-3 cm, siguiendo la metodología propuesta por Faegri e Iversen (1989), aunque sin acetólisis. No se documentó la presencia de microfósiles en el testigo sedimentario. Para la identificación de palinomorfos se ha utilizado un microscopio óptico (modelo Nikon Eclipse 50i), con objetivos de 40x, 60x y 100x, este último con aceite de inmersión, con el apoyo de la colección de referencia del Instituto de Historia del CCHS-CSIC, así como claves de identificación y atlas fotográficos (Moore *et al.*, 1991; Reille, 1999; van Geel, 2001; Beug, 2004; Cugny *et al.*, 2010). Se contabilizaron e identificaron en cada una de las muestras más de 500 granos de polen procedentes de plantas terrestres para el cálculo de la suma base polínica, excluyendo de ésta las plantas hidro-higrófitas y los microfósiles no polínicos (NPP).

Tabla 1. Descripción litoestratigráfica de la turbera de Pozo de la Nieve según los criterios propuestos en Aaby y Berglund (1986).

Table 1. Litostratigraphic description of Pozo de la Nieve peat bog following Aaby and Berglund (1986).

Profundidad (cm)	Tipo de sedimento	Caracterización
0-17	Limos orgánicos con arcillas, con abundantes restos vegetales (raíces superficiales) muy grandes. Sedimento seco de color marrón pardo.	Ld1 Dg4 (10YR 4/6)
17-75	Turba herbácea humificada con abundantes restos vegetales pequeños de color marrón oscuro. Entre 24-28 cm hay un nivel con gran abundancia de gravas de pequeño diámetro.	Th3 Dh4 (10YR 2/2)
75-98	Turba herbácea muy humificada con abundantes restos vegetales pequeños, de color negro.	Th4 Dh4 (10YR 2/1)
98-100	Turba herbácea muy humificada con abundantes gravas de pequeño tamaño.	Th4 Dh4 (10YR 1/1)

El procesado de los datos y su representación gráfica (Figuras 2-4) se realizó utilizando los softwares TGview y TILIA (Grimm, 2004). Se obtuvieron 4 zonas polínicas (PN-1, PN-2a, PN-2b, PN-2c) según un análisis de agrupaciones aglomerativas de incremento de los cuadrados de la suma (CONISS) con transformación de raíces cuadradas percentual (Grimm, 1987). Para facilitar la interpretación histórica del registro polínico, los morfotipos han sido clasificados según sus afinidades ecológicas en las categorías que constan en la Figura 4.

3.4. Susceptibilidad magnética

Las medidas de susceptibilidad magnética indican el grado de magnetismo de un material en respuesta a un cambio magnético. Son útiles, desde un punto de vista paleoambiental, para identificar fuentes sedimentarias y minerales, así como para caracterizar procesos erosivos y cambios climáticos en lagos y

turberas (Schibler *et al.*, 2002; Nazarov *et al.*, 2014). En la turbera de Pozo de la Nieve, la susceptibilidad magnética (SM) fue medida en intervalos de 1 cm (Figura 4) usando un medidor con un sensor Bartington MS2E (Bartington Instruments, Ltd, Witney, UK) siguiendo procedimientos estandarizados (Walden *et al.*, 1999).

3.5. Análisis de macrocarbones

El conteo y tamizado de macrocarbones >150 µm permite reconstruir la historia de los incendios a escala local en las cercanías de la turbera estudiada (Whitlock y Larsen, 2001). En nuestro caso, se ha tratado 1 cm³ de las mismas muestras utilizadas para el análisis de polen con soluciones de 10% KOH (72 h) y H₂O₂ (72 h), tamizadas posteriormente en una malla de 150 µm, y contabilizado las partículas de macrocarbones >150 µm en lupa binocular (Figura 4).

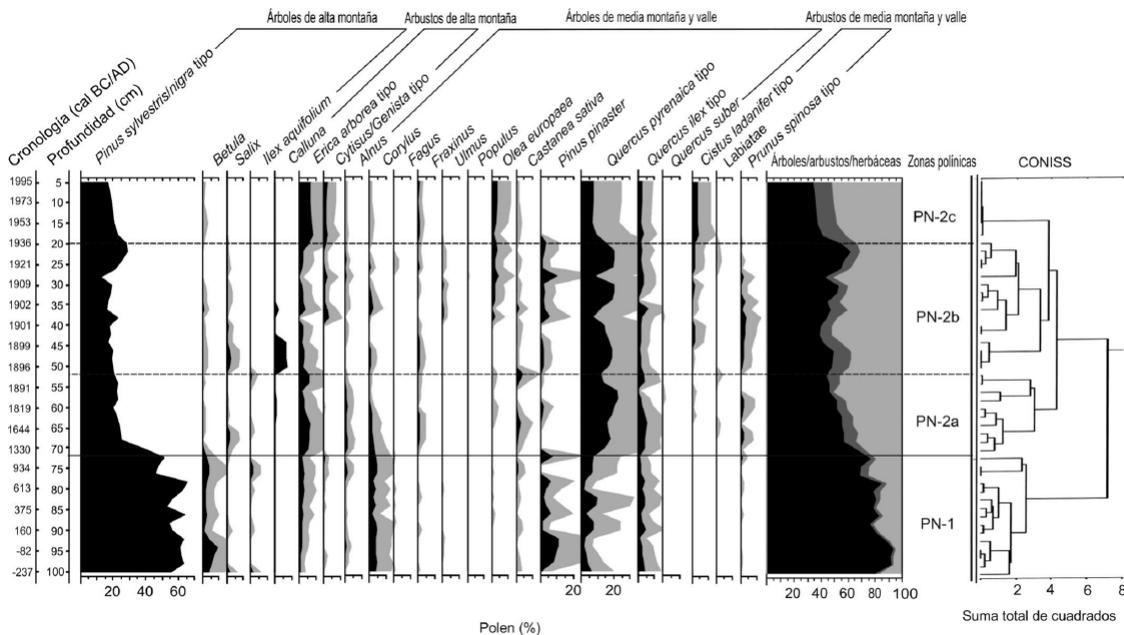


Figura 2. Diagrama palinológico de árboles y arbustos de la turbera de Pozo de la Nieve en función de la profundidad. Las siluetas negras y grises representan, respectivamente, la curva de porcentaje relativo de cada taxón y la exageración x5 de los mismos.

Figure 2. Pollen diagram showing trees and shrubs of Pozo de la Nieve peat bog related to depth. Black outlines represents percentage curve of every taxa and grey outlines exaggeration x5.

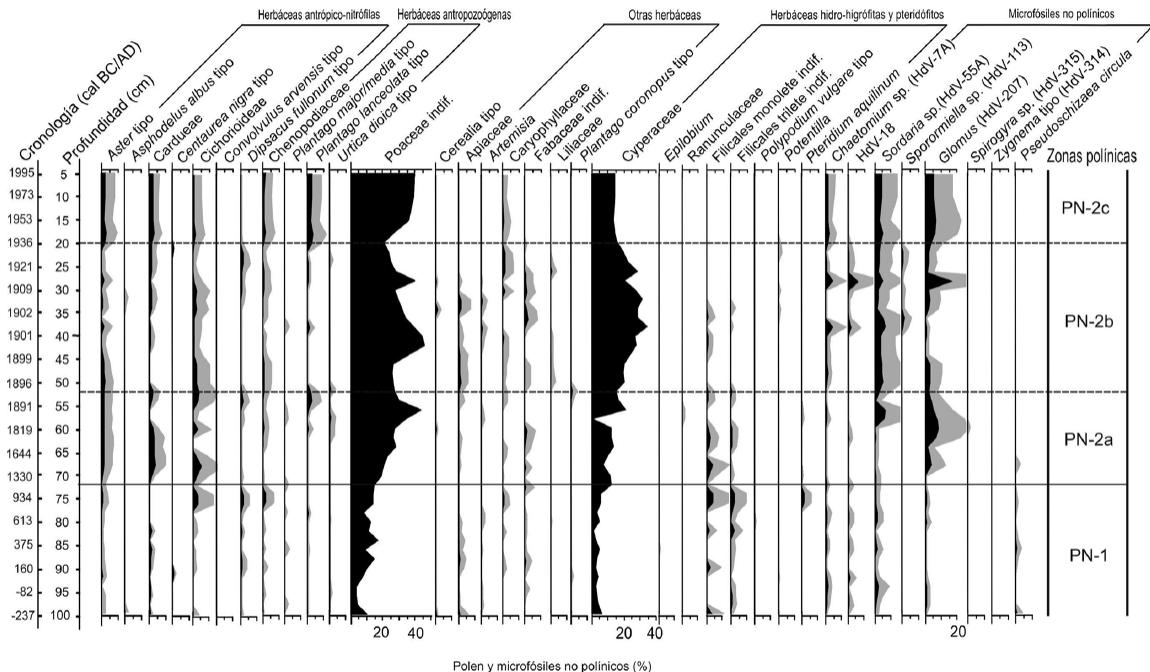


Figura 3. Diagrama palinológico de herbáceas, hidro-higrófitas y microfósiles no polínicos en Pozo de la Nieve en función de la profundidad. Las siluetas negras y grises representan, respectivamente, la curva de porcentaje relativo de cada taxón y la exageración x5 de los mismos.

Figure 3. Palynological diagram showing herbs, hydro-hygrophytes and non-pollen palynomorphs of Pozo de la Nieve peat bog related to depth. Black outlines represents percentage curve of every taxa and grey outlines exaggeration x5.

4. Resultados y discusión

4.1. Esplendor de los pinares altimontanos en la Segunda Edad del Hierro (ca. 240-50 cal BC)

El inicio de la sedimentación en la turbera de Pozo de la Nieve se data durante la Segunda Edad del Hierro (400 cal BC-50 cal BC) (Tabla 2). Este periodo (base de la zona polínica PN-1; Figuras 2-4) se caracteriza por la existencia de bosques bien desarrollados, destacando los pinares de *Pinus sylvestris/nigra* (55-65%) con *Betula* (5-10%) en zonas de alta montaña; así como de *P. pinaster* (10%), *Quercus pyrenaica* (5-10%) y otros árboles mesófilos (*Castanea*, *Corylus*, *Alnus*, *Salix*, *Fraxinus*, *Fagus*) en el valle y pie de monte, en un momento cultural en el cual los indicadores polínicos de antropización (herbáceas antrópico-nitrófilas y antropozógenas, hongos coprófilos) revelan valores sumamente bajos (Figuras 2-4). El

estrato arbustivo se constituye casi exclusivamente por brezos (*Erica arborea*), aunque, al igual que la cobertura herbácea, es escaso. Los valores de susceptibilidad magnética permanecen relativamente estables por debajo de 0, mientras que el registro de macrocarbónes apenas muestra variación. Estos resultados, de acuerdo a estudios de lluvia polínica actual (López-Sáez *et al.*, 2013, 2015), demostrarían la existencia de un denso pinar altimontano en el piso oromediterráneo del Valle de Iruelas durante la Segunda Edad del Hierro, probablemente de *Pinus sylvestris*, así como la existencia a cotas más bajas del supramediterráneo de melojares de *Quercus pyrenaica* en un ámbito regional.

Los resultados expuestos coinciden con otros registros polínicos gredenses como Hoyos del Espino, Navarredonda, Narrillos del Rebollar, El Redondo, Peña Negra, Cuerpo de Hombre y Puerto de Serranillos (Figura 1) (Franco-

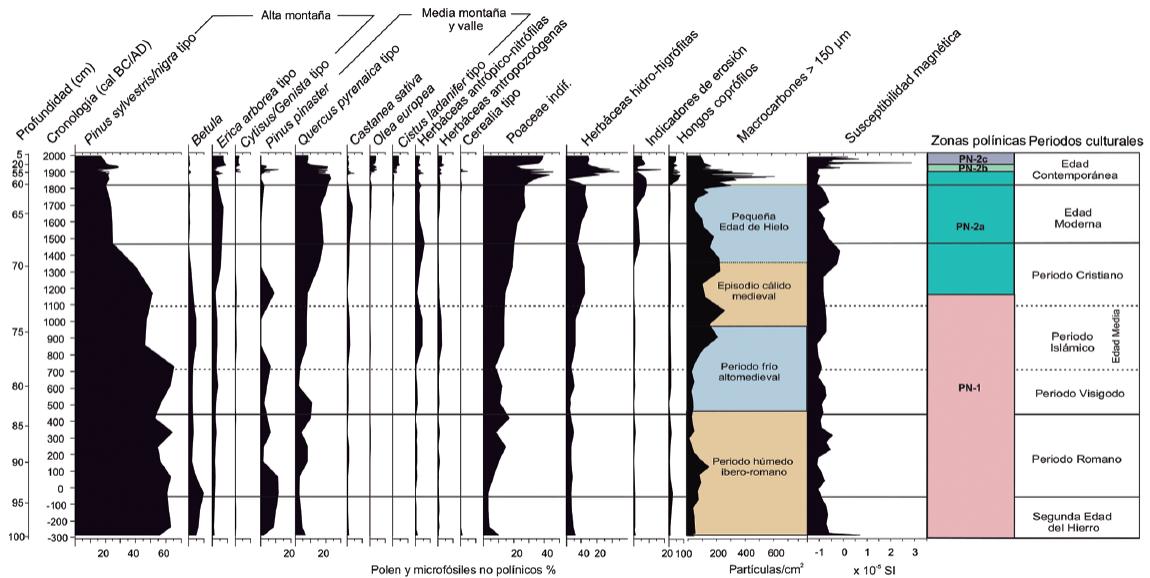


Figura 4: Diagrama polínico sintético de porcentajes de la turbera de Pozo de la Nieve (polen y NPPs), macrocarbón y susceptibilidad magnética en función de la edad, periodos culturales y eventos climáticos significativos. El cereal tiene una curva de exageración x5. Herbáceas antrópico-nitrófilas: *Aster* tipo, *Asphodelus albus* tipo, *Cardueae*, *Cichorioideae*, *Centaurea nigra* tipo, *Convolvulus arvensis* tipo, *Dipsacus fullonum* tipo. Herbáceas antropozoógenas: *Chenopodiaceae*, *Plantago lanceolata* tipo, *Plantago major/media* tipo, *Urtica dioica* tipo. Hongos coprófilos: *Chaetomium* sp. (HdV-7A), *Sordaria* sp. (HdV-55A), *Sporormiella* sp. (HdV-113). Indicadores de erosión: *Glomus* (HdV-207), *Pseudoschizaea circula*. Indicadores de humedad: HdV-18.

Figure 4. Synthetic palynological diagram of Pozo de la Nieve peat bog (pollen and NPPs), macrocharcoal and magnetic susceptibility related to age, cultural periods and climate events. Cereal outlines represents exaggeration x5. Anthropogenic-nitrophilous herbs: *Aster* type, *Asphodelus albus* type, *Cardueae*, *Cichorioideae*, *Centaurea nigra* type, *Convolvulus arvensis* type, *Dipsacus fullonum* type. Anthropozoogenous herbs: *Chenopodiaceae*, *Plantago lanceolata* type, *Plantago major/media* type, *Urtica dioica* type. Coprophilous fungi: *Chaetomium* sp. (HdV-7A), *Sordaria* sp. (HdV-55A), *Sporormiella* sp. (HdV-113). NPPs erosion: *Glomus* (HdV-207), *Pseudoschizaea circula*. NPPs wet conditions: HdV-18.

Tabla 2: Dataciones absolutas de la turbera de Pozo de la Nieve.

Table 2. Absolute radiocarbon dates from Pozo de la Nieve peat bog. All dates have been calibrated using Calib 7.1.

Código de laboratorio	Profundidad (cm)	Edad BP	Edad cal BC/AD (2σ)	Edad media cal BC/AD
Poz-71822	30	10 ± 30	1690-1960 cal AD	1900 cal AD
Poz-74876	48	75 ± 30	1691-1923 cal AD	1847 cal AD
Poz-74877	66	195 ± 30	1648-1950 cal AD	1770 cal AD
Poz-71825	70	360 ± 30	1451-1634 cal AD	1536 cal AD
Poz-71823	76	1570 ± 30	417-555 cal AD	482 cal AD
Poz-74879	90	1755 ± 30	214-385 cal AD	289 cal AD
Poz-71826	98	2200 ± 30	366-186 cal BC	285 cal BC

Múgica *et al.*, 1997; Dorado *et al.*, 2001; Franco-Múgica, 2009; López-Merino *et al.*, 2009; López-Sáez *et al.*, 2009, 2016a; Ruiz-Zapata *et al.*, 2011; Abel-Schaad y López-Sáez, 2013), que reflejan por igual la dominancia, en zonas de alta montaña, de densos pinares de *Pinus sylvestris/nigra* acompañados de abedul (*Betula*) en un ambiente nada o escasamente antropizado; salvo en El Redondo, en la zona más occidental de la Sierra de Gredos, donde en este periodo se produjeron aclareos forestales de origen antrópico y cierto desarrollo de la flora nitrófila (López-Sáez *et al.*, 2016a). La reseñable presencia del pino resinero (*Pinus pinaster*) en el registro de Pozo de la Nieve podría relacionarse con poblaciones naturales en regiones cercanas de valle, tal y como se ha documentado en Lanzahíta y Arroyo de la Hoz (López-Sáez *et al.*, 2010). Lo mismo puede decirse la presencia del haya (*Fagus sylvatica*), un elemento frecuentemente citado durante el Holoceno medio y reciente en la Sierra de Gredos, que probablemente no tuvo mayor extensión en su zona oriental al competir con otras especies mejor adaptadas a la estacionalidad climática como robles y pinos (Abel-Schaad *et al.*, 2014). En cualquier caso, la secuencia polínica de Pozo de la Nieve añade un registro más a la presencia holocena del haya en las montañas gredenses, la más oriental hasta el momento.

Los datos aportados por el registro polínico de Pozo de la Nieve, durante la Segunda Edad del Hierro, señalan, como se dijo, un leve impacto humano en la zona, atribuible probablemente tanto al escaso poblamiento de las montañas de Gredos en este periodo cronocultural, como a la inaccesibilidad de la turbera. De hecho, los vetones, pueblo pre-romano que pobló estas tierras, se concentraron básicamente en centros protourbanos denominados *oppida*, normalmente localizados en cerros bien defendidos en las altitudes medias, pero nunca en zonas de alta montaña; presentando un desarrollo económico basado en la agricultura y una ganadería extensiva en zonas de valle y pie de monte serrano (Fernández Gómez, 1998; Sánchez Moreno, 1998; López-Sáez *et al.*, 2008). Es

posible, como sostienen algunos autores (Álvarez-Sanchís, 1999, 2000; Salinas, 1999), que en estos momentos ya se realizaran ciertos movimientos trasterminantes, trazándose caminos pecuarios que algunos investigadores han llegado a relacionar con el patrón de distribución de los verracos que salpican el territorio abulense (Alfaro, 2001; Manglano, 2013). Aunque durante la Segunda del Hierro se documenta la presencia de hongos coprófilos en la secuencia de Pozo de la Nieve, sus valores son muy bajos, lo cual hace pensar en una presión local derivada de la fauna salvaje y no de la doméstica (López-Sáez y López-Merino, 2007).

4.2. Resiliencia del pinar ante los primeros impactos antrópicos entre el periodo romano (ca. 50 cal BC-450 cal AD) y el visigodo (ca. 450-711 cal AD)

Durante el periodo romano (segundo cuarto de la zona polínica PN-1; Figuras 2-4) los porcentajes de *Pinus sylvestris/nigra* muestran una curva oscilante de descensos y ascensos, aunque sin bajar nunca del 50%, indicando, de nuevo, la permanencia en el piso oromediterráneo del Valle de Iruelas de un denso pinar altimontano (López-Sáez *et al.*, 2013). Curiosamente, mínimos de *Pinus sylvestris/nigra* en este periodo coinciden con valores máximos de *Quercus pyrenaica*; todo lo cual podría interpretarse en función de desplazamientos de los pisos bioclimáticos con la extensión de los melojares hacia mayores altitudes aprovechando los retrocesos en el pinar (Gea-Izquierdo *et al.*, 2014). Probablemente estos hechos pueden ponerse en correlación con el incremento de la temperatura y la disminución de la humedad durante la fase árida del denominado "Periodo Cálido Romano", pues procesos similares han sido detectados en diversos ámbitos de la Sierra de Gredos y particularmente en el registro polínico de la Garganta de los Caballeros (Ruiz-Zapata *et al.*, 2011). Estas condiciones de mayor aridez, a su vez, provocarían el retroceso del abedul. Un paisaje similar, de dominio y estabilidad del bosque de coníferas de alta montaña, ha

sido documentado durante el periodo romano en numerosas secuencias palinológicas del ámbito gredense, fundamentalmente en las zonas oriental y centro-occidental de Gredos, caso de las de Navalguijo, Navarredonda, Hoyos del Espino, El Redondo y Puerto de Serranillos (Franco-Múgica *et al.*, 1997; Franco-Múgica, 2009; López-Merino *et al.*, 2009; López-Sáez *et al.*, 2009, 2016a). Sin embargo, en la zona más occidental de estas montañas, los registros polínicos de Cuerpo de Hombre y Presa del Duque (Ruiz-Zapata *et al.*, 2011) muestran una profunda deforestación del pinar altimontano ligada al incremento de la presión pastoral. En este sentido, las diferencias entre lo documentado en Pozo de la Nieve y estos dos últimos registros señalan las particularidades de ambos extremos de la Sierra de Gredos, el oriental y el occidental, en cuanto a distintos modelos de explotación de los recursos, probablemente vinculados a la inaccesibilidad de ciertas áreas de alta montaña.

Al igual que en el periodo anterior, la escasa actividad antrópica local se mantiene durante la ocupación romana, con valores bajos tanto de herbáceas antrópico-nitrófilas y antropozoógenas como de hongos coprófilos; aunque se advierte un máximo de macrocarbones *ca.* 150 cal AD que marca el inicio del desarrollo de pastizales con el incremento de Poaceae a mayor altitud (Figura 4). Éste podría ser el primer impacto humano que resulta evidente en el registro paleoambiental de Pozo de la Nieve. Asimismo, el registro palinológico objeto de estudio muestra al final del Bajo Imperio Romano (*ca.* 250-450 cal AD; Figura 4) la disminución de *Pinus pinaster* (< 10%), a partir de lo cual se interpreta a nivel regional que existieron procesos de reducción del pinar resinero en zonas de media montaña y fondo de valle. En las mismas fechas, aunque en la zona centro-occidental de Gredos, el registro polínico de Lanzahíta (López-Sáez *et al.*, 2010) también muestra una importante reducción de *Pinus pinaster* en el piso supramediterráneo, asociada a una intensificación de la ganadería y la extensión de cultivos. De igual manera, en otros registros polínicos del

occidente de Gredos situados a cotas bajas (Puerto de Santa Clara, Fuente de la Mora y Peña Negra), como el anterior, la antropización del paisaje es igualmente evidente; lo que indicaría, en el conjunto del macizo gredense, un incremento del impacto humano en los valles y fundamentalmente en los territorios más occidentales (Ruiz del Árbol *et al.*, 2003; Abel-Schaad *et al.*, 2009b; López-Sáez *et al.*, 1997, 2014; Abel-Schaad y López-Sáez, 2013; Silva-Sánchez *et al.*, 2016).

Estos cambios paisajísticos comentados se atribuyen al modelo económico dominante tras la conquista romana de la Sierra de Gredos, que derivó fundamentalmente en la explotación de las zonas de valle, donde se asentó un poblamiento rural aldeano de pequeñas y aisladas granjas agropecuarias (Martino Pérez, 1997; Hernando, 2002), cuya incidencia en la dinámica de la vegetación de alta montaña apenas se sintió (López-Sáez *et al.*, 1996, 2014). A partir de estos núcleos y asociado al crecimiento poblacional se desarrolló en época romana una red de cañadas y caminos que conectaron ambas mesetas a través de diversos pasos de montaña del Sistema Central (Nieto, 1996). En Pozo de la Nieve, el escaso impacto humano documentado en su registro polínico parece excluir esta zona oriental de Gredos de la red de cañadas y caminos; al igual que otras áreas altimontanas gredenses, en todo el macizo, donde el impacto antrópico es poco evidente en estas fechas (López-Sáez *et al.*, 2014). No obstante, cabe destacar la aparición en el registro de *Olea europea*, corroborando así el cultivo regional del olivo en las tierras meridionales orientales de la Sierra de Gredos, a baja altitud, a partir del siglo II cal AD (López-Sáez *et al.*, 1996, 1997, 2009).

Durante el periodo visigodo (*ca.* 450-711 cal AD) se conserva el paisaje de la época romana, con un incremento progresivo del pinar altimontano, si cabe incluso mayor que en épocas previas, mientras que melojares y pinares de pino resinero muestran una tendencia decreciente a menor cota (Figuras 2 y 4). Los indicadores polínicos y no polínicos

de antropización sostienen valores muy reducidos. Estos resultados permiten suponer el mantenimiento del modelo de vida romano, con una preeminente ocupación en el fondo del valle. De hecho, se ha constatado en registros polínicos situados a menor cota un mayor grado de especialización e intensificación de las actividades antrópicas en los valles de Gredos, vinculado a un incremento de la población y, por tanto, a una mayor demanda de recursos. Así, en las secuencias palinológicas de Peña Negra y Ojos Albos, a occidente y oriente del macizo respectivamente, durante el periodo visigodo la vegetación arbórea se reduce sensiblemente como consecuencia de un incremento de la presión ganadera y la extensión de cultivos (Blanco-González *et al.*, 2009, 2015; Abel-Schaad y López-Sáez, 2013). Esta mayor necesidad de recursos comentada, particularmente de los forestales, provoca, paralelamente, que los pinares altimontanos de *Pinus sylvestris* se vean seriamente afectados en algunos pasos de montaña del centro y occidente de Gredos, como Serranillos o El Redondo, donde la presión pastoral se incrementa, reduciéndose los bosques y extendiéndose las zonas de pastizal (López-Merino *et al.*, 2009; López-Sáez *et al.*, 2009, 2016a). En Pozo de la Nieve, en la zona oriental de Gredos, sin embargo, no hay evidencias de tal proceso deforestador durante el periodo visigodo, lo que destaca el carácter único de este registro y la necesidad de realizar estudios detallados a escala micro-regional.

4.3. La transformación del paisaje de montaña en el periodo islámico (ca. 711-1100 cal AD)

La tendencia de los pinares de alta montaña cambia sensiblemente en la turbera de Pozo de la Nieve a partir del periodo islámico, cuando abruptamente el registro polínico (techo de la zona polínica PN-1; Figuras 2-4) sugiere un notable episodio de deforestación del pinar altimontano (*Pinus sylvestris/nigra* <50%), el cual se reduce ca. 711 cal AD para mantenerse relativamente estable desde ca. 850 cal AD pero con valores más bajos que en

periodos precedentes. El progreso de *Betula*, en estos momentos, puede interpretarse como consecuencia de su carácter heliófilo (Costa-Tenorio *et al.*, 1990, 2005). Estos hechos permiten establecer en este periodo cultural el momento en el que los bosques de alta montaña comienzan a mostrar cierta vulnerabilidad, circunstancias éstas que parecen estar vinculadas a un impacto humano creciente sobre los ecosistemas forestales, toda vez que se incrementan las herbáceas antrópico-nitrófilas y las antropozoógenas (Figura 4). Este incremento de la antropización permitiría también una mayor representación del helecho *Pteridium aquilinum* y la estabilidad de los pastizales de Poaceae (Figura 3). Valores máximos de acebo (*Ilex aquifolium*) en estas fechas (Figura 2) parecen indicar que éste pudo estar beneficiado por su capacidad de regeneración vegetativa en ambientes alterados (Abel-Schaad y López-Sáez, 2013; Abel-Schaad *et al.*, 2014). No obstante, hay que señalar que la presencia de hongos coprófilos es mínima y que los valores de susceptibilidad magnética se mantienen constantes y bajos, por lo que no podemos vincular estos hechos a un incremento de la presión pastoral. En cambio, a partir del periodo islámico la curva de macrocarbones muestra una tendencia creciente, con dos marcados máximos; de ahí que resulte factible admitir que la deforestación del pinar altimontano en el entorno de Pozo de la Nieve estuvo relacionada con el uso antrópico del fuego; sin descartar incluso que tales eventos de incendio fueran naturales y beneficiados por unas condiciones climáticas más térmicas al inicio del Episodio Cálido Medieval (Figura 4).

Los datos anteriores atestiguan que esta zona oriental de Gredos estuvo prácticamente despoblada en época musulmana, actuando más como una barrera natural entre los reinos cristianos y musulmán, lo que hizo de esta tierra un espacio entre fronteras, inhóspito y difícil (Blanco-González *et al.*, 2009, 2015). La población más cercana se concentraba en las zonas del Tormes y el Alberche, mientras que las áreas de montaña quedaron desocupadas y se aprovecharon en algunos casos como

ejes de defensa, provocando en esta zona una inseguridad que impidió la estabilización de movimientos trashumantes (Barrios, 2000). Los datos obtenidos en Pozo de la Nieve parecen coincidir con esta interpretación histórica, ya que se produce una reducción significativa del pinar altimontano de la zona inmediata a la turbera, al mismo tiempo que se extiende el conjunto arbustivo y los niveles de hongos coprófilos se mantienen bajos.

En un registro polínico del occidente de Gredos (El Redondo) se han documentado episodios deforestadores semejantes a los de Pozo de la Nieve durante el periodo islámico (López-Sáez *et al.*, 2016a), con el desarrollo de herbáceas antropogénicas y antropozoógenas, así como de Poaceae, sugiriendo un incremento moderado del impacto humano en la alta montaña occidental gredense. Por el contrario, en la mayoría de secuencias polínicas centro-occidentales de Gredos (Figura 1) el periodo islámico se muestra como un momento de recuperación de las masas forestales al reducirse la presión antrópica sobre los ecosistemas de alta montaña. Éste es el caso de Cuerpo de Hombre, Presa del Duque, Puerto de Santa Clara, Hoyos de Espino, Navarredonda, Puerto de las Fuentes, Prado de las Zorras, Cuerda del Cervunal, Puerto de Serranillos y Ojos Albos (López-Sáez *et al.*, 2014). Estos hechos, de nuevo, permitirían destacar la singularidad del registro polínico de Pozo de la Nieve, que al igual del comentado de El Redondo, se caracterizan por su carácter aislado y difícil accesibilidad, de ahí que en cierta manera escapen de la dinámica paleoambiental general del macizo gredense.

El registro polínico de Pozo de la Nieve señala la significativa reducción de *Pinus pinaster* en zonas más bajas, probablemente relacionada con el cultivo del olivo (*Olea europaea*) y el progreso del castaño (*Castanea sativa*) (Figuras 2 y 4). Estos hechos, en cambio, favorecieron cierta recuperación del melojar (*Quercus pyrenaica*). En las vecinas secuencias de Labradillos y El Tiemblo (López-Sáez *et al.*, 2017b; Robles-López *et al.*, 2017), a menor cota que Pozo de la Nieve pero igualmente

en la zona oriental de Gredos, se confirma el cultivo del olivo y cierta preponderancia del castaño en las mismas fechas.

4.4. La definitiva decadencia del bosque en el periodo cristiano (ca. 1100-1450 cal AD)

El periodo cristiano (base de la zona polínica PN-2a; Figura 4) documenta un progresivo descenso de los porcentajes de *Pinus sylvestris/nigra* (< 30%), que viene acompañado del incremento, igualmente progresivo, de los brezales de *Erica arborea*, de los pastizales de Poaceae y de las herbáceas antrópico-nitrófilas. Estos datos, de acuerdo a estudios de lluvia polínica actual, serían indicativos de la existencia, por entonces, de pinares altimontanos sumamente abiertos o incluso de pequeños bosquetes aislados, probablemente de *Pinus sylvestris* en el piso oromediterráneo del Valle de Iruelas (López-Sáez *et al.*, 2013). Al final del periodo cristiano (ca. 1250-1450 cal AD) la curva de susceptibilidad magnética muestra un máximo, coincidente con otro de ciertos microfósiles no polínicos como *Glomus*, señalando el desarrollo de procesos erosivos en el entorno inmediato de la turbera, probablemente provocados por una nueva reincidencia de incendios forestales tal y como señala un tercer máximo en la secuencia de macrocarbones (Figuras 3 y 4). No obstante, los hongos coprófilos siguen mostrando una presencia escueta, lo mismo que las herbáceas antropozoógenas.

Esta dinámica forestal referida, de los pinares de alta montaña, podría relacionarse con el aumento demográfico y la intensificación de la economía rural en el Valle de Iruelas, que se vieron favorecidos por las condiciones benignas impuestas a lo largo del Episodio Cálido Medieval (López-Sáez *et al.*, 1996, 2017b). La victoria del ejército cristiano, en la batalla de las Navas de Tolosa del año 1212, conllevó un desplazamiento de la zona fronteriza hacia el sur de la Sierra de Gredos, lo que favoreció que a partir de entonces los movimientos ganaderos por estas montañas fueran más frecuentes. De esta manera, comenzaron a

re poblarse nuevos ambientes serranos, explotándose espacios de montaña hasta ahora apenas inalterados, para lo cual la utilización antrópica del fuego fue una práctica habitual (Barceló, 1984).

Toda esta intensificación derivaría en una estandarización de los movimientos trashumantes, los cuales a partir de entonces se extendieron de manera generalizada apoyándose en sucesivos acuerdos entre concejos cercanos y la fundación en 1273 del Real y Honrado Concejo de La Mesta (Troitiño, 1999). La gestión de La Mesta trajo consigo la regulación de los itinerarios trashumantes, estableciendo rutas de paso principales y secundarias, alrededor de las cuales se fueron abriendo pastos con los que abastecer a las reses mediante la quema de formaciones vegetales (Klein, 1990). Estos hechos pueden vislumbrarse en el registro paleoambiental de Pozo de la Nieve por el aumento en la concentración de macrocarbones. Sin embargo, esta red de caminos ganaderos a través de Gredos dejó fuera de los itinerarios oficiales las zonas de alta montaña del Valle de Iruelas, donde se sitúa la turbera estudiada, lo que podría explicar la ausencia de testimonios palinológicos (herbáceas antropozógenas y hongos coprófilos) de actividades pastoriles en el periodo cristiano. En cambio, en otros registros polínicos gredenses, vinculados a tales vías trashumantes, principales o secundarias, las evidencias palinológicas del paso de ganado son muy evidentes, caso de Puerto del Pico, Peña Negra, Navarredonda o Puerto de Serranillos (Franco-Múgica *et al.*, 1997; López-Merino *et al.*, 2009; López-Sáez *et al.*, 2009, 2016c; Abel-Schaad y López-Sáez, 2013), reduciéndose sensiblemente las masas forestales como consecuencia del uso indiscriminado del fuego para abrir zonas de pasto. Incluso otros, como La Panera o El Redondo (Abel-Schaad *et al.*, 2009a; López-Sáez *et al.*, 2016a), alejados de estas vías pecuarias, también muestran durante el periodo cristiano la máxima extensión de los pastizales y un notable incremento de los indicadores de pastoreo así como de los macrocarbones. Estos hechos podrían ponerse

en relación con el uso de estas áreas de alta montaña como pastizales de verano con los que suplementar la alimentación del ganado que ocuparía las tierras bajas de los valles durante el resto del año (López-Sáez *et al.*, 2014, 2017a).

En el registro paleoambiental de Pozo de la Nieve, la relación entre disminución de la cobertura arbórea con procesos erosivos y eventos de incendio es muy evidente durante el periodo cristiano (Figura 4), señalando un momento de umbral hacia 1250 cal AD en que el pinar oromediterráneo deja de ser resiliente (Gil-Romera *et al.*, 2010). La pérdida de resiliencia, como se ha señalado, no puede vincularse a la actividad pastoril y sí, en cambio, a una explotación forestal de los bosques de alta montaña del Valle de Iruelas para hacer frente al aumento demográfico en los valles. La desaparición de *Pinus pinaster* al final del periodo cristiano refrendaría esta hipótesis, llegando incluso a afectar zonas situadas a menor cota, donde en cambio el melojar aparenta desarrollarse. En cualquier caso, la progresiva desaparición de los pinares altimontanos pudo verse exacerbada por las condiciones climáticas frías y áridas que se impusieron al iniciarse la Pequeña Edad del Hielo en los momentos finales del periodo cristiano. La documentación histórica muestra que esta zona oriental de la Sierra de Gredos fue explotada para la obtención de resina, pez, madera y carbón vegetal, actividades cuya incidencia estaría relacionada con la oscilación de las curvas de los pinos en Pozo de la Nieve (Figuras 2 y 4) (Martín Lucas, 2013, 2015). La riqueza forestal de la Sierra de Gredos se recoge en el Libro de la Montería de Alfonso XI, donde ya en el siglo XIV se resalta la importancia de la elaboración de pez en las cercanías de Pozo de la Nieve. En este periodo, el crecimiento de la población fomentó el uso tradicional de los recursos forestales, y se promovió una economía agraria basada en la explotación de pinos, robles, castaños y alisos, entre otros árboles (López-Sáez y López-García, 1994; López-Sáez *et al.*, 1996, 1997; Martínez Ruiz, 1996; Troitiño, 1999).

4.5. El desarrollo de brezales y piornales y la configuración paisajística actual durante la Edad Moderna y Contemporánea (ca. 1450 cal AD-actualidad)

El comienzo de la Edad Moderna en el registro polínico de Pozo de la Nieve (techo de la zona polínica PN-2a) muestra la relativa continuidad de un paisaje deforestado en la alta montaña, con porcentajes de *Pinus sylvestris/nigra* que siguen disminuyendo progresivamente, a la vez que el brezal y los pastizales de Poaceae se extienden aún más (Figuras 2 y 4). La antropización parece reducirse respecto al periodo cristiano, pues las herbáceas antrópico-nitrófilas muestran valores más bajos, mientras que las antropozoógenas aumentan ligeramente. El transcurrir de la Pequeña Edad del Hielo, a lo largo de este periodo cultural, de alguna manera pudo limitar la explotación de las zonas elevadas de estas sierras (López-Sáez *et al.*, 2014). En las zonas de media montaña y valles, *Pinus pinaster* continua la tendencia regresiva observada con anterioridad, que contrasta con el progreso de *Quercus pyrenaica*, *Cistus ladanifer* y una mayor importancia de ciertos cultivos arbóreos como el castaño y el olivo (Figura 4). Los indicadores de erosión (*Glomus*, *Pseudoschizaea circula*) son frecuentes (Figura 3), aunque la curva de susceptibilidad magnética muestra valores oscilantes, como la de macrocarbones, pero en ambos casos con una tendencia decreciente; excepto al final de la Edad Moderna, cuando ambas experimentan sendos máximos a partir de 1700 cal AD (Figura 4). Estos datos corroboran lo apuntado por otros registros palinológicos de la alta montaña gredense, como Puerto del Pico, Puerto de Serranillos o Navarredonda (López-Sáez *et al.*, 2014, 2016c), los cuales demuestran la escasa incidencia del pastoreo durante la Edad Moderna incluso en pasos tradicionales del ganado trashumante; todo ello debido a la recesión del mercado de la lana y un aumento de los precios de los productos agrícolas ante el fuerte incremento demográfico (Ruiz y Ruiz, 1986), lo cual derivó en un impacto humano marcadamente centrado en las zonas más fértiles de los valles, quedando, en cierta manera, fuera de este influjo las zonas de alta montaña.

En los momentos finales de la Edad Moderna, a partir de 1700 cal AD, la huella humana en el registro paleoambiental de Pozo de la Nieve es más visible, por los ya señalados máximos de susceptibilidad magnética y macrocarbones, así como por un ligero aumento de las herbáceas antropozógenas (Figura 4). En estos momentos el fuego parece ser un elemento clave en el mantenimiento de amplias zonas deforestadas en la alta montaña del oriente de Gredos, permitiendo la existencia de pastizales de vocación pastoril. Tendencias similares se documentan en otros registros polínicos de Gredos, al final de la Edad Moderna, caso de Puerto de Serranillos, Navarredonda, Puerto del Pico, Peña Negra y Lanzahíta (López-Sáez *et al.*, 2014, 2016c). Estos hechos pueden explicarse teniendo en cuenta que a finales del siglo XVII se reactivó el mercado español de la lana, la cual alcanzó precios muy elevados en los mercados europeos (Kriedte, 1987); como consecuencia de ello se reactivaron las prácticas trashumantes (García Martín, 1988); las cuales, en Pozo de la Nieve, no son demasiado evidentes en cualquier caso, probablemente por lo inaccesible de esta zona serrana.

Durante la Edad Contemporánea (techo de la zona polínica PN-2a, PN-2b y PN-2c), el paisaje no difiere sensiblemente de lo referido para la Edad Moderna; salvo pequeños máximos para *Pinus sylvestris/nigra* y *P. pinaster* ca. 1900-1940 cal AD (zona polínica PN-2b) como consecuencia de la política de reforestaciones emprendida en la zona de estudio a mediados del siglo XX (Molina Moreno, 1992). No obstante, la Edad Contemporánea se caracteriza, sobre todo, por la ocurrencia de numerosos incendios que dejan una señal muy evidente en el registro de Pozo de la Nieve por máximos en la concentración de macrocarbones entre 1850 y 1900 cal AD; a los que siguen, en los años posteriores, máximos en la curva de susceptibilidad magnética asociados a los procesos erosivos desencadenados tras los incendios, los cuales, a nivel sedimentológico se caracterizan por un mayor aporte de gravas (Tabla 1).

La recurrencia de los incendios en la alta montaña gredense, durante la Edad Contemporánea, no sólo provocó la progresiva desaparición de los pinares altimontanos, sino también el desarrollo de un matorral pirófilo, que en el caso que nos concierne estuvo dominado, como en la actualidad (Rivas-Martínez *et al.*, 1987; López-Sáez *et al.*, 2016b), básicamente por especies de leguminosas (*Cytisus/Genista*), particularmente por el piorno serrano (*Cytisus oromediterraneus*), cuyos porcentajes aumentan en el último siglo del registro como consecuencia de la incidencia del fuego (Fernández *et al.*, 2004), al igual que los brezales. A cotas más bajas, la antropización también fue más alta en este periodo, con una reducción significativa de *Quercus pyrenaica* y *Pinus pinaster* (excepcionalmente el máximo señalado), paralela al progreso de etapas seriales degradativas como los jarales de *Cistus ladanifer* y una mayor incidencia del cultivo del olivo.

Es a partir de esta Edad Contemporánea cuando el porcentaje de hongos coprófilos se incrementa notablemente (Figura 4), refrendando así que los incendios documentados durante este periodo tuvieron como objetivo la quema del monte para la obtención de pastos para el ganado. Éste es el único momento del registro paleoambiental de Pozo de la Nieve en el que la presión ganadera se evidencia sin ambigüedad desde un punto de vista palinológico, conllevando igualmente valores más elevados de herbáceas antropógenas. En este periodo se documenta por primera vez polen de Cereal, aunque en valores inferiores al 3% que probablemente indicarían la existencia de cultivos agrícolas hacia los valles (López-Sáez y López-Merino, 2005).

La intensificación en el uso ganadero en Pozo de la Nieve deriva principalmente de la desaparición de La Mesta, lo que pone fin a gran parte de las estrictas regulaciones que esta organización había llevado a cabo, permitiendo a los ganaderos, a partir de entonces, diversificar las zonas de pasto (Ruiz y Ruiz, 1986; Kriedte, 1987; Klein, 1990). En el caso de Pozo

de la Nieve, estos hechos no solo se evidencian en el registro polínico como se ha visto, sino que por igual quedan recogidos en el topónimo local *El Travís*, el cual, precisamente, indica que esta zona fue un territorio de paso de ganados probablemente trasterminantes, que aprovecharon los pastos de altura del Valle de Iruelas tras la desamortización del siglo XIX (Gil Crespo, 1986; García Martín, 1988). A su vez, la mayor presión pastoral en Pozo de la Nieve pudo estar relacionada con cambios en los modelos ganaderos, pues a lo largo de la Edad Contemporánea se abandonó progresivamente el ganado lanar, introduciéndose en la Sierra de Gredos la raza de vacuno avileña destinada al consumo de carne y más afín a los pastos de altura (Bauer, 1980; Pérez-Figueras *et al.*, 1992).

5. Conclusiones

El estudio multiproxi (polen, microfósiles no polínicos, macrocarbones, susceptibilidad magnética) del registro paleoambiental de la turbera de Pozo de la Nieve ha permitido reconstruir la historia de la vegetación y la dinámica de la antropización, en zonas de alta montaña (piso oromediterráneo) del macizo oriental de la Sierra de Gredos, durante los dos últimos milenios. Aunque esta secuencia muestra ciertos paralelismos con otros registros paleoambientales de las montañas gredenses, también es cierto que en general muestra más diferencias con ellos que similitudes, lo cual puede ser explicado en razón de (i) un modelo de poblamiento y explotación de los recursos forestales diferente respecto a la zona central y occidental de la Sierra de Gredos, y, (ii) el carácter inaccesible de la zona de estudio que la permitió permanecer aislada de las actividades pastoriles que se desarrollaron en estas montañas a partir de La Mesta. Estas circunstancias permiten resaltar la necesidad de llevar a cabo estudios multidisciplinares teniendo en cuenta las características del micro-hábitat, especialmente en territorios aislados del impacto humano desde la Prehistoria.

El registro palinológico de Pozo de la Nieve demuestra la existencia de un denso pinar altimontano, probablemente de *Pinus sylvestris*, en las zonas más elevadas del Valle de Iruelas durante los instantes finales de la Segunda Edad del Hierro (ca. 240-50 cal BC). Durante los periodos romano y visigodo (ca. 50 cal BC-711 cal AD), los pinares oromediterráneos permanecieron relativamente estables y resilientes frente a los primeros impactos humanos, ya que éstos fueron muy débiles en las zonas elevadas y más evidentes en los valles, donde empezaron a cultivarse olivos. En el periodo islámico (ca. 711-1100 cal AD) el pinar altimontano sufre una primera regresión como consecuencia de incendios de origen antrópico y/o natural, ya que por entonces la zona de estudio suponía una barrera natural entre los reinos cristiano y musulmán, siendo este carácter fronterizo, y su citado aislamiento e inaccesibilidad, el que permitió la resiliencia de las masas forestales que en otros ámbitos gredenses ya empezaban a degradarse de una manera importante.

Las modificaciones estructurales y fisionómicas más importantes del pinar de alta montaña en el Valle de Iruelas se producen durante el periodo cristiano (ca. 1100-1450 cal AD), cuando la cobertura de pinos se reduce abruptamente para dar lugar a masas muy abiertas o en su caso a pequeños bosquetes aislados. Como consecuencia de ello se incrementaron las zonas de pastizal y brezal. Estos hechos vinieron motivados por un auge demográfico muy importante, con un desarrollo sobresaliente de la economía rural, que a diferencia de periodos anteriores no se centró exclusivamente en los valles sino que se extendió también a la explotación de las masas forestales de la alta montaña. La recurrencia de incendios, así como de los procesos erosivos asociados, provocó que las masas oromediterráneas de pinar dejaran de ser resilientes hacia 1250 cal AD, momento en que entran en franco declive y ya no se recuperan a posteriori. Esta fecha, por tanto, debe ser considerada como el 'umbral' en el que los bosques oromediterráneos de la zona oriental de la Sierra de Gredos perdieron su resiliencia.

Durante la Edad Moderna y Contemporánea el fuego se convierte en el elemento clave en la modelización y gestión de los paisajes de alta montaña de la zona de estudio. La presencia de pinos en el piso oromediterráneo del Valle de Iruelas es cada vez más escasa, fruto de la recurrencia de los incendios y de fuertes procesos erosivos. A partir de 1700 cal AD comienza a advertirse ya cierta presión pastoral, hasta ahora inédita; la cual durante la Edad Contemporánea se hace muy evidente por la abundante presencia de ascosporas de hongos coprófilos así como de la utilización antrópica del fuego para crear zonas de pastizal. Tales hechos dan lugar a la proliferación del matorral pirófilo que actualmente caracteriza las cotas más elevadas del macizo oriental de Gredos, el piornal.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto Desirè-HAR2013-43701-P (Plan Nacional I+D+I, Ministerio de Economía y Competitividad de España). Sebastián Pérez Díaz está financiado por el Programa Estatal de Promoción del Talento y su Empleabilidad en I+D+i en la modalidad Juan de la Cierva-Incorporación. Mónica Ruiz Alonso está financiada por el Programa Estatal de Promoción del Talento y su Empleabilidad en I+D+i en la modalidad Juan de la Cierva-Formación.

Bibliografía

- Aaby B.; Berglund B.E. (1986). Characterization of peat and lake deposits. En: *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology* (B.E. Berglund, ed.). John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 231-246.
- Abel-Schaad, D.; López-Sáez, J.A. (2013). Vegetation changes in relation to fire history and human activities at the Pena Negra mire (Bejar Range, Iberian Central Mountain System, Spain) during the past 4,000 years. *Vegetation History and Archaeobotany*, 22, 199-214. <https://doi.org/10.1007/s00334-012-0368-9>
- Abel-Schaad, D.; Hernández, A.M.; López-Merino, L.; Pulido, F.J.; López-Sáez, J.A. (2009a). Ca-

- bras y quemorros: tres siglos de cambios en el paisaje de la vertiente extremeña de la Sierra de Gredos. *Revista de Estudios Extremeños*, 65, 449-478.
- Abel-Schaad, D.; Hernández, A.M.; López-Sáez, J.A.; Pulido, F.J.; López-Merino, L.; Martínez-Cortizas, A. (2009b). Evolución de la vegetación en la Sierra de Gata (Cáceres-Salamanca, España) durante el Holoceno reciente. Implicaciones biogeográficas. *Revista Española de Micropaleontología*, 41, 91-105.
- Abel-Schaad, D.; Pulido, F.J.; López-Sáez, J.A.; Alba-Sánchez, F.; Nieto-Lugilde, D.; Franco-Múgica, F.; Pérez-Díaz, S.; Ruiz-Zapata, B.; Gil-García, M.J.; Dorado, M. (2014). Persistence of tree relicts through the Holocene in the Spanish Central System. *Lazaroa*, 35, 107-131. https://doi.org/10.5209/rev_LAZA.2014.v35.41932
- Álvaro, C. (2001). Vías pecuarias; romanización en la Península Ibérica. En: *Los rebaños de Gerión. Pastores; trashumancia en Iberia antigua; medieval* (J. Gómez Pantoja, ed.). Casa de Velázquez, Madrid, 215- 231.
- Álvarez-Sanchís, J.R. (1999). Paisajes de la Edad del Hierro: pastos, ganado; esculturas en el Valle de Amblés (Ávila). En: *II congreso de Arqueología Peninsular. Primer milenio; metodología, Vol. 3* (R. Balbin Berhmann; P. Bueno Ramírez, eds.). Fundación Rei Alfonso Henriques, Zamora, 313-323.
- Álvarez-Sanchís, J.R. (2000). The Iron Age in Western Spain (800 BC-AD 50): an overview. *Oxford Journal of Archaeology*, 19, 65-89. <https://doi.org/10.1111/1468-0092.00100>
- Barceló, J. (1984). *Descripción de las cañadas reales de León, Segovia, Soria y ramales de Cuenca y del valle de la Alcudía*. Editorial Museo Universal, Madrid, 187 pp.
- Barrios, A. (2000). Una tierra de nadie. Los territorios abulenses en la Alta Edad Media. En: *Historia de Ávila II. Edad Media (siglos VIII-XIII)* (A. Barrios García, coord.). Institución Gran Duque de Alba, Ávila, 193-223.
- Bauer, E. (1980). *Los montes de España en la Historia*. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Beug, H.J. (2004). *Leitfaden Der Pollenbestimmung für Mitteleuropa Und Angrenzende Gebeite*. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 63 pp.
- Blanco-González, A.; López-Sáez, J.A.; López-Merino, L. (2009). Ocupación; uso del territorio en el sector centromeridional de la Cuenca del Duero entre la Antigüedad; la Alta Edad Media (siglos I-XI dC). *Archivo Español de Arqueología*, 82, 275-300. <https://doi.org/10.3989/aespa.082.009.011>
- Blanco-González, A.; López-Sáez, J.A.; Alba-Sánchez, F.; Abel-Schaad, D.; Pérez-Díaz, S. (2015). Medieval landscapes in the Spanish Central System (450-1350): a palaeoenvironmental and historical perspective. *Journal of Medieval Iberian Studies*, 7, 1-17. <https://doi.org/10.1080/17546559.2014.925135>
- Blaauw, M. (2010). Methods and code for "classical" age modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology*, 5, 512-518. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2010.01.002>
- Carrión, J.S.; Andrade, A.; Bennett, K.D.; Navarro, C.; Munuera, M. (2001a). Crossing forest thresholds: inertia and collapse in a Holocene sequence from south-central Spain. *The Holocene*, 11, 635-653. <https://doi.org/10.1191/09596830195672>
- Carrión, J.S.; Munuera, M.; Dupré, M.; Andrade, A. (2001b). Abrupt vegetation changes in the Segura mountains of southern Spain throughout the Holocene. *Journal of Ecology*, 89, 783-797. <https://doi.org/10.1046/j.0022-0477.2001.00601.x>
- Carrión, J.S.; Fuentes, N.; González-Sampériz, P.; Sánchez, L.; Finlayson, J.C.; Fernández, S.; Andrade, A. (2007). Holocene environmental change in a montane region of southern Europe with a long history of human settlement. *Quaternary Science Reviews*, 26, 1455-1475. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.03.013>
- Carrión, J.S.; Fernández, S.; González-Sampériz, P.; Gil-Romera, G.; Badal, E.; Carrión-Marco, Y.; López-Merino, L.; López-Sáez, J.A.; Fierro, E.; 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, 458-475. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.12.007>
- Colombarelli, D.; Beckmann, M.; van der Knaap, W.; Curdy, P.; Tinner, W. (2013). Changes in biodiversity and vegetation composition in the central Swiss Alps during the transition from pristine forest to first farming. *Diversity and Distributions*, 19, 157-170. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2012.00930.x>
- Conedera, M.; Tinner, W.; Nef, C.; Meurer, M.; Dickens, A.F.; Krebs, P. (2009). Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews*, 28, 555-576. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.11.005>

- Costa-Tenorio, M.; García-Antón, M.; Morla-Juaristi, C.; Sainz-Ollero, H. (1990). La evolución de los bosques de la Península Ibérica: una interpretación basada en datos paleobiogeográficos. *Ecología*, 1, 31-58.
- Costa-Tenorio, M.; Morla-Juaristi, C.; Sainz-Ollero, H. (2005). *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Planeta, Barcelona, 598 pp.
- Cugny, C.; Mazier, F.; Galop, D. (2010). Modern and fossil non-pollen palynomorphs from the Basque mountains (western Pyrenees, France): The use of coprophilous fungi to reconstruct pastoral activity. *Vegetation History and Archaeobotany*, 19, 391-408. <https://doi.org/10.1007/s00334-010-0242-6>
- Dorado, M.; Valdeolmillos, A.; Ruiz-Zapata, B. (2001). Actividad humana y dinámica de la vegetación en la Sierra de Ávila (Sistema Central Español) desde el Bronce Medio. *Polen*, 11, 39-49.
- Escudero, A.; Olano, J. M.; García, R.; Bariego, P.; Molina, C.; Arranz, J. A.; Ezquerro, F. J. (2008). *Guía básica para la interpretación de los hábitats de interés comunitario en Castilla y León*. Náyade, Junta de Castilla y León, Valladolid, 433 pp.
- Faegri K.; Iversen J. (1989). *Textbook of pollen analysis*. John Wiley, Chichester, 328 pp.
- Fernández, B.; Martínez, C.; García, J.A.; Puerto, A. (2004). Postfire regeneration in *Cytisus oromediterraneus*: sources of variation and morphology of the below-ground parts. *Acta Oecologica*, 26, 140-156. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2004.03.011>
- Fernández Gómez, F. (1998). La Edad del Hierro. En: *Historia de Ávila I. Prehistoria e Historia Antigua* (M. Mariné Isidro, ed.). Institución Gran Duque de Alba, Ávila, 105-280.
- Franco-Múgica, F. (2009). El análisis polínico en la reconstrucción del paisaje vegetal. En: *Los bosques de Gredos a través del tiempo*. (M. Génova; F. Gómez-Manzanegue; C. Morla-Juaristi, eds.). Junta de Castilla y León, Valladolid, 89-117.
- Franco-Múgica, F.; García-Antón, M.; Sainz-Ollero, H. (1997). Impacto antrópico y dinámica de la vegetación durante los últimos 2000 años BP en la vertiente septentrional de la Sierra de Gredos: Navarredonda (Ávila, España). *Revue de Paléobiologie*, 16, 29-45.
- García Martín, P. (1988). *La Ganadería Meseteña en la España Borbónica (1700-1836)*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 483 pp.
- Gavilán, R.; Jiménez, B.; Bacchetta, G.; Dimopoulos, P.; Mucina, L. (2013). Mountain biodiversity patterns in Southern Europe and North Africa. *Lazaroa*, 34, 7-10. https://doi.org/10.5209/rev_LAZA.2013.v34.n1.43650
- Gea-Izquierdo, G.; Viguera, B.; Cabrera, M.; Cañellas, I. (2014). Drought induced decline could portend widespread pine mortality at the xeric ecotone in managed Mediterranean pine-oak woodlands. *Forest Ecology and Management*, 320, 70-82. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.02.025>
- Gil Crespo, A. (1986). La desamortización eclesiástica en la provincia de Ávila. *Cuadernos Abulenses*, 5, 11-112.
- Gil-Romera, G.; López-Merino, L.; Carrión, J.S.; González-Sampériz, P.; Martín-Puertas, C.; López-Sáez, J.A.; Fernández, S.; García-Antón, M.; Stefanova, V. (2010). Interpreting resilience through long-term ecology: potential insights in western Mediterranean landscapes. *Open Ecology Journal*, 3, 43-53. <https://doi.org/10.2174/1874213001003020043>
- Grimm, E.C. (1987). Coniss: a Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computer & Geosciences*, 13, 13-35. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- Grimm, E.C. (2004). *TGView*. Illinois State Museum, Springfield.
- Hernando, M.R. (2002). *Indigenismo y romanización del territorio abulense (s V a. C.- s. III d. C.)*. Tesis doctoral. Universidad Complutense, Madrid, 460 pp.
- Klein, J. (1990). *La Mesta: Estudio de la historia económica española, 1273-1836*. Alianza Editorial, Madrid, 480 pp.
- Kriedte, P. (1987). *Feudalismo tardío y capital mercantil. Líneas maestras de la historia económica europea desde el siglo XVI hasta finales del XVIII*. Crítica, Barcelona, 246 pp.
- López-Merino, L.; López-Sáez, J.A.; Alba-Sánchez, F.; Pérez-Díaz, S.; Carrión, J.S. (2009). 2000 years of pastoralism and fire shaping high-altitude vegetation of Sierra de Gredos in central Spain. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 158, 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.07.003>
- López-Sáez, J.A.; López-García, P. (1994). Contribution of the palaeoecological knowledge of Quaternary in the Tiétar Valley (Sierra de Gredos, Ávila, Spain). *Revista Española de Micropaleontología*, 26, 61-66
- López-Sáez, J.A.; López-Merino, L. (2005). Precisiones metodológicas acerca de los indicios

- paleopalinológicos de agricultura en la Prehistoria de la Península Ibérica. *Portugalia*, 26, 53-64.
- López-Sáez, J.A.; López-Merino, L. (2007). Coprophilous fungi as a source of information an anthropic activities during the Prehistory in the Ablés Valley (Ávila, Spain): the archaeopalynological record. *Revista Española de Micropaleontología*, 39, 103-116.
- López-Sáez, J.A.; López-García, P.; Gómez, C.; Gil, P. (1996). Acerca del origen del castaño (*Castanea sativa*) en el Valle del Tiétar (Sierra de Gredos, Ávila). En: *Estudios Palinológicos* (B. Ruiz-Zapata, ed.). Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, 79-82.
- López-Sáez, J.A.; López-García, P.; Macías, R. (1997). Acción antrópica y reconstrucción de la vegetación durante el Holoceno reciente en el valle del Tiétar, Sierra de Gredos (Ávila). *Cuaternario y Geomorfología*, 11, 43-54.
- López-Sáez, J.A.; López-Merino, L.; Pérez-Díaz, S. (2008). Los vetones y sus paisajes: paleoambiente y paleoeconomía de los castros de Ávila. En: *Arqueología vetona. La Meseta Occidental en la Edad del Hierro* (J. Álvarez Sanchís, ed.). Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, 141-150.
- López-Sáez, J.A.; López-Merino, L.; Alba-Sánchez, F.; Pérez-Díaz, S. (2009). Contribución paleoambiental al estudio de la trashumancia en el sector abulense de la Sierra de Gredos. *Hispania*, 231, 9-38. <https://doi.org/10.3989/hispania.2009.v69.i231.97>
- López-Sáez, J.A.; López-Merino, L.; Alba-Sánchez, F.; Pérez-Díaz, S.; Abel-Schaad, D.; 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. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9634-z>
- López-Sáez, J.A.; Sánchez-Mata, D.; Alba-Sánchez, F.; Abel-Schaad, D.; Gavilán, R.; Pérez-Díaz, S. (2013). Discrimination of Scots pine forests in the Iberian Central System (*Pinus sylvestris* var. *iberica*) by means of pollen analysis. Phytosociological considerations. *Lazaroa*, 34, 191-208. https://doi.org/10.5209/rev_LAZA.2013.v34.n1.43599
- López-Sáez, J.A.; Abel-Schaad, D.; Pérez-Díaz, S.; Blanco-González, A.; Alba-Sánchez, F.; Dorado, M.; Ruiz-Zapata, B.; Gil-García, M.J.; Gómez-González, C.; Franco-Múgica, F. (2014). Vegetation history, climate and human impact in the Spanish Central System over the last 9000 years. *Quaternary International*, 353, 98-122. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.034>
- López-Sáez, J.A.; Alba-Sánchez, F.; Sánchez-Mata, D.; Abel-Schaad, D.; Gavilán, R.G.; Pérez-Díaz, S. (2015). A palynological approach to the study of *Quercus pyrenaica* forest communities in the Spanish Central System. *Phytocoenologia*, 45, 107-124. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2014/0044-0572>
- López-Sáez, J.A.; Abel-Schaad, D.; Robles-López S.; Pérez-Díaz, S.; Alba-Sánchez, F.; Nieto-Lugilde, D. (2016a). Landscape dynamics and human impact on high-mountain woodlands in the western Spanish Central System during the last three millennia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 9, 203-218. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.07.027>
- López-Sáez, J.A.; Sánchez-Mata, D.; Gavilán, R. (2016b). Syntaxonomical update on the relict groves of Scots pine (*Pinus sylvestris* L. var. *iberica* Svoboda) and Spanish black pine (*Pinus nigra* Arnold subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco) in the Gredos range (central Spain). *Lazaroa*, 37, 153-172.
- López-Sáez, J.A.; Serra-González, C.; Alba-Sánchez, F.; Robles-López, S.; Pérez-Díaz, S.; Abel-Schaad, D.; Glais, A. (2016c). Exploring seven hundred years of transhumance, dynamic, fire and human activity through a historical mountain pass in central Spain. *Journal of Mountain Science*, 13, 1139-1153. <https://doi.org/10.1007/s11629-016-3885-7>
- López-Sáez, J.A.; Blanco-González, A.; Abel-Schaad, D.; Robles-López, S.; Luélmo-Lautenschlaeger, R.; Pérez-Díaz, S.; Alba-Sánchez, F. (2017a). Transhumance dynamics in the Gredos range (central Spain) during the last two millennia. Environmental and socio-political vectors of change. En: *Historical transhumance in European marginal landscapes* (E. Costello; E. Svensson; M. Gardiner, eds.). Maney Publishing, Leeds, en prensa.
- López-Sáez, J.A.; Glais, A.; Robles-López, S.; Alba-Sánchez, F.; Pérez-Díaz, S.; Abel-Schaad, D.; Luélmo-Lautenschlaeger, R. (2017b). Unraveling the naturalness of sweet chestnut forests (*Castanea sativa* Mill.) in central Spain. *Vegetation History Archaeobotany*, 26, 167-182. <https://doi.org/10.1007/s00334-016-0575-x>
- Manglano, G.R. (2013). *Los verracos, un patrimonio arqueológico singular en el ámbito de la Península Ibérica. Estudio de los contextos de aparición y procedencia, identificación funcional y valoración patrimonial*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma, Madrid, 575 pp.

- Mariné, M. (1995). La época romana. En: *Historia de Ávila I. Prehistoria e Historia Antigua* (M. Mariné Isidro, ed.). Institución Gran Duque de Alba, Ávila, 281-338.
- Martín Lucas, J.M. (2013). Los barrios de "El Pinar" de El Tiemblo. *Boletín Valle de Iruelas*, 18, 11-12.
- Martín Lucas, J.M. (2015). La vieja destilería de mieras. *Boletín Valle de Iruelas*, 20, 23-24.
- Martínez Ruiz, E. (1996). *Tres sierras tres culturas: acabemos con los incendios forestales en España*. Ministerio de Agricultura, Madrid, 348 pp.
- Martino Pérez, D. (1997). Yacimientos romanos en el Alto Tiétar. Asentamientos rurales y mineros en los términos municipales de Mijares, Gavilanes y Pedro Bernardo. *Cuadernos Abulenses*, 26, 103-166.
- Molina Moreno, J.R. (1992). Flora y vegetación del valle de Iruelas (Ávila). *Cuadernos Abulenses*, 18, 11-150.
- Montiel, C.; Galiana, L. (2016). Fire scenarios in Spain: a territorial approach to proactive fire management in the context of global change. *Forests*, 7, 273. <https://doi.org/10.3390/f7110273>
- Moore, P.D.; Webb, J.A.; Collinson, M.E. (1991). *Pollen Analysis*. Blackwell, Londres, 216 pp.
- Nazarok, P.; Kruglov, O.; Menshov, O.; Kutsenko, M.; Sukhorada, A. (2014). Mapping soil erosion using magnetic susceptibility. A case study in Ukraine. *Solid Earth Discussions*, 6, 831-848. <https://doi.org/10.5194/sed-6-831-2014>
- Nieto, A. (1996). La posesión. En: *Contribución a la historia de la trashumancia en España* (P. García Martín; J.M. Sánchez Benito, eds.). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 83-120.
- Ninyerola, M.; Roure, J.M.; Fernández, X.P. (2005). *Atlas climático digital de la Península Ibérica: metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, 44 pp.
- Pausas, J.G.; Keeley, J.E. (2009). A burning story: the role of fire in the history of life. *BioScience*, 59, 593-601. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.10>
- Pérez-Figueras, C.; Terés, F.J.; Valero A.; Barrios, J.C. (1992). *Cuadernos de la Trashumancia 1. Sierra de Gredos*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 85 pp.
- Reille, M. (1999). *Pollen and spores from Europe and North Africa*, 2nd Ed. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marsella, 535 pp.
- Reimer, P.J.; Bard, E.; Bayliss, A.; Beck, J.W.; Blackwell, P.G.; Bronk Ramsey, C.; Buck, C.E.; Cheng, H.; Edwards, R.L.; Friedrich, M.; Grootes, P.M.; Guilderson, T.P.; Hafflidason, H.; Hajdas, I.; Hatté, C.; Heaton, T.J.; Hoffmann, D.L.; Hogg, A.G.; Hughen, K.A.; Kaiser, K. F.; Kromer, B.; Manning, S.W.; Niu, M.; Reimer, R.W.; Richards, D.A.; Scott, E.M.; Southon, J.R.; Staff, R.A.; Turney, C.S.M.; van der Plicht, J. (2013). Intcal13 and marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55, 1869-1887. https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16947
- Rivas-Martínez, S.; Belmonte, D.; Cantó, P.; Fernández-González, F.; Fuente, V.; Moreno, J.M.; Sánchez-Mata, D.; García-Sancho, L. (1987). Piornales, enebrales y pinares oromediterráneos (*Pino-Cytisium oromediterranei*) en el Sistema Central. *Lazaroa*, 7, 93-124.
- Robles-López, S.; Manzano-Rodríguez, S.; Pérez-Díaz, S.; López-Sáez, J.A. (2017). Labradillos mire, Gregos Range (central Spain). *Grana*, 56 (5), 398-400. <https://doi.org/10.1080/00173134.2017.1282976>
- Rubiales, J.M.; Génova, M. (2015). Late Holocene pinewoods persistence in the Gredos Mountains (central Spain) inferred from extensive megafossil evidence. *Quaternary Research*, 84, 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2015.04.006>
- Ruiz, M.; Ruiz, J.M. (1986). Ecological history of trashumance in Spain. *Biological Conservation*, 37, 73-86. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(86\)90035-2](https://doi.org/10.1016/0006-3207(86)90035-2)
- Ruiz del Árbol, M.; Sánchez, J.F.; López-Sáez, J.A.; López-García, P.; Macías, R.; López-Jiménez, O. (2003). A geoarchaeological approach to the study of Roman terraces: landscape transformations in a mining area in the north-western Iberian Peninsula. En: *The Mediterranean World Environment and History* (E. Fouache, ed.). Elsevier SAS, París, 331-339.
- Ruiz-Zapata, B.; Carrasco, R.M.; Gil-García, M.J.; Pedraza, J.; Razola, L.; Domínguez-Villar, D.; Gallardo, J.L. (2011). Dinámica de la vegetación durante el Holoceno en la Sierra de Gredos (Sistema Central Español). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, 105, 109-123.
- Salinas, M. (1999). En torno a viejas cuestiones: guerra, trashumancia y hospitalidad en la Hispania prerromana. En: *Pueblos, lenguas y escrituras en la Hispania prerromana* (F. Villar;

- F. Beltrán, eds.). Institución Fernando el Católico y Universidad de Salamanca, Salamanca, 282-292.
- Sánchez-Mata, D. (2016). *Habitats y vegetación natural en la alta montaña del Parque Regional de la Sierra de Gredos (Castilla y León, Ávila)*. CERSA, Salamanca, 158 pp.
- Sánchez Moreno, E. (1998). *Vettones: historia y arqueología de un pueblo prerromano*. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 333 pp.
- Schibler, L.; Boyko, T.; Ferdyn, M.; Gajda, B.; Höll, S.; Jordanova, N.; Rösler, W.; Magprox Team (2002). Topsoil magnetic susceptibility mapping: data reproducibility and compatibility, measurement strategy. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 46, 43-57. <https://doi.org/10.1023/A:1019885532390>
- Silva-Sánchez, N.; Martínez-Cortizas, A.; Abel-Schaad, D.; López-Sáez, J.A.; Mighall, T.M. (2016). Influence of climate change and human activities in the organic and inorganic composition of peat during the Little Ice Age (El Payo mire, Gata range, W Spain). *The Holocene*, 26, 1290-1303. <https://doi.org/10.1177/0959683616638439>
- Tinner, W.; Ammann, B. (2005). Long-term responses of mountain ecosystems to environmental changes: Resilience, adjustment, and vulnerability. En: *Global Change and Mountain Regions* (U.M. Huber, ed.). Springer, Berlín, 133-143. https://doi.org/10.1007/1-4020-3508-X_14
- Troitiño, M.A. (1999). *Evolución histórica y cambios en la organización del territorio del Valle del Tiétar abulense*. Institución Gran Duque de Alba, Ávila, 217 pp.
- Valbuena-Carabaña, M.; López de Heredia, U.; Fuentes-Utrilla, P.; González-Doncel, I.; Gil, L. (2010). Historical and recent changes in the Spanish forests: A socio-economic process. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162, 492-506. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.11.003>
- Valladares, F.; Camarero, J.J.; Pulido, F.; Gil, E. (2004). El bosque mediterráneo, un sistema humanizado y dinámico. En: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (F. Valladares, ed.). MIMAN, Madrid, 13-25.
- van Geel, B. (2001). Non-pollen palynomorphs. En: *Tracking environmental change using lake sediments, Vol. 3*. (J.P. Smol; H.J.B. Birks; W.M. Last, eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 99-119. https://doi.org/10.1007/0-306-47668-1_6
- Walden, J.; Oldfield, F.; Smith, J. (1999). *Environmental Magnetism: a Practical Guide. Technical Guide No. 6*. Quaternary Research Association, Londres, 243 pp.
- Whitlock, C.; Larsen, C.P.S. (2001). Charcoal as a fire proxy. En: *Tracking environmental change using lake sediments, Vol. 3*. (J.P. Smol; H.J.B. Birks; W.M. Last, eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 75-97. https://doi.org/10.1007/0-306-47668-1_5

