



**Una perspectiva paleoambiental de la explotación de la sal
en las Lagunas de Villafáfila (Tierra de Campos, Zamora)**

*A palaeoenvironmental perspective of prehistoric salt exploitation
in the Villafáfila wetlands (Tierra de Campos, Zamora)*

López-Sáez, J.A. ⁽¹⁾; Abel-Schaad, D. ⁽¹⁾; Iriarte, E. ⁽²⁾; Alba-Sánchez, F. ⁽³⁾;
Pérez-Díaz, S. ⁽¹⁾; Guerra-Doce, E. ⁽⁴⁾; Delibes de Castro, G. ⁽⁴⁾; Abarquero Moras, F.J. ⁽⁴⁾

- (1) Grupo de Investigación Arqueobiología, Instituto de Historia, CSIC. Albasanz 26-28, 28037, Madrid, España.
joseantonio.lopez@cchs.csic.es.
- (2) Laboratorio de Evolución Humana, Departamento de Ciencias Históricas y Geografía, Universidad de Burgos,
Paseo de Comendadores s/n, 09001, Burgos, España.
- (3) Departamento de Botánica, Universidad de Granada, Avenida de Fuentenueva s/n, 18071,
Granada, España.
- (4) Departamento de Prehistoria, Arqueología, Antropología Social y CC.TT. Historiográficas,
Universidad de Valladolid, Plaza del Campus s/n, 47011, Valladolid, España.

Resumen

La explotación de la sal en el complejo lagunar de Villafáfila (Tierra de Campos, Zamora) es uno de los eventos más importantes de la meseta norte de la península ibérica desde la Prehistoria. La producción de sal se documenta a partir del periodo Campaniforme (ca. 2450 cal BC). En 2013, se efectuó un sondeo mecánico en los pastizales húmedos anexos a la Laguna de las Salinas. El análisis de polen y microfósiles no polínicos de este registro sugiere el origen de la laguna hace al menos ocho mil años vinculado al evento climático 8,2 ka cal BP, un ambiente muy antropizado desde los inicios del Calcolítico ca. 3300 cal BC y la posterior explotación de la sal, la degradación paulatina y definitiva del bosque de encinas a partir de la Edad del Bronce, y, en general, una amplia variabilidad climática alternando fases húmedas y áridas a lo largo de toda la secuencia paleoambiental.

Palabras clave: Paleoambiente; Variabilidad climática; Impacto humano; Holoceno; Lagunas salinas; Meseta norte.



Abstract

Salt exploitation in the Villafáfila lagoon complex (Tierra de Campos, Zamora) is one of the most important events since Prehistory in the northern plateau of the Iberian Peninsula. Salt production is documented from the Bell Beaker (*ca.* 2450 cal BC). In 2013, a core drilling was performed in the salty swamp of the Laguna de las Salinas. The analysis of pollen and non-pollen palynomorphs of this record suggests the origin of the lagoon eight thousand years ago linked to the 8,2 ky cal BP climatic event, a very anthropized environment from the beginning of the Chalcolithic period *ca.* 3300 cal BC and the subsequent exploitation of salt, the gradual and definitive degradation of the holm oak forest from the Bronze Age onwards, and, in general, a wide climatic variability, with alternate humid and arid phases throughout the palaeoenvironmental sequence.

Keywords: Palaeoenvironment; Climate variability; Human impact; Holocene; Salt lagoons; Northern plateau.

1. Introducción

Los humedales, en ambientes mediterráneos, representan ecosistemas de enorme importancia en el mantenimiento y control de la calidad ambiental y la biodiversidad en territorios semiáridos (Bernáldez *et al.*, 1989). Una cualidad intrínseca de algunos humedales es su carácter salino, de ahí que con frecuencia estos ecosistemas han estado expuestos a intensas actividades inducidas por el ser humano para la explotación de la sal. Los sistemas salinos interiores naturales existen ampliamente en todo el mundo, distribuyéndose principalmente en zonas de llanura, meseta y cuencas interiores en ambientes áridos y semiáridos, siendo de gran importancia hidrológica, económica y ecológica en los territorios donde se ubican (Yechieli y Wood, 2002). Muchas zonas húmedas del centro de España son salinas o subsalinas y han estado sujetas a cambios tanto naturales como a los inducidos por la actividad antrópica desde la Prehistoria (Cirujano *et al.*, 1992; Blondel *et al.*, 2010).

Lagos y lagunas del suroeste del Mediterráneo han demostrado ser valiosos archivos paleoambientales para reconstruir la evolución ambiental y temporal del clima y la dinámica antropogénica durante al menos los últimos diez mil años (por ej., Magny, 2004; Martín-Puertas *et al.*, 2008; Carrión *et al.*, 2010; Martín-Puertas *et al.*, 2011; Valero-Garcés y Moreno, 2011; Morellón *et al.*, 2012; Valero-Garcés *et al.*, 2014). En este sentido, en la

zona central y norte de la península ibérica se han estudiado fundamentalmente lagos de montaña ligados a la actividad glacial (López Merino *et al.*, 2011; Moreno *et al.*, 2011; 2012), lagos kársticos y lagunas endorreicas (López Merino *et al.*, 2009a; Currás *et al.*, 2012), y en menor medida sistemas salinos (salinas, marismas, lagunas halófilas) más o menos efímeros en los valles del Ebro, Duero y Tajo (Gómez Ferreras *et al.*, 1996; González-Sampériz *et al.*, 2008; 2009). Sin embargo, muy pocos son los estudios que integran a la vez el registro paleoambiental y el arqueológico a la hora de evaluar las consecuencias ecológicas derivadas de la explotación de la sal en humedales salinos; y, en paralelo, la potencialidad de ésta frente a la variabilidad climática y la dinámica antrópica, tanto a escala europea (Dufraisse y Gauthier, 2002; Weller *et al.*, 2009; Danu *et al.*, 2010) como exclusivamente en la península ibérica (Valiente *et al.*, 2007; 2009; Currás *et al.*, 2012; López-Sáez, 2012; Delibes de Castro *et al.*, 2015).

En el presente trabajo presentamos el estudio palinológico de la Laguna de las Salinas, ubicada en la Reserva Natural de las Lagunas de Villafáfila (Tierra de Campos, Zamora), un territorio de llanura de la meseta norte de la península ibérica donde la explotación de la sal ha sido documentada, desde un punto de vista arqueológico, desde la Prehistoria reciente (Abarquero Moras *et al.*, 2010a; 2012; Delibes de Castro *et al.*, 2015). Los objetivos

que se plantean son: i) evaluar la dinámica de la vegetación en la zona de estudio durante los últimos 8000 años en relación con las actividades humanas y la variabilidad climática; ii) relacionar los periodos de explotación de la sal documentados arqueológicamente con la dinámica climática y las pautas paleoecológicas reconocidas en el registro paleoambiental estudiado.

2. Marco físico y biogeográfico

El área de estudio se sitúa en la meseta norte del centro de la península ibérica, en el extremo suroccidental de la denominada Tierra de Campos al noroeste de la provincia de Zamora; una comarca geográfica caracterizada por paisajes de llanura de topografía plana, en los cuales abundan humedales salinos que se localizan en general en las zonas de depresión. El conjunto de humedales de Villafáfila puede clasificarse como de tipo hipersalino estacional (Yechieli y Wood, 2002); estando considerado en la actualidad un sitio Ramsar (Lagunas de Villafáfila), Lugar de Interés Comunitario (LIC), Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y una Reserva Natural, con una extensión aproximada de 32.682 ha entre las coordenadas 5°30'-5°39' de longitud oeste y 41°45'-41°52' de latitud norte; aunando dos hábitats de gran valor ecológico: el complejo lagunar en sí y la estepa cerealística del entorno inmediato (Rodríguez Alonso y Palacios, 2006).

Las Lagunas de Villafáfila se sitúan en los términos municipales de Villafáfila, Revellinos, Villarín de Campos y Tapioles (Figura 1). El conjunto lagunar está constituido por lagunas salinas, estacionales y esteparias, sometidas a un régimen temporal o semipermanente de inundación de 4 a 9 meses por año; en general alcanzan escasa profundidad, con máximos del orden de 0,75 m (Alonso, 2002). La superficie inundable, variable según la climatología anual, puede llegar a las 500 ha (Ena, 1986). Desde un punto de vista climático, la zona de estudio presenta un clima mediterráneo semiárido continental, con veranos muy

secos y calurosos e inviernos muy fríos, una precipitación media anual de 450 mm, con dos máximos pluviométricos en otoño y primavera, y una temperatura media anual de 12 °C (Capel Molina, 1981).

Geológicamente, el conjunto lagunar se ubica en el borde occidental de la cuenca del Duero, ocupando una extensa cuenca endorreica generada por el escaso drenaje de los sedimentos terciarios (margas y arcillas miocénicas) que la rellenan (Jordá Pardo, 1993). A nivel geomorfológico, las Lagunas de Villafáfila forman parte de dos sistemas morfogénicos diferenciados, fluvial y palustre, que en cualquier caso están interconectados y forman, en definitiva, una depresión semiendorreica desarrollada entre 670 y 680 m s.n.m. que queda limitada por retazos de materiales terciarios menos erosionados (oteros o tesos) (Jordá Pardo, 1993; Alonso, 2002). Las lagunas, que ocupan el fondo de la depresión, se disponen alineadas en sentido NE-SW.

Las más importantes son la Salina Grande, Laguna de Barrillos y Laguna de las Salinas (Figura 1), junto a las cuales existen unas 40 lagunas menores, totalizando más de 1000 ha de superficie encharcada (Alonso, 1998). El eje central de la cuenca endorreica es el río Salado, que conecta estas tres lagunas de más entidad. El acuífero, situado bajo las lagunas, corresponde a una zona de descarga de aguas subterráneas de largo recorrido, procedentes del exterior de la cuenca del río Salado y responsables de la alta salinidad tanto del acuífero -que también se nutre de aguas de infiltración local- como de las Lagunas de Villafáfila (Fernández Pérez y Cabrera, 1987). En los periodos secos, las lagunas se comportan como sistemas endorreicos acumulando sales y arcillas, formándose costras salinas en los suelos circundantes; mientras que en los periodos húmedos la tendencia es a descargar sus aguas salobres hacia arroyos de drenaje, exportando sedimentos y haciéndose más dulces (Alonso, 2002).

Desde un punto de vista biogeográfico, las Lagunas de Villafáfila se encuadran dentro

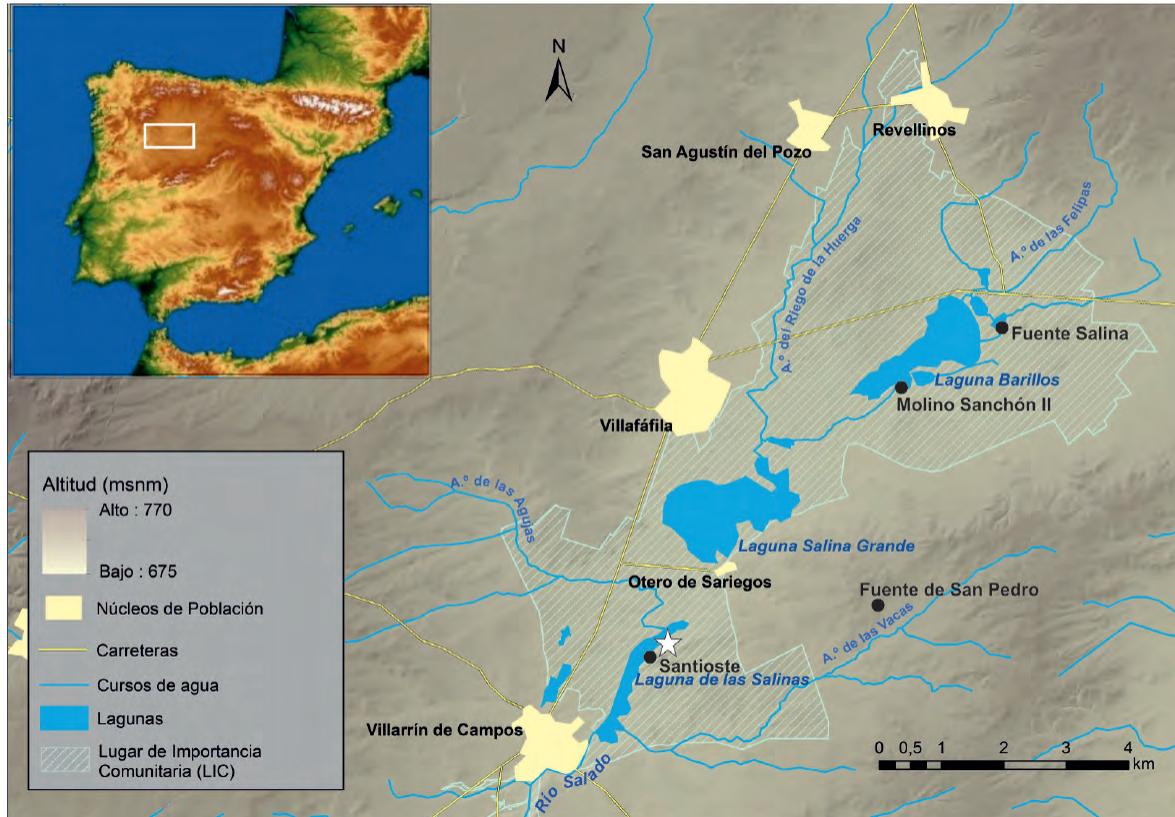


Figura 1: Localización del sondeo (estrella blanca) en la Laguna de las Salinas (Reserva Natural Lagunas de Villafáfila, Zamora) y yacimientos arqueológicos mencionados en el texto (círculos negros), a partir de la Infraestructura de Datos Espaciales de Castilla y León.

Figure 1: Location (white star) of the Laguna de las Salinas salt lagoon core (Natural Reserve Lagunas de Villafáfila, Zamora) and archaeological sites mentioned in the text (black circles), based on the Spatial Data Infrastructure of Castilla and León.

de la Región Mediterránea, Subregión Mediterránea Occidental, Provincia Mediterránea Ibérica Central, Subprovincia Castellana, Sector Castellano Duriense, Distrito Terracampino (Rivas Martínez, 2007). La vegetación potencial del área de estudio corresponde a la serie supra-mesomediterránea salmantina, lusitano-duriense y orensano-sanabriense de *Quercus ilex*; mientras que las geomacroseries riparias las constituyen alisedas silicifilas de *Alnus glutinosa* (Rivas Martínez, 1987). La presencia actual de ambas formaciones forestales es prácticamente nula por la excesiva presión ganadera, con apenas ejemplares aislados y relictos de encina y taray (*Tamarix* sp.), y pequeñas repoblaciones de pinos piñoneros (*Pinus pinea*) y resineros (*P. pinaster*)

en depósitos de arenas cuaternarias (Rey et al., 1990; Rodríguez Alonso y Palacios, 2006). Dado que la vegetación leñosa es prácticamente inexistente en la Reserva de las Lagunas de Villafáfila, el paisaje está dominado por una pseudo-estepa cerealista, barbechos y formaciones nitrófilas. En eriales, márgenes de cultivos, caminos y linderos se desarrolla una flora nitrófila y antropogénica donde se hacen abundantes especies tales como *Artemisia campestris*, *Convolvulus arvensis*, diversas Asteraceae de la subfamilia Cichorioideae (*Cichorium intybus*, *Chondrilla juncea*, *Scolymus hispanicus*, *Scorzonera humilis*, *Taraxacum officinale*), Boraginaceae (*Anchusa azurea*, *Echium vulgare*), *Erodium ciconium*, *Malva sylvestris* y *Papaver rhoeas*; así como

otros elementos antropozoógenos (*Plantago lanceolata*, *P. major*, *Rumex acetosa*) o ciertas Fabaceae (*Medicago sativa*, *Trifolium repens*, *Vicia cracca*, *V. ervilia*, *V. sativa*) y Apiaceae (*Eryngium campestre*) perennes (Ladero *et al.*, 1984; Molina, 1996).

La vegetación natural directamente asociada a las lagunas salinas se distribuye en bandas de vegetación relacionadas con la concentración de sales solubles y los ciclos de inundación-deseccación (Alonso y Morey, 1978). En aguas tranquilas y mesotróficas, de carácter salino o salobre, se ha citado la presencia de algunos hidrófitos halófilos vivaces y enraizantes como *Ruppia drepanensis* y *R. cirrhosa*, a los que acompañan con frecuencia carófitos (*Chara vulgaris*, *C. canescens*, etc.); mientras que en aguas dulces, neutras, meso-oligótrofas y muy poco salobres, prosperan comunidades acuáticas vivaces de *Callitriche platycarpa*, *C. truncata*, *Eleocharis palustris* y *Ranunculus trichophyllus* (Alonso y Morey, 1978; Cirujano *et al.*, 1992). La primera banda de vegetación, al borde mismo de las lagunas, la constituyen comunidades higrofitas halófilas dependientes del agua subterránea (freatofíticas), es decir pastizales salinos húmedos mediterráneos (*Juncetalia maritimi*) en los que las especies más representativas son las conocidas como juncia o castañuela (*Scirpus maritimus*, *S. lacustris*, *S. littoralis*) de la familia Cyperaceae y la gramínea *Aeluropus littoralis* (gramón), aunque la persistencia de estos juncales halófilos se ve amenazada por determinadas cargas excesivas de pastoreo ovino; en ambientes menos salinos (salobres) y enriquecidos en sustancias orgánicas en suspensión pueden abundar localmente otras especies higrófilas como el carrizo (*Phragmites australis*) y las espadañas (*Typha angustifolia*, *T. dominguensis*) (Alonso y Morey, 1978; Molina, 1996). En los cauces de aguas permanentes suelen hacerse dominantes los espadañales, mientras que en pozas y cauces sometidos a un estiaje acusado dominan los carrizales (Ladero *et al.*, 1984).

Una segunda banda de vegetación se desarrolla hacia el exterior de la anterior, entre

la lámina de agua y los cultivos de cereal, sometida a las oscilaciones temporales del nivel freático y por ende de la salinidad edáfica, constituida por matorrales halófilos mediterráneos de *Sarcocornetea fruticosi* típicos de la estepa salina mediterránea; en ellos abundan especies crassifolias de la familia Chenopodiaceae (*Salicornia europaea*, *Salsola soda*, *S. vermiculata*, *Suaeda vera*) y la gramínea *Puccinellia fasciculata* (Ladero *et al.*, 1984). Estos matorrales xerohalófilos, de óptimo estival, suelen ocupar suelos salitrosos, generalmente fangosos o estacionalmente anegados, en amplias áreas del complejo lagunar, constituyendo un magnífico indicador de suelos con elevada salinidad (hipersalinos) en los que tienen carácter pionero (Alonso y Morey, 1978). Por ejemplo, *Salicornia europaea* es capaz de sobrevivir en suelos fuertemente salinos, cubriendo amplias áreas sin la competencia de otras especies. Cuando las condiciones de salinidad y nitrificación (por descomposición de algas y otros organismos dulceacuícolas) del suelo son de origen natural, la especie dominante, gracias a su capacidad colonizadora, es *Suaeda vera*, que constituye comunidades monoespecíficas permanentes; mientras que *Salsola soda* coloniza suelos removidos con cierto grado de nitrofilia, lechos secos bañados por aguas de drenaje o el fondo de lagunas secas que retienen la humedad durante gran parte del año (Ladero *et al.*, 1984). Sin embargo, cuando las tasas de nitrificación derivan de un origen antrópico, estas comunidades evolucionan hacia fitocenosis halonitrófilas.

Este estudio paleoambiental se realizó a partir del registro sedimentario de la Laguna de las Salinas, una de los tres más grandes de Villafáfila (Figura 1). La Laguna de las Salinas se localiza en el municipio de Villarrín de Campos (UTM 30T, X: 282.770,19 E, Y: 4.632.263,45 N, Z: 680 m s.n.m.); se trata de una laguna estacional que cubre una superficie aproximada de 70 ha, con una longitud y anchura máximas de 3,36 y 0,877 km respectivamente, para un perímetro irregular total de 14,5 km.

3. Material y métodos

En junio del año 2013 se obtuvo un testigo sedimentario de 395 cm de potencia en la orilla oeste de la Laguna de las Salinas (señalado en la Figura 1 mediante una estrella blanca), en el seno de una formación de juncal halófilo. El sondeo se realizó mediante una sonda mecánica Van Walt/Eijkelkamp, la cual permite la recuperación de tramos de 1 m de longitud, hasta alcanzar la roca madre. No se produjeron fenómenos de compresión de los sedimentos en su proceso de recuperación. Las distintas secciones sedimentarias recogidas fueron debidamente selladas, rotuladas y almacenadas a una cámara frigorífica a 3°C hasta su apertura para ser muestreadas y analizadas. La testificación del sondeo y su caracterización litoestratigráfica, incluyendo sus facies sedimentarias, se realizó mediante la observación bajo lupa binocular con ayuda de un microscopio óptico Nikon AZ 100 (Tabla 1). En el laboratorio, el testigo sedimentario fue muestreado (2 cm³) a un intervalo de resolución de 5 cm, aunque en algunos tramos la resolución fue mayor (2,5 cm), especialmente en aquellos cuya cronología tenía un interés arqueológico añadido. En total se tomaron 89 muestras para análisis palinológico.

Catorce muestras fueron datadas radiocarbónicamente mediante AMS (Tabla 2) en el Centro Nacional de Aceleradores (CNA, Universidad de Sevilla-CSIC), y los laboratorios Beta-Analytic (Miami, EE.UU.) y Ångström Laboratory (Uppsala, Suecia). Las fechas radiocarbónicas fueron calibradas, en fechas cal BC/AD, mediante CALIB 7.1 usando la curva de calibración IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013). En la Tabla 2 se reseñan los intervalos de confianza de la calibración de cada fecha al 95% (2 σ) tras 1000 itineraciones. Estas fechas han sido empleadas para generar un modelo de edad-profundidad (Figura 2), mediante el software Clam 2.2 (Blaauw, 2010), utilizando una interpolación de tipo *smoothing spline curve*.

El tratamiento químico de las muestras sedimentológicas referidas (2 cm³) se ha realizado en las instalaciones del Grupo de Investiga-

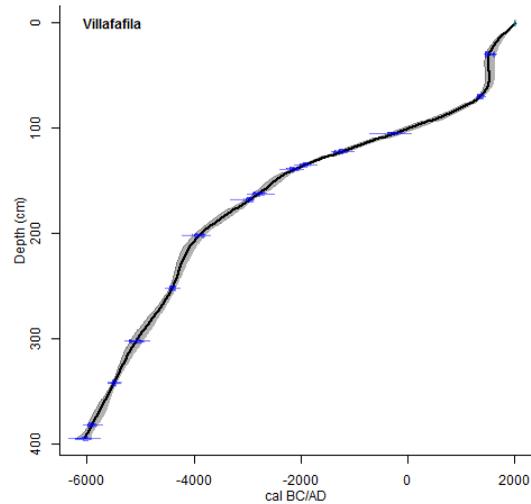


Figura 2: Modelo de edad-profundidad del registro paleoambiental de la Laguna de las Salinas.

Figure 2: Age-depth model of Laguna de las Salinas palaeoenvironmental record.

ción Arqueobiología (CCHS, CSIC), siguiendo la metodología estándar propuesta por Faegry e Iversen (1989), aunque sin acetólisis. 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. Los granos de polen, las esporas y los microfósiles no polínicos se identificaron mediante la utilización de claves diagnósticas y atlas polínicos (Moore *et al.*, 1991; Reille, 1999), y de la colección de referencia del Grupo de Investigación Arqueobiología del CSIC. La identificación del morfotipo *Cerealia* se ha realizado de acuerdo a Beug (2004) y López-Sáez y López Merino (2005), mientras que la *Pinus pinaster* siguiendo los criterios de Carrión *et al.* (2000). Los microfósiles no polínicos se identificaron según López-Sáez *et al.* (1998; 2000) y van Geel (2001). En cada muestra se han identificado un mínimo de 500 pólenes procedentes de plantas terrestres (suma base polínica, SBP). Los porcentajes relativos de cada palinomorfo en cada muestra vienen referidos a la SBP. De ésta se excluyeron los palinomorfos de taxones hidro-higrófitos, esporas y microfósiles no polínicos, cuyos porcentajes se calculan respecto a ella.

El procesamiento de los datos y su representación gráfica se realizó mediante los programas TILIA y TGview (Grimm, 1992; 2004); mientras que el análisis estadístico se efectuó con IBM SPSS Statistics 21. Para establecer la zonación de la secuencia polínica, se probaron distintos métodos aglomerativos. Basándonos en el significado ecológico de las zonas obtenidas se definieron 13 zonas polínicas locales (Figuras 3 y 4), a partir de un análisis de clúster aglomerativo constreñido de suma incremental de los cuadrados (CONISS) mediante una transformación de los porcentajes a su raíz cuadrada (Grimm, 1987). El número de zonas polínicas estadísticamente significativas se determinó mediante un modelo *broken-stick* (Bennett, 1996).

4. Resultados y discusión

4.1. Origen de la Laguna de las Salinas ca. 6040-5900 cal BC y su potencial relación con el evento climático abrupto 8,2 ka cal BP

La génesis del complejo lagunar de Villafáfila ha sido un motivo común de discusión en el seno de la comunidad científica, especialmente desde un punto de vista diacrónico. Algunos autores, a partir del estudio sedimentario de algunas lagunas del complejo, atisban que éstas tendrían al menos unos 5.000 años (Santisteban *et al.*, 2003), aunque para ello se basan fundamentalmente en el registro arqueológico que refiere la explotación de la sal en estos ambientes lagunares desde la Prehistoria (Abarquero Moras *et al.*, 2012). A la vista de los datos que aporta el registro sedimentario de la Laguna de las Salinas, cuyo nivel basal (395 cm) está datado en 6210-5919 cal BC (8159-7868 cal BP), puede afirmarse que esta laguna se formó, al menos, hará unos 8.000 años teniendo en cuenta la fecha más probable (6040 cal BC/7990 cal BP) (Tabla 2) y la litoestratigrafía de los niveles basales (Tabla 1). A pesar de que no puede extrapolarse tal cronología a todo el conjunto de las Lagunas de Villafáfila, para lo cual, en buena lógica, sería necesario la realización

de más sondeos abarcando todo el conjunto lagunar y su datación; sí, al menos, pueden señalarse algunos datos al respecto de las posibles causas que permitieron la acumulación de sedimentos de naturaleza lagunar en la Laguna de las Salinas hará unos ocho mil años.

Como se ha señalado para otros contextos sedimentarios semejantes de Europa occidental (Magny, 1993, 2004), cabe la posibilidad que ca. 6350-6100 cal BC, antes de la génesis de esta laguna, un evento climático abrupto, de corto recorrido cronológico, produjera en el área de estudio condiciones climáticas frías y extraordinariamente áridas. Éste, conocido internacionalmente como evento 8,2 ka cal BP (Bond *et al.*, 1997; Barber *et al.*, 1999; Magny *et al.*, 2003), ha sido documentado en registros paleoambientales de la península ibérica (López-Sáez *et al.*, 2008; González Sampérez *et al.*, 2009; López Merino *et al.*, 2012; García-Martínez de Lagrán *et al.*, 2015; López-Sáez *et al.*, 2017) ca. 8300-8050 cal BP (ca. 6350-6100 cal BC). La aridez provocada por dicho evento, con los procesos erosivos asociados, habría desmantelado parte de los niveles más superficiales de los suelos de Villafáfila, dando lugar a las geoformas tipo pequeña cubeta de excavación en las que hoy se asientan las lagunas; las cuales, como se comentó, apenas tienen profundidad, por lo que un proceso erosivo de tal magnitud, ligado a una aridez extrema, podría haber sido el causante de tales hechos (Magny, 1993). Posteriormente, ca. 6100-5900 cal BC (ca. 8050-7850 cal BP), el registro paleoambiental del suroccidente europeo demuestra el desencadenamiento de un periodo con precipitaciones abundantes, especialmente en invierno, repartidas a lo largo de todo el año (Magny *et al.*, 2003; 2007; Zhornyak *et al.*, 2011). Tales lluvias socavarían aún más las pequeñas cubetas excavadas del periodo anterior, empezando a acumularse agua en forma de pequeños lavajos o bodones, en los cuales un suelo impermeable (arcillas miocénicas) facilitaría el mantenimiento de un nivel palustre continuo y posiblemente la interconexión progresiva entre las lagunas formadas mediante el discurrir del arroyo Salado (Fernández Pérez y Cabrera, 1987).

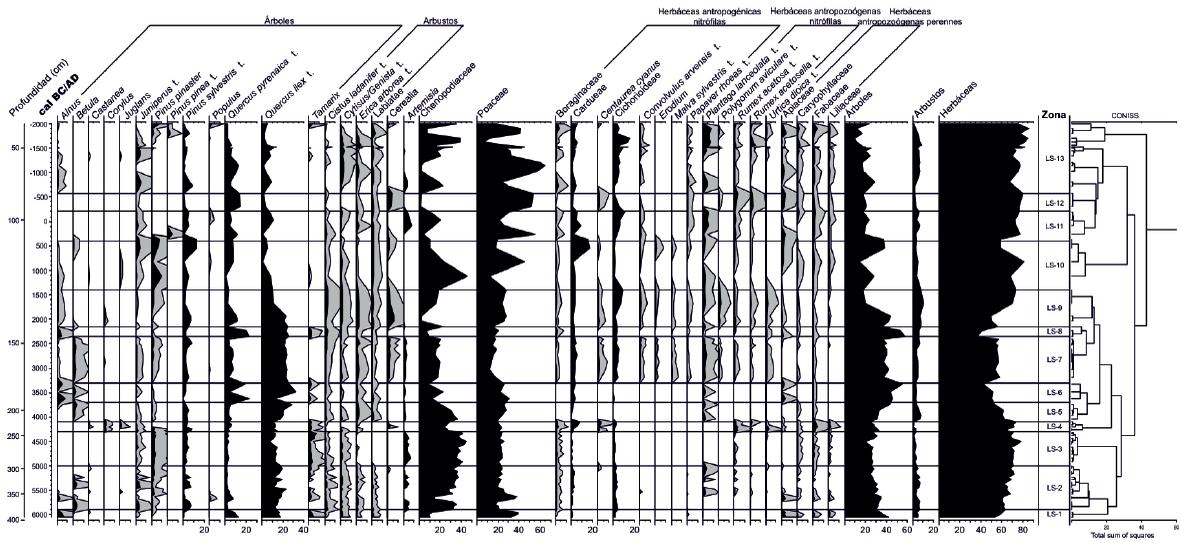


Figura 3: Diagrama palinológico de árboles, arbustos y herbáceas de la Laguna de las Salinas.
 Figure 3: Palynological diagram showing trees, shrubs and herbs of the Laguna de las Salinas salt lagoon.

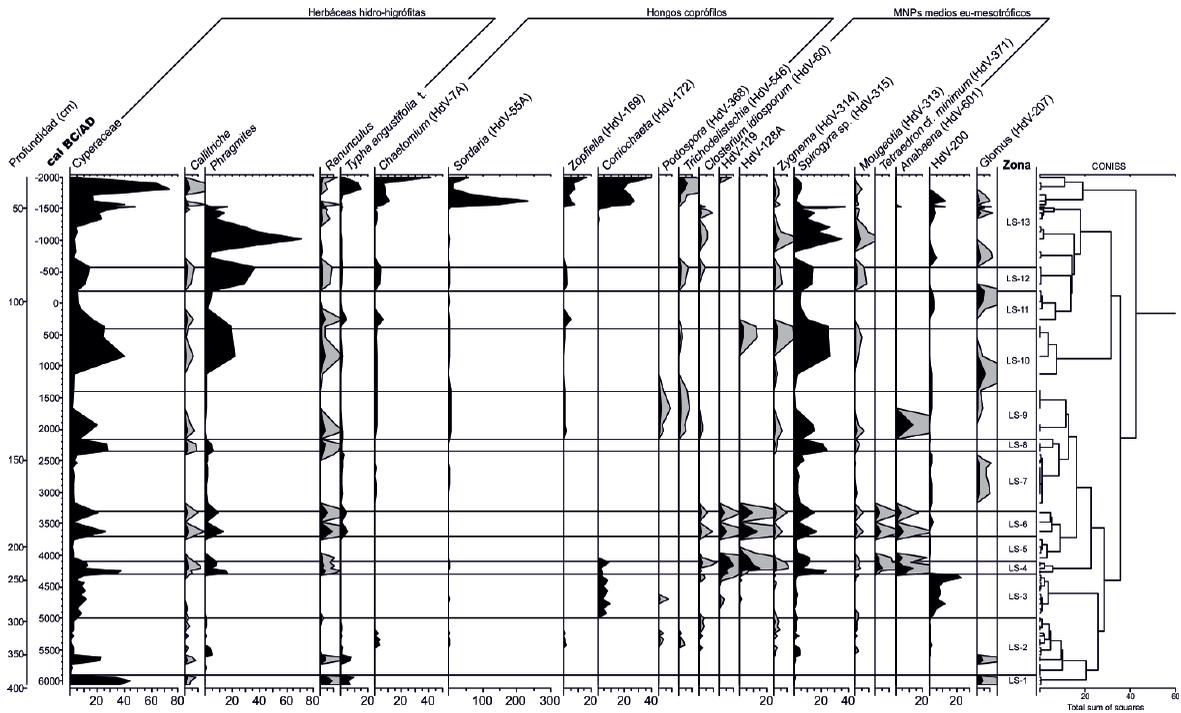


Figura 4: Diagrama palinológico de hidro-higrófilas y microfósiles no polínicos de la Laguna de las Salinas.
 Figure 4: Palynological diagram showing hydro-hygrophytes and non-pollen palynomorphs of the Laguna de las Salinas salt lagoon.

La base del registro sedimentario de la Laguna de las Salinas (zona polínica LS-1; 395-385 cm), ca. 6040-5900 cal BC, muestra estas condiciones señaladas húmedas y frías, con una estacionalidad muy poco marcada. Así lo atestiguan los elevados porcentajes de elementos hidro-higrófitos (Cyperaceae, *Callitriche*, *Ranunculus*, *Typha angustifolia*) que en conjunto suponen el 50-60% respecto a la suma base (Figura 4); demostrando la colonización pionera por vegetación anfibia de aguas abiertas, y de los bordes lagunares por una primera banda de vegetación de pastizales húmedos salinos dominados por especies de Cyperaceae y en menor medida por espadanales.

En el mismo sentido apunta la expansión de algunos elementos arbóreos típicos del bosque ripario (Figura 3), caso del aliso (*Alnus*; 4,2-6,7%), o más particularmente de los pocos árboles que pueden medrar en estos ambientes húmedos pero salinos como los tarays (*Tamarix*; 2,7-4,1%), demostrando, en conjunto, un nivel freático relativamente elevado. Los elementos xerohalófilos (Chenopodiaceae), en cambio, muestran porcentajes bajos (>12%) (Figura 3). La preponderancia de *Quercus pyrenaica* (8,8-12,4%) en este marco temporal sería también reflejo de las condiciones húmedas ambientales señaladas.

La escasa estacionalidad y el clima frío reinante en este intervalo cronológico se demuestran también por la ausencia de elementos termófilos típicos de ambientes lacustres, caso de la cianobacteria *Anabaena* o las algas zigmatáceas (*Spirogyra*, *Zygnema*, *Mougeotia*), cuya explosión poblacional se produce precisamente durante la primavera y el verano al elevarse la temperatura (López-Sáez et al., 1998; 2000). Estaríamos considerando, por tanto, un periodo estival relativamente frío, con una precipitación abundante repartida a lo largo de todo el año ca. 6040-5900 cal BC. Apoyando que este periodo fue un momento extremadamente lluvioso, casi torrencial, está el hecho de que los sedimentos de este tramo (395-385 cm) corresponden a arcillas gris-verdosas, plásticas, sin materia or-

gánica, pero ricas en gravas y arenas (Tabla 1), todo lo cual indicaría una escorrentía superficial copiosa y fuerte, erosiva, como también demuestra la presencia de clamidosporas del hongo *Glomus* ligado a estos procesos erosivos de dismantelación del nivel superficial del suelo (López-Sáez et al., 2000).

4.2. Variabilidad climática y primeras evidencias de antropización ca. 5900-4300 cal BC

Las zonas polínicas más antiguas del sondeo (LS-1 y LS-2; 395-300 cm) se extienden cronológicamente ca. 6040-5000 cal BC. Presentan un paisaje forestal dominado por elementos arbóreos (24,6-42%), entre los que abunda *Quercus ilex* (11-20%) y en menor medida *Q. pyrenaica* y *Pinus sylvestris* (Figura 3). Estos datos porcentuales apoyarían la existencia, en este marco cronológico, de un encinar relativamente abierto a nivel local, enriquecido en enebros (*Juniperus*), así como el desarrollo de formaciones caducifolias (robledales) y de pinares en los pie de monte y estribaciones montañosas que circundan el área de estudio desde un punto de vista regional (López-Sáez et al., 2010a; 2013; 2015). El cortejo arbusitivo de este encinar (3,3-7,8%) sería importante, estando compuesto básicamente por jaras (*Cistus ladanifer*), brezos (*Erica arborea*) y otros matorrales de leguminosas (*Cytisus/Genista*) y Labiatae.

Entre los hechos más reseñables que acontecen a partir de la zona polínica LS-2 (385-300 cm; ca. 5900-5000 cal BC) se documentan (Figuras 3 y 4): i) el progreso evidente que muestran las formaciones perennifolias (encinares) frente a las caducifolias (robledales); ii) la desaparición final del aliso (*Alnus*); iii) la regresión de *Tamarix*; iv) el descenso porcentual drástico de los elementos hidro-higrófilos (Cyperaceae, *Callitriche*, *Ranunculus*, *Typha angustifolia*) por debajo del 5%; y, v) el desarrollo de formaciones xerohalófilas de Chenopodiaceae. Estos hechos, en conjunto, pueden ponerse en correlación con el advenimiento de un periodo árido, ligeramente más cálido, que regionalmente habría favorecido

el aumento de abedules (*Betula*) y pinares al-timontanos (*Pinus sylvestris*). La disminución del nivel de la laguna y la xericidad reinante habrían provocado una mayor concentración de sales en superficie y el progreso de la flora halófila ligada a estos medios (Chenopodiaceae >30%); así como el desarrollo de otros elementos xerófilos como *Artemisia*. A nivel sedimentológico, la bajada del nivel de agua provocaría una mayor concentración de materia vegetal en las arcillas, sin aparecer ahora ni gravas ni arenas (Tabla 1). El aumento de la temperatura habría favorecido cierto auge en las aguas lagunares de microfósiles no polínicos característicos de medios eu-mesotróficos (Figura 4), caso de poblaciones algales de *Mougeotia*, *Spirogyra*, *Zygnema* y *Closterium idiosporum* que reflejarían periodos estivales más cálidos (van Geel *et al.*, 1981).

La dinámica paleoambiental señalada se vería interrumpida por una nueva fase húmeda intermedia ca. 5675-5625 cal BC (360-355 cm),

en la cual aumentan las quercíneas caducifolias, el aliso presenta un máximo porcentual antes de desaparecer en el techo de la zona polínica, aparece por primera vez en la secuencia otro elemento ripario como *Populus*, *Tamarix* se recupera, las comunidades xero-halófilas de Chenopodiaceae (<15%) y las xerófilas de *Artemisia* se reducen sensiblemente, se recuperan de manera ostensible los pastizales húmedos salinos (Cyperaceae 22-23%), los espadañales de *Typha angustifolia* y la vegetación anfibia (*Callitriche*, *Ranunculus*) (Figuras 3 y 4). La reaparición de *Glomus* permitiría relacionar este corto intervalo con un aumento de las precipitaciones y procesos erosivos asociados. A nivel sedimentológico reaparecen arcillas ligadas a gravas y arenas (Tabla 1), en un periodo de estacionalidad poco marcada con veranos lluviosos.

Las primeras evidencias de antropización en el registro polínico de la Laguna de las Salinas se documentan precisamente tras la fase hú-

Tabla 1: Descripción litoestratigráfica del sondeo de la Laguna de las Salinas.
Table 1: Lithostratigraphic description of the Laguna de las Salinas salt lagoon core.

Profundidad (cm)	Tipo de sedimento	Medio ambiente
0-3	Nivel turboso	Margen vegetado
3-23	Arcillas grises orgánicas	Laguna somera
23-32	Arcillas margosas grises orgánicas	Laguna somera
32-48	Arcillas grises orgánicas	Laguna somera
48-92	Margas grises orgánicas con restos vegetales	Laguna somera
92-93	Nivel de restos vegetales	Margen palustre vegetado
93-112	Margas grises orgánicas con restos vegetales	Laguna somera
112-142	Alternancia de niveles de arenas y gravas finas y arcillas. Abundantes restos vegetales	Margen fluvio-palustre
142-172	Limo gris-verdoso con intercalaciones de litoclastos margosos blancos (gravas y arenas). Abundantes restos vegetales.	Margen fluvio-palustre con abundantes intervalos de exposición subaérea
172-224	Arcillas grises orgánicas con abundantes restos vegetales (tallos y raíces)	Margen palustre vegetado
224-317	Limo gris-verdoso con intercalaciones de litoclastos margosos blancos (gravas y arenas). Abundantes restos vegetales.	Margen fluvio-palustre con abundantes intervalos de exposición subaérea
385-317	Limo gris-verdoso con restos vegetales	Laguna somera
385-395	Limo arcilloso gris-verdoso con niveles orgánicos y arenosos con gravas	Margen fluvio-palustre

Tabla 2: Dataciones absolutas de la Laguna de las Salinas. Todas las fechas han sido calibradas con el programa Calib 7.1 usando la curva IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013).

Table 2: Absolute radiocarbon dates from the Laguna de las Salinas salt lagoon. All dates have been calibrated using Calib 7.1. calibration program with the IntCal13 curve (Reimer *et al.*, 2013).

Nº laboratorio	Profundidad (cm)	Material	¹⁴ C edad (años BP)	Edad calibrada (años calendario BC/AD)	Fecha más probable
Ua-35516	30	Carbón	385 ± 30	AD 1443-1524 (68.7%) AD 1559-1564 (1.3%) AD 1569-1631 (30.0%)	AD 1494
CNA-691.1	70	Carbón	600 ± 35	AD 1296-1409 (100%)	AD 1347
CNA-690.1	105	Carbón	2200 ± 60	394-107 BC (100%)	267 BC
CNA-690.2	122.5	Carbón	3010 ± 30	1385-1340 BC (12.5%) 1309-1157 BC (83.2%) 1146-1128 BC (4.3%)	1251 BC
Beta-275689	135	Sedimento orgánico	3570 ± 30	2022-1989 BC (7.6%) 1985-1875 BC (85.1%) 1842-1818 BC (4.6%) 1797-1780 BC (2.8%)	1922 BC
Beta-355632	139	Carbón	3740 ± 30	2274-2257 BC (3.2%) 2208-2035 BC (96.8%)	2148 BC
Ua-37580	162.5	Carbón	4200 ± 40	2899-2834 BC (28.7%) 2818-2663 BC (70.2%) 2646-2638 BC (1.1%)	2782 BC
Beta-337223	168	Sedimento orgánico	4350 ± 30	3080-3070 BC (2.6%) 3025-2901 BC (97.4%)	2966 BC
CNA-691.2	202	Sedimento orgánico	5130 ± 40	4036-4021 BC (2.9%) 3995-3895 BC (53.9%) 3881-3800 BC (43.2%)	3930 BC
Beta-337224	252	Carbón	5570 ± 30	4456-4352 BC (100%)	4405 BC
Beta-355633	302.5	Sedimento orgánico	6130 ± 40	5211-4977 BC (98.2%) 4974-4963 BC (1.8%)	5076 BC
Beta-337225	342	Sedimento orgánico	6525 ± 25	5537-5469 BC (100%)	5491 BC
Beta-355635	382	Sedimento orgánico	7020 ± 40	5995-5809 BC (100%)	5914 BC
Beta-355634	395	Sedimento orgánico	7170 ± 60	6210-6132 BC (12.8%) 6128-5975 BC (81.6%) 5949-5919 BC (5.6%)	6041 BC

meda intermedia señalada, ca. 5625-5000 cal BC (techo zona polínica LS-2; 350-300 cm). En estos momentos se incrementan ligeramente ciertas herbáceas antropogénicas nitrófilas (Cardueae, Cichorioideae, *Centaurea cyanus*, *Convolvulus arvensis*) (Figura 3), indicativas de una leve antropización del paisaje circundante a la laguna (Behre, 1981; López-Sáez *et al.*, 2003b). Sin embargo, las evidencias antrópicas más reseñables se refieren al auge porcentual de ciertos elementos antropozoógenos nitrófilos (*Plantago lanceolata* >3%,

Rumex acetosa, *R. acetosella*, *Urtica dioica*) y la aparición de hongos coprófilos (*Chaetomium*, *Sordaria*, *Zopfiella*, *Podospora*, *Trichodelistschia*) (Figuras 3 y 4), que permitirían suponer cierto tipo de presión pastoral local (López-Sáez y López Merino, 2007; Cugny *et al.*, 2010). La primera evidencia de polen de Cerealia se confirma al final de la zona LS-2 ca. 5120-5055 cal BC (Figura 3), aunque con porcentajes bajos (0,2-0,5%) que no resultan suficientes para admitir cultivos en la inmediatez de la laguna (López-Sáez y López Merino,

2005). De acuerdo a Abarquero Moras *et al.* (2010b; 2012), los restos reconocidos sobre la presencia de un Neolítico en estas tierras son escasos y únicamente hacen referencia al yacimiento de Fuente de San Pedro (Figura 1), que se remitiría a un Neolítico interior del VI milenio cal BC. Los autores citan que dicho yacimiento está suficientemente alejado del conjunto endorreico de Villafáfila como para pensar que se pudo aprovechar de él a la hora de explotar la sal. No obstante, el análisis de polen sí demuestra que tales comunidades eran ganaderas y agricultoras y que cierta incidencia de sus actividades puede ser recogida en el diagrama polínico, sin dar lugar a procesos de antropización desmesurados del paleopaisaje. De hecho, *ca.* 5625-5000 cal BC se observa un leve retroceso del encinar en paralelo a la dinámica antrópica antes señalada, sin que éste pueda relacionarse de manera alguna con la explotación de la sal en el territorio.

Posteriormente, *ca.* 5000-4300 cal BC (zona polínica LS-3; 300-240 cm) las condiciones climáticas siguen siendo cálidas, tal y como atestigua la presencia más o menos constante de ciertos microfósiles no polínicos característicos de medios eu-mesotróficos (*Spirogyra*, *Zygnema*, HdV-119) (López-Sáez *et al.*, 1998); a la vez que áridas según se aprecia del máximo porcentual de HdV-200, un microfósil no polínico de origen fúngico vinculado a fases secas en ambientes húmedos (van Geel *et al.*, 1981). El paleopaisaje no difiere mucho del citado *ca.* 5625-5000 cal BC en cuanto a sus condiciones de aridez (Figura 3): dominan todavía comunidades xerohalófilas de Chenopodiaceae (35-43%) y xerófilas con *Artemisia* (1-5%), desaparecen temporalmente elementos significados del bosque ripario (*Alnus*, *Betula*), se reduce la vegetación acuática (*Callitriche*, *Ranunculus*), y se produce un ligero incremento de *Pinus pinaster* a nivel regional favorecido por el aumento de la temperatura (López-Sáez *et al.*, 2010b). A diferencia del periodo anterior, en éste las evidencias de antropización son casi inexistentes, con valores muy bajos de algunas herbáceas antropopélicas nitrófilas y zoógenas (Boraginaceae, Ci-

chorioideae, *Rumex acetosa*), la ausencia de polen de cereal, y la desaparición de la mayor parte de hongos coprófilos, salvo *Coniochaeta* (4-8%), cuyo aumento porcentual puede relacionarse con una mayor disponibilidad de materia orgánica disuelta en los sedimentos y no tanto con un incremento de la carga pastoral (van Geel *et al.*, 1983).

4.3. Alternancia entre fases áridas y húmedas *ca.* 4300-3300 cal BC

Entre *ca.* 4300-3300 cal BC, la secuencia polínica de la Laguna de las Salinas demuestra una reversión climática tripartita, con dos fases húmedas (*ca.* 4300-4100 y 3700-3300 cal BC) interrumpidas por una árida (*ca.* 4100-3700 cal BC) intermedia. Esta misma división paleoclimática se ha confirmado en diversos puntos de Europa occidental y central (Magny, 2004; Magny *et al.*, 2006; 2007).

Las dos fases húmedas, *ca.* 4300-4100 cal BC (zona polínica LS-4; 240-215 cm) y *ca.* 3700-3300 cal BC (zona polínica LS-6; 190-180 cm), se caracterizan por el progreso de pastizales húmedos halófilos (Cyperaceae), *Phragmites*, *Typha angustifolia* y vegetación acuática (*Callitriche*, *Ranunculus*), que en conjunto alcanzan valores superiores al 60% en ambas zonas polínicas, así como de *Tamarix* entre los elementos del bosque ripario (Figuras 3 y 4). En la segunda, además, reaparece *Alnus* (1-8%) y *Quercus pyrenaica* muestra dos máximos porcentuales (19 y 23%), mientras que *Q. ilex* muestra un patrón descendente en ambos casos al igual que *Pinus pinaster* (Figura 3). En cambio, en estos periodos más lluviosos las comunidades xerohalófilas de Chenopodiaceae tienden a reducirse sensiblemente. A su vez, al aumentar el nivel palustre, en ambas zonas polínicas, se produce una explosión poblacional de algas, cianobacterias y otros microfósiles no polínicos ligados a medios acuáticos, caso de *Closterium idiosporum*, HdV-119, HdV-128A, *Zygnema*, *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Anabaena* y *Tetraedron* cf. *minimum*; todos ellos, en su conjunto, indicativos de una marcada estacionalidad con primaveras y veranos más cálidos, ambientes laguna-

res con una trofia derivada hacia condiciones eu-mesotróficas por un enriquecimiento de las aguas en materia orgánica disuelta (Pals *et al.*, 1980; van Geel *et al.*, 1981; 1983; 1996; López-Sáez *et al.*, 1998; 2000). En la fase árida intermedia *ca.* 4100-3700 cal BC (zona polínica LS-5; 215-190 cm) la dinámica es justamente la contraria a la expuesta: desarrollo en encinares, desaparición de alisos y tarays, progreso de matorrales xerohalófilos (Chenopodiaceae) en detrimento de pastizales húmedos salinos (Cyperaceae) e hidrófitas (*Callitriche*, *Ranunculus*), y, finalmente, desaparición de las poblaciones algales y de cianobacterias antes citadas, lo cual incluso podría implicar que en el recorrido temporal de la zona polínica LS-5 la laguna permaneció en todo momento desecada.

A partir de *ca.* 4300-4100 cal BC (zona polínica LS-4) se detecta un incremento del impacto humano respecto al periodo precedente, ya que aumentan ciertas herbáceas nitrófilas antropogénicas (Boraginaceae, Cardueae, *Centaurea cyanus*, Cichorioideae) y antropozoógenas (*Rumex acetosa*, *R. acetosella*, *Urtica dioica*) así como otras perennes (Apiaceae, Caryophyllaceae, Fabaceae, Liliaceae), mientras que los hongos coprófilos están ausentes (Figura 3). Polen de Cerealía reaparece en la secuencia *ca.* 4205-4110 cal BC, con valores más elevados que en periodos anteriores (0,2-2%) pero aún insuficientes para admitir la existencia de cultivos inmediatamente anexos al sondeo (López-Sáez y López Merino, 2005). En periodos posteriores (zonas polínicas LS-5 y LS-6; *ca.* 4100-3300 cal BC) la influencia antrópica en el medio se reduce sensiblemente, salvo por la preponderancia de *Plantago lanceolata*, un elemento antropozoógeno probablemente ligado a la fauna silvestre que viviría en el entorno inmediato de la laguna. En definitiva, entre 4300 y 3300 cal BC, comunidades agricultoras y ganaderas semejantes a las citadas con anterioridad, apenas tendrían incidencia en la configuración del paisaje del entorno de la Laguna de las Salinas entre el Neolítico Medio y el Final, aunque su presencia se deja sentir esporádicamente en el registro palinológico.

4.4. Explotación de la sal y cultivos agrícolas durante el Calcolítico *ca.* 3300-2350 cal BC

En la zona polínica LS-7 (180-145 cm; *ca.* 3300-2350 cal BC) la cobertura arbórea disminuye progresivamente (37-41,6%), siendo especialmente evidente el retroceso de *Quercus ilex* (22-24%) y *Q. pyrenaica* (3-8%), así como de los elementos del bosque ripario (*Alnus*, *Tamarix*) que incluso llegan a desaparecer; mientras que otras especies arbóreas muestran cierto incremento, caso del abedul (*Betula*) y *Pinus sylvestris* (Figura 3), indicando condiciones más frías y áridas que en la fase húmeda precedente (zona polínica LS-6). El aumento porcentual de herbáceas xerófilas (*Artemisia*) y comunidades xerohalófilas (Chenopodiaceae) refrendaría esas condiciones más xéricas y el incremento de la concentración de sales en superficie; hechos que también quedan confirmados por mínimos valores de pastizales húmedos halófilos (Cyperaceae), *Phragmites*, *Typha angustifolia* y herbáceas hidrófilas (*Callitriche*, *Ranunculus*) (Figura 4). La total desaparición de la mayoría de algas y cianobacterias citadas con anterioridad (salvo *Spirogyra* y *Mougeotia* que disminuyen sus valores notablemente), así como de otros microfósiles no polínicos asociados a medios acuáticos eu-mesotróficos (HdV-119, HdV-128A), supondría una disminución generalizada de la temperatura así como de los niveles lagunares, pudiendo incluso haber desaparecido la laguna por entonces.

La reducción del encinar, a escala local, sugiere el aclareo de estos bosques en el entorno próximo a la Laguna de las Salinas, conformando un paisaje de tendencia adhesada (López-Sáez *et al.*, 2010a). Estos hechos, con toda probabilidad estuvieron vinculados al desarrollo de importantes actividades agrícolas en la inmediatez de la laguna, toda vez que se documenta de forma constante polen de Cerealía (1,3-2,5%) (López-Sáez *et al.*, 2003b; López-Sáez y López Merino, 2005), y se confirma un incremento de la presión pastoral en su entorno inmediato gracias al aumento porcentual de herbáceas nitrófilas antropo-

zoógenas (*Plantago lanceolata*, *Polygonum aviculare*, *Rumex acetosa*, *R. acetosella*, *Urtica dioica*) y algunos hongos coprófilos (*Chaetomium*) (Figuras 3 y 4) (López-Sáez y López Merino, 2007; Cugny *et al.*, 2010). Estos datos coinciden con lo señalado por otros registros polínicos de la meseta norte, los cuales demuestran la existencia de una economía mixta (agrícola y ganadera), asociada a una fase climática especialmente árida, entre el último tercio del IV milenio cal BC y los dos primeros tercios del III milenio cal BC (López-Sáez *et al.*, 2003a; López-Sáez y López García, 2004; López Merino *et al.*, 2008; López-Sáez, 2009; López-Sáez *et al.*, 2009; 2014).

Desde un punto de vista cronocultural, esta fase árida *ca.* 3300-2350 cal BC corresponde al desarrollo del Calcolítico en el entorno de las Lagunas de Villafáfila; particularmente al horizonte Las Pozas (pre-Campaniforme), del cual el número de yacimientos documentados en la comarca es relativamente abundante (Guerra Doce *et al.*, 2011; Abarquero Moras *et al.*, 2012), corroborando así la información aportada por el estudio polínico. Éste, a su vez, confirma la gran diversidad de modelos productivos propuestos para estas comunidades precampaniformes, que desarrollarían una intensa actividad agrícola en suelos arcillosos, combinada con una cabaña ganadera en zonas cercanas, y la utilización de técnicas de quema y aclarado para la generación de amplias zonas de pastizal produciendo así una deforestación progresiva de los entornos forestales (Delibes de Castro *et al.*, 2015).

En el yacimiento de Molino Sanchón II, ubicado en el complejo lagunar de Villafáfila (Figura 1), donde se ha documentado en su fase más antigua la presencia de cerámica Campaniforme asociada a la explotación salinera (Guerra Doce *et al.*, 2011; 2015; Delibes de Castro *et al.*, 2015), el actual repertorio de fechas radiocarbónicas disponible (Abarquero Moras *et al.*, 2012; en este mismo volumen) sitúa los momentos más antiguos en un marco cronológico *ca.* 2484-2140 cal BC, que podría precisarse aún más teniendo en cuenta la datación obtenida en la base de la secuencia estratigrá-

fica en un contexto de balsa de decantación de salmuera *ca.* 2461-2207 cal BC. El cómputo de fechas obtenidas en Molino Sanchón II permitiría ajustar los inicios de la explotación salinera en las Lagunas de Villafáfila *ca.* 2450 cal BC, actividad ésta que se extendería aproximadamente hasta el último siglo del III milenio cal BC sin alcanzar los momentos finales del mismo. En este sentido, el aumento porcentual que experimenta Chenopodiaceae en la zona polínica LS-7 (Figura 3) podría ser puesto en correlación no sólo con la fase árida antes comentada, sino también con el potencial uso de especies de esta familia botánica mediante su empapado y filtrado dentro del proceso de obtención de la salmuera por ignición documentado en Molino Sanchón II (Guerra Doce *et al.*, 2011), acelerando así la concentración de cloruro sódico de la solución que posteriormente sería hervida (Nenquin, 1961; Monah, 1991; Hocquet *et al.*, 2001).

Teniendo en cuenta los hechos señalados, resulta perfectamente asumible considerar que la actividad salinera en el entorno de la Laguna de las Salinas tuvo que iniciarse en el tramo final de la zona polínica LS-7 *ca.* 2450-2350 cal BC; momento éste asociado a la aparición de la cerámica Campaniforme en un momento de aridez climática muy marcado, ya que hasta el momento la explotación de la sal no ha sido documentada arqueológicamente durante el Calcolítico pre-Campaniforme (Guerra Doce *et al.*, 2011; 2015; Delibes de Castro *et al.*, 2015). De hecho, el citado incremento de las actividades agrícolas y ganaderas en el complejo lagunar, unido a un aumento reseñable de herbáceas antropogénicas nitrófilas y malas hierbas de cultivos (Boraginaceae, Cardueae, Cichorioideae, *Centaurea cyanus*, *Convolvulus arvensis*, *Erodium*, *Malva sylvestris*, *Papaver rhoeas*) (Figura 3), sería indicativo de una presión antrópica muy elevada en el entorno inmediato de la Laguna de las Salinas (Behre, 1981; López-Sáez *et al.*, 2003b), que probablemente podría relacionarse con el inicio de la explotación salinera.

Evidentemente, el inicio de tal actividad estuvo asociada, como se señaló, a toda una

serie de prácticas paleoeconómicas que comenzaron a tomar forma durante el Calcolítico pre-Campaniforme, momento que supone las primeras evidencias claras de actividades agrícolas y pastoriles en el entorno inmediato del complejo lagunar. En la segunda mitad del III milenio cal BC estas prácticas se mantuvieron y comenzó a explotarse la sal en la zona de estudio asociada al surgimiento del fenómeno Campaniforme (Guerra Doce *et al.*, 2011; 2015). Corroborando estos hechos, el análisis polínico de la fase más antigua de Molino Sanchón II (López-Sáez, 2012) demuestra la existencia de un paisaje de encinar relativamente abierto en su fase Campaniforme, en el que abundan pastizales antropogénicos y zoógenos fruto de una intensa presión humana y pastoral en el entorno inmediato al yacimiento, que se acompaña del cultivo de cereales en un periodo climático especialmente árido. La citada regresión del encinar durante la zona polínica LS-7 corrobora el estudio antracológico de Molino Sanchón II, que demuestra el uso de madera de encina (Zapata, 2012) vinculada a la explotación salinera y la utilización del fuego, principalmente en época estival cuando la concentración de sales en superficie sería más elevada al estar los niveles palustres más bajos (Abarquero Moras *et al.*, en este mismo volumen).

4.5. La transición Calcolítico-Edad del Bronce ca. 2350-1950 cal BC y el evento 4,2 cal BP

Las zonas polínicas LS-8 (ca. 2350-2150 cal BC; 145-140 cm) y LS-9 (ca. 2150-1400 cal BC; 140-125 cm) muestran un patrón paleoambiental muy complejo durante la transición Calcolítico-Edad del Bronce entre el III y el II milenios cal BC.

Al inicio de la zona polínica LS-8 el clima recobra condiciones de elevada pluviosidad, con precipitaciones regulares y una estacionalidad marcada con veranos calurosos. Las formaciones caducifolias (*Quercus pyrenaica*) muestran un auge en estos momentos (21-23%), lo mismo que los bosques regionales

de aliso (*Alnus* 3-4%) y taray (*Tamarix*), mientras que abedules (*Betula*) y pinos montanos (*Pinus sylvestris*) merman sus porcentajes (Figura 3). Fruto de la creciente humedad ambiental desaparecen taxones xerófilos como *Artemisia* y se reducen los xerohalófilos como Chenopodiaceae (7-10%), mientras que aumentan considerablemente los pastizales húmedos salinos de Cyperaceae (27-28%), *Phragmites*, y la vegetación anfibia (*Callitriche*, *Ranunculus*) (Figuras 3 y 4). Entre los microfósiles no polínicos, se aprecia un nuevo auge de las poblaciones algales (*Spirogyra* 21-25%, *Mougeotia*, *Zygnema*). En este intervalo de intensas precipitaciones ca. 2350-2200 cal BC, no obstante, la presión antrópica se reduce sensiblemente: no se documenta polen de cereal, la mayoría de herbáceas nitrófilas antropogénicas y antropozoógenas reducen sus valores, desaparecen los hongos coprófilos y *Quercus ilex* muestra cierta recuperación (26%).

La transición entre el final de la zona polínica LS-8 y los inicios de LS-9, ca. 2200-2000 cal BC, demuestra la recurrencia de condiciones climáticas notablemente áridas (Figuras 3 y 4): disminuyen los robledales (*Quercus pyrenaica* 2%) y las alisedas (*Alnus* <1%), desaparece *Tamarix*, se incrementan las comunidades xerohalófilas (Chenopodiaceae 22%), disminuyen los pastizales húmedos salinos (Cyperaceae <7%) y están ausentes *Phragmites* y la vegetación hidrófila, se produce una regresión de las poblaciones algales con mínimos valores de *Spirogyra* (5%), *Mougeotia* y *Zygnema*. En cambio, las prácticas antrópicas reaparecen de nuevo, documentándose polen de Cerealia (1,7%) y el incremento de herbáceas nitrófilas antropogénicas y antropozoógenas, así como la reaparición de algunos hongos coprófilos. A continuación, en el tramo intermedio de la zona polínica LS-9, ca. 2000-1950 cal BC, los primeros siglos del II milenio cal BC se muestran de nuevo como un periodo muy húmedo (Figuras 3 y 4), con una disminución porcentual muy acusada de las formaciones xerohalófilas (Chenopodiaceae 2%), el incremento de los pastizales húmedos salinos (Cyperaceae 20,5%) y la vegetación

hidrófila (*Callitriche*, *Ranunculus*), así como de *Spirogyra* (14%) y *Anabaena* (12,3%), sugiriendo la elevación del nivel palustre y el mantenimiento de condiciones eu-mesotróficas de las aguas (Pals *et al.*, 1980; van Geel *et al.*, 1981; 1983; 1996); aun cuando se mantienen las actividades agrícolas, al borde mismo de la laguna dado el alto porcentaje de *Cerealia* (6%), y las actividades pastoriles en su entorno inmediato por la continua presencia de elementos antropozoógenos y hongos coprófilos (López-Sáez y López Merino, 2005; 2007).

Estos últimos datos expuestos, *ca.* 2000-1950 cal BC, coinciden con los espectros polínicos de la fase II de Molino Sanchón II y de las fases Ia y Ib de Santioste (López-Sáez, 2012; Figura 1), cuya cronología debería situarse en los inicios del Bronce Antiguo *ca.* 2150-1950 cal BC (Abarquero Moras *et al.*, 2012; en este mismo volumen), en un intervalo temporal de unos dos siglos que incluye la última de las fases húmedas descritas en el registro polínico de la Laguna de las Salinas. En la fase II de Molino Sanchón aumentan los pastizales húmedos salinos y los robledales pero no se detecta cultivo de cereal aunque sí una ingente presión pastoral. En las fases Ia y Ib de Santioste, en cambio, la cerealicultura está documentada, seguramente la misma que se confirma en la Laguna de las Salinas en estos momentos, ya que este yacimiento está en el borde mismo de esta laguna (Figura 1).

En definitiva, en la transición del III al II milenios cal BC, la zona de estudio fue sometida a un evento climático abrupto de extrema aridez, el conocido como evento 4,2 ka cal BP (Magny, 1993; 2004), ocurrido entre 2350 y 1950 cal BC aproximadamente. Este evento ha sido reconocido como una fase de aridificación más que notable en la península ibérica (Fabián *et al.*, 2006; Lillios *et al.*, 2016). Magny *et al.* (2009) sostienen que este evento, en el Mediterráneo Occidental, se caracterizaría por una oscilación climática tripartita con dos fases húmedas (*ca.* 2350-2150 y 2000-1950 cal BC) separadas por una fase muy árida *ca.* 2150-2000 cal BC. El registro

polínico de la Laguna de las Salinas da cuenta de esta tripartición climática durante el evento 4,2 ka cal BP en el complejo lagunar de Villafáfila, en la transición entre el final del Calcolítico y los inicios de la Edad del Bronce. En la primera de las fases húmedas *ca.* 2350-2200 cal BC, la secuencia de la Laguna de las Salinas muestra una disminución sensible de la antropización y de toda práctica antrópica en el entorno lagunar, toda vez que finaliza el cultivo del cereal. Estos hechos confirman lo señalado por Abarquero Moras *et al.* (2012), quienes refieren una merma importante del número de yacimientos del Calcolítico Campaniforme a finales del III milenio cal BC, o, en cualquier caso, la inexistencia de asentamientos de esta cronología en la proximidad de la Laguna de las Salinas. En la fase árida intermedia *ca.* 2200-2000 cal BC, así como en la húmeda final *ca.* 2000-1950 cal BC, la antropización es constante y creciente sobre los ecosistemas aledaños al complejo lagunar, cultivándose cereales en el entorno próximo a éste, probablemente como reflejo de las actividades del vecino yacimiento de Santioste (Figura 1). La progresiva desaparición del encinar en los inicios del Bronce Antiguo es el mejor ejemplo de la continuación de la explotación salinera en las Lagunas de Villafáfila entre los dos últimos siglos del III milenio y el primer siglo del II milenio cal BC.

4.6. Poblamiento y deforestación durante la Edad del Bronce *ca.* 1950-1400 cal BC

El tramo final de la zona polínica LS-9, *ca.* 1950-1400 cal BC, se muestra como un nuevo periodo árido, en el que se recupera el dominio fisionómico del paisaje por parte de las comunidades xerohalófilas (*Chenopodiaceae* 16-18,5%) y se reducen los pastizales húmedos salinos (*Cyperaceae* <3%) y la flora acuática, desapareciendo las poblaciones algales y de cianobacterias; pero en el que sobre todo la antropización del medio comienza a ser muy evidente y significativa con la degradación del encinar, existiendo una presencia constante de polen de *Cerealia* (2-3%) y herbáceas nitrófilas antropogénicas ligadas

a medios antropizados y como malas hierbas de cultivos (Boraginaceae, Cardueae, Cichorioideae, *Convolvulus arvensis*, *Erodium*, *Papaver rhoeas*) (Behre, 1981) que alcanzan valores máximos (Figuras 3 y 4). La flora antropozoógena (*Plantago lanceolata*, *Polygonum aviculare*, *Rumex acetosella*, *Urtica dioica*) también muestra un auge porcentual, lo cual unido a la persistencia de ciertos hongos coprófilos (*Chaetomium*, *Sordaria*, *Zopfiella*) señala cierta presión pastoral (López-Sáez y López Merino, 2007; Cugny *et al.*, 2010). En definitiva, se trataría de un momento en el que la degradación de las formaciones forestales es muy importante, disminuyendo los valores de *Quercus ilex* al 10%, indicando un paisaje de encinar sumamente abierto y aclarado (López-Sáez *et al.*, 2010a).

Los datos señalados anteriormente, para el intervalo *ca.* 1950-1400 cal BC, coinciden plenamente con los resultados obtenidos en los espectros polínicos de la fase III del vecino yacimiento de Santioste (López-Sáez, 2012), donde los pastizales húmedos salinos dan paso progresivamente a formaciones xerófilas y comunidades xerohalófilas, aumenta significativamente la antropización, se degrada el bosque de encinas, y el clima es cada vez más árido y seco; aunque se mantiene el cultivo del cereal y una intensa actividad pastoril. También coinciden con el registro antracológico de dicha fase III, que demuestra el uso desmesurado de madera de encina (Zapata, 2012). Estando Santioste situado al borde mismo de la Laguna de las Salinas (Figura 1), es lógico que el efecto de la antropización se sienta no sólo en el estudio palinológico del propio yacimiento sino también en el registro lagunar que aquí se presenta, especialmente cuando es tan intensa y evidente. Esta tercera fase de Santioste ha sido datada *ca.* 1900-1535 cal BC (Abarquero Moras *et al.*, 2012; en este mismo volumen), entre el desarrollo y final del Bronce Antiguo e incluso en los albores del Bronce Medio.

La señalada alta antropización de los ecosistemas de Villafáfila *ca.* 1950-1400 cal BC, incluyendo la progresiva reducción del encinar,

coincide con el denso poblamiento atestigüado en la zona de estudio durante el Bronce Antiguo, periodo cronocultural en que la explotación de la sal continuó, quizá si cabe de manera más intensa que durante el Calcolítico (Abarquero Moras *et al.*, 2010a; 2012). Sin embargo, resulta razonable suponer que los efectos del evento climático abrupto 4,2 ka cal BP, especialmente la primera fase húmeda *ca.* 2350-2200 cal BC, incidieron de alguna manera modificando las estrategias económicas de los pobladores de la zona de estudio hasta entonces. Así lo demuestra que en dicho marco cronológico no se cultivara el cereal, que únicamente se recupera a partir de dicha fecha, y que tales estrategias probablemente derivaron en otras menos previsibles y productivas en razón del dramático descenso de sales en los suelos. Tales hechos, probablemente, implicaron la reubicación progresiva de los asentamientos de finales del Calcolítico en otras áreas durante los inicios del Bronce Antiguo *ca.* 2200-1950 cal BC; momento éste que corresponde a la ubicación de Santioste junto a la Laguna de la Salinas, a la reaparición de los cultivos de cereal y a la progresiva regresión del encinar hasta *ca.* 1400 cal BC. (Delibes de Castro *et al.*, 2015).

Aunque la explotación de la sal continuó en la zona de estudio durante la última fase húmeda del evento 4,2 ka cal BP, *ca.* 2000-1950 cal BC, es probable que por entonces el “endulzamiento” de las aguas obligara a replantearse la rentabilidad del aprovechamiento salinero de la explotación (Abarquero Moras *et al.*, 2012). Aun así, éste se mantuvo hasta *ca.* 1535 cal BC de acuerdo a las dataciones más recientes antes mencionadas de Santioste; en un marco climático de aridez creciente, en el cual la explotación de la sal fue cada vez más dificultosa, más insostenible, tanto por la falta de un recurso básico (el combustible facilitado por las encinas de la comarca) como por un abastecimiento de agua cada vez más dificultoso, ya que el progresivo descenso del nivel freático obligaría a excavar pozos cada vez más profundos, a invertir más esfuerzos en dicha labor hasta convertirla en una actividad poco fructífera. De hecho, durante el

Bronce Medio y Final se produce una drástica reducción de las estaciones arqueológicas en el área de estudio (Abarquero Moras *et al.*, 2010b; 2012), aunque se mantienen actividades agrícolas y ganaderas hasta *ca.* 1400 cal BC como demuestra el registro palinológico de la Laguna de las Salinas.

4.7. Antropización entre el final de la Edad del Bronce y la Primera Edad del Hierro *ca.* 1400-400 cal BC

Durante la zona polínica LS-10 (*ca.* 1400-400 cal BC; 125-110 cm) se mantiene la tendencia hacia condiciones climáticas cada vez más áridas, con máximos valores de taxones xerohalófilos (45,6%) *ca.* 1400-1000 cal BC, que contrastan con mínimos de pastizales húmedos salinos (Cyperaceae 3%) así como de otros elementos hidró-hidrófilos (*Callitriche*, *Phragmites*, *Ranunculus*, *Typha angustifolia*) y la ausencia generalizada de elementos algales y cianobacterias (salvo *Spirogyra* y *Zygnema* con valores muy bajos) (Figuras 3 y 4). El aumento porcentual de *Pinus pinaster* (9%) confirmaría esa xericidad creciente y probablemente condiciones climáticas más cálidas (López-Sáez *et al.*, 2010b).

En cuanto a la antropización, *ca.* 1400-1000 cal BC disminuyen notablemente las herbáceas nitrófilas, antropogénicas y antropozoógenas así como los hongos coprófilos, desapareciendo todo vestigio del cultivo de cereales (Figuras 3 y 4); sugiriendo una ralentización o cese de las actividades antrópicas en el entorno inmediato de la Laguna de las Salinas. Estos datos confirman lo señalado con anterioridad, respecto del bajísimo número de yacimientos arqueológicos reconocidos en el área de estudio para este intervalo cronológico correspondiente al Bronce Medio y Final (Abarquero Moras *et al.*, 2010b; 2012).

En el techo de la zona polínica LS-10, *ca.* 1000-400 cal BC, sin embargo, la tendencia es justamente la inversa (Figuras 3 y 4): aumentan espectacularmente los pastizales húmedos salinos (Cyperaceae 24,5-40%) y

otras higrófitas (*Phragmites* 20-22%), se desarrollan copiosamente los elementos anfibios e hidrófitos (*Callitriche*, *Ranunculus*), y se produce una explosión poblacional de algas y otros microfósiles no polínicos característicos de medios acuáticos eu-mesotróficos (HdV-128A, *Spirogyra* 26%, *Zygnema* 3%, *Mougeotia*). Todos estos hechos se producen en detrimento de las comunidades xerohalófilas (Chenopodiaceae 10%) y xerófilas (*Artemisia* desaparece), indicando condiciones climáticas más húmedas y probablemente templadas según se desprende del aumento porcentual de *Betula* y *Pinus sylvestris* (López-Sáez *et al.*, 2014; 2016a). En paralelo, la antropización del entorno de la Laguna de las Salinas parece sufrir un nuevo auge (Figura 3); reduciéndose aún más la cobertura de encinas (*Quercus ilex* 5,5%), reapareciendo polen de Cerealia (1,4%), alcanzando máximos valores en la secuencia ciertas herbáceas nitrófilas antropogénicas (Cardueae 17,5%, *Erodium*, *Malva sylvestris*), y manteniéndose valores constantes de elementos zoógenos y algunos hongos coprófilos. Este conjunto de hechos puede ser puesto en correlación con actividades desarrolladas por asentamientos de la Primera Edad del Hierro, que si bien son escasos en el área de estudio, lo cierto es que los hasta ahora documentados se sitúan todos ellos en la proximidad del conjunto lagunar de Villafáfila (Abarquero Moras *et al.*, 2010b; 2012). En cualquier caso, dichos autores señalan que estos asentamientos parecen mostrar un fuerte desapego por las lagunas y ningún interés por su explotación salinera. La fuerte deforestación del encinar documentada en el techo de la zona polínica LS-10 *ca.* 1000-400 cal BC no estaría por tanto vinculada a la explotación de la sal, sino a nutrir de combustible a los lugares de habitación de este periodo, por lo general más alejados del agua que las explotaciones salineras de periodos precedentes (Delibes de Castro *et al.*, 2015).

Estas condiciones de humedad descritas en el techo de LS-10 corresponden al advenimiento de un nuevo evento climático abrupto, el denominado 2,8 ka cal BP (López-Sáez y Blanco

González, 2005; López Merino *et al.*, 2009b; López-Sáez *et al.*, 2009; Blanco González y López-Sáez, 2013; López-Sáez *et al.*, 2014; 2016a); un cambio climático corto a escala planetaria que ocurrió *ca.* 850-760 cal BC (van Geel *et al.*, 1998; van Geel y Berglund, 2000). A diferencia de otros eventos citados, supuso el trasvase desde unas condiciones áridas y cálidas previas (finales del Bronce) a otras húmedas y templado-frías durante la Primera Edad del Hierro.

4.8. De la Segunda Edad del Hierro a la romanización *ca.* 400 cal BC-200 cal AD

A largo de la zona polínica LS-11 (*ca.* 400 cal BC-200 cal AD; 110-95 cm) se inicia una nueva fase árida caracterizada, de nuevo, por el progreso de formaciones xerófilas (*Artemisia* 7%) y comunidades xerohalófilas (Chenopodiaceae 10-11%), con la consiguiente y progresiva reducción de los pastizales húmedos halófilos (Cyperaceae 5%), *Phragmites*, el elenco de vegetación hidrófila y las poblaciones algales; aunque es cierto que al principio de LS-11 (*ca.* 400-260 cal BC) todos estos elementos húmedos tienen una mayor representación (45%) (Figuras 3 y 4). En cambio, HdV-200 aparece fundamentalmente representado en el techo de LS-11 *ca.* 260 cal BC-200 cal AD (4%), separando claramente dos fases a lo largo de esta zona polínica: una inicial más húmeda y otra posterior más seca en las cronologías antes descritas (van Geel *et al.*, 1981; López-Sáez *et al.*, 1998). *Pinus pinea* aparece por primera vez en el registro *ca.* 260 cal BC, para desaparecer posteriormente junto a *Pinus pinaster* y la reducción de *P. sylvestris* y *Quercus pyrenaica* *ca.* 90 cal BC-200 cal AD, a la vez que en este marco temporal *Quercus ilex* muestra un ligero aumento (1%) (Figura 3). La antropización a lo largo de LS-11 parece ser elevada, como se desprende de los altos valores que alcanzan ciertas herbáceas nitrófilas antropogénicas y antropozoógenas (Caryophyllaceae, Cichorioideae, *Plantago lanceolata*) y hongos coprófilos (*Chaetomium*, *Zopfiella*), sobre todo en el techo de la zona polínica a partir de *ca.* 90 cal BC, indicando un impacto

humano más importante a partir de esta fecha, vinculado también a la resiliencia de la presión pastoral (Behre, 1981; López-Sáez y López Merino, 2007). En cambio, la presencia de polen de Cerealia únicamente queda atestiguada *ca.* 400-260 cal BC, estando ausente desde esta última fecha hasta *ca.* 200 cal AD (Figura 3).

Los datos antes referidos pueden explicarse teniendo en cuenta tanto la diversidad en el poblamiento producida a lo largo del marco temporal comprendido por la zona polínica LS-11, como la variabilidad climática en este intervalo. De la Segunda Edad del Hierro (*ca.* 500/400-100/0 cal BC), en el complejo lagunar de Villafáfila apenas se conoce un yacimiento (Fuente Salina), localizado junto a la Laguna de Barillos (Figura 1) y relativamente alejado de la Laguna de las Salinas (Abarquero Moras *et al.*, 2010b; 2012). No obstante, aunque sea débilmente, la influencia de esta comunidad queda documentada en el registro polínico de la Laguna de las Salinas por la importancia de la flora antrópica, la presencia de hongos coprófilos y polen de Cerealia *ca.* 400-260 cal BC, que vendrían a señalar una economía mixta agrícola y ganadera de esta población. Es probable que el yacimiento de Fuente Salina, como afirman Abarquero Moras *et al.* (2012), pudiera haber funcionado como un centro neurálgico de la comarca, un asentamiento de grandes dimensiones (22 ha) que concentraba la población en torno a la red hidrográfica. Esta cualidad del yacimiento, y sus dimensiones, podrían explicar que aun estando alejado de la Laguna de las Salinas se dejaran sentir notablemente los efectos de sus actividades antrópicas, tanto de la deforestación continuada de las formaciones de encina como de la antropización del territorio mediante la cerealicultura y la ganadería. Con el cambio de era, la zona de estudio se incorpora al Imperio Romano, y aunque los yacimientos documentados en el entorno perilagunar son escasos y de poca entidad, cabe la posibilidad de que las salinas de Villafáfila hubieran podido ser explotadas por entonces (Abarquero Moras *et al.*, 2012). Una antropización del territorio más elevada

ca. 90 cal BC-200 cal AD, según se desprende del registro polínico de la Laguna de las Salinas, estaría de acuerdo con esta potencial explotación de las salinas en época romana; aunque de ser así tuvo que ser una actividad desarrollada en exclusiva con estos fines, ya que ni evidencias de agricultura ni de ganadería se confirman en tales fechas.

Desde un punto de vista climático, la transición entre la Segunda Edad del Hierro y la romanización correspondería al desarrollo del denominado Periodo Cálido Romano ca. 250 cal BC- 450 cal AD (Desprat *et al.*, 2003; Martín-Puertas *et al.*, 2008; López Merino *et al.*, 2009b; Serrano *et al.*, 2011; López-Sáez *et al.*, 2014), dentro del cual en la zona polínica LS-11 quedan recogidas sus dos primeras fases: una húmeda hasta ca. 260 cal BC y una posterior árida entre esta fecha y 200 cal AD.

4.9. De la romanización a los inicios de la Edad Media ca. 200-570 cal AD

La zona polínica LS-12 tiene escasa resolución cronológica, pues en apenas 5 cm (95-90 cm) recoge un intervalo temporal de casi 400 años (ca. 200-570 cal AD), correspondiente a la transición entre el final del Imperio Romano y los inicios de la Edad Media ca. 450 cal AD. Los espectros polínicos de esta zona demuestran el retroceso definitivo de la encina (*Quercus ilex*), disminuyendo sus valores por debajo del 3%, lo cual indicaría un paisaje muy deforestado con apenas pies de árbol dispersos (López-Sáez *et al.*, 2010a); probablemente como resultado de importantes actividades agrícolas en el entorno inmediato de la Laguna de las Salinas (Cerealia 4%) (López-Sáez y López Merino, 2005) y el consiguiente desarrollo de comunidades de malas hierbas de dichos cultivos (*Centaurea cyanus*, *Papaver rhoeas*) así como de algunas antropógenas (*Polygonum aviculare*, *Rumex acetosa*, *R. acetosella*) por el mantenimiento de cierta presión pastoral (Figura 3) (Behre, 1981; López-Sáez y López Merino, 2007; Cugny *et al.*, 2010).

Durante LS-12, los pastizales húmedos halófilos muestran una tendencia creciente (Cyperaceae 11-15%), al igual que otras higrófitas (*Phragmites* 29-36,5%) y la vegetación hidrófila (*Callitriche*, *Ranunculus*), produciéndose una nueva explosión poblacional de algas acuáticas de medios eu-mesotróficos (*Mougeotia*, *Spirogyra*, *Zygnema*), la desaparición de HdV-200 y *Artemisia*, y una drástica disminución de las formaciones xerohalófilas (Chenopodiaceae <2%). Paralelamente, las formaciones caducifolias cobran cierta importancia regional (*Quercus pyrenaica* 14-15%). Estos hechos serían indicativos de una nueva pulsación húmeda, con incremento de las temperaturas estivales (van Geel *et al.*, 1981; 1983). De hecho, a nivel climático la zona polínica LS-12 se ubica entre la última fase húmeda del Periodo Cálido Romano ca. 200-350 cal AD, coincidente además con el declive del Imperio Romano, y el inicio del Periodo Frío Altomedieval que se extendería hasta fechas posteriores ca. 450-950 cal AD, caracterizado por su clima frío pero con eventos lluviosos en ocasiones extremos y gran inestabilidad (Desprat *et al.*, 2003; Martín-Puertas *et al.*, 2008).

4.10. Gran inestabilidad climática durante los dos últimos milenios ca. 570 cal AD-presente

La última zona polínica del registro palinológico de la Laguna de las Salinas (LS-13; 90-1 cm) recoge aproximadamente los últimos 1.500 años de evolución paleoambiental en la Reserva Natural de las Lagunas de Villafáfila. Este amplio periodo temporal se muestra enormemente variable desde un punto de vista climático, en la que los elementos hidrohigrófilos muestran curvas opuestas respecto de los xerohalófilos, sugiriendo la alternancia de fases húmedas y secas a lo largo de su desarrollo (Figuras 3 y 4). Las fases más secas corresponden a máximos de Chenopodiaceae ca. 570-1210, 1515-1520, 1625-1705 y 1905 cal AD hasta el presente; mientras que las más húmedas se refieren a valores elevados de Cyperaceae, Poaceae (probablemente *Ae-*

Iuropus littoralis), *Callitriche* y *Ranunculus ca.* 1350-1515, 1520-1625 y 1705-1905 cal AD.

La primera de las fases áridas, *ca.* 570-1210 cal AD corresponde a la transición entre los últimos siglos del antes citado Periodo Frío Altomedieval y el desarrollo del Periodo Cálido Bajomedieval, un momento especialmente cálido en el seno de la Edad Media *ca.* 950-1350 cal AD (Desprat *et al.*, 2003). La tendencia fría al principio y más cálida posterior provocaría, en cualquier caso, el dominio paisajístico de comunidades xerohalófilas en el entorno lagunar de Villafáfila. No obstante, *ca.* 1025-1210 cal AD los carrizales constituyen la vegetación dominante en torno a la Laguna de las Salinas (*Phragmites* 71%), probablemente por el aumento de las temperaturas durante los meses de verano produciéndose un estiaje mucho más acusado (Ladero *et al.*, 1984), y por cierto incremento de la humedad edáfica en algunas fases del Periodo Cálido Bajomedieval (Martín-Puertas *et al.*, 2008; López-Sáez *et al.*, 2014). La documentación histórica reseña una elevada actividad salinera en Villafáfila desde el año 967 d.C., de acuerdo al numeroso número de *pau-satas* (centros de producción de sal) existente por entonces en la inmediatez de las lagunas (Yáñez, 1972; Rodríguez Rodríguez, 2000). Eran, fundamentalmente, centros de actividad estival (Abarquero Moras *et al.*, 2012); probablemente favorecidos, como demuestra el registro palinológico de la Laguna de las Salinas, por los bajos niveles palustres y un clima cálido en los inicios del Periodo Cálido Bajomedieval. De hecho, esta actividad salinera provocó una reducción significativa de la por entonces ya escasa cobertura de encinas, degradándose aún más (*Quercus ilex* 3,3%); sin estar confirmadas ni actividades agrícolas ni presión pastoral, pues de hecho en estos momentos no hay constancia ni de hongos coprófilos ni de herbáceas nitrófilas antropozógenas (Figuras 3 y 4).

El máximo esplendor de la explotación salinera de Villafáfila acaeció entre en el siglo XII d.C. y la primera mitad del siglo XIII d.C., momento en que también se multiplican los

núcleos poblados en el complejo lagunar (Abarquero Moras *et al.*, 2012). Sin lugar a dudas, tal esplendor puede relacionarse con condiciones climáticas especialmente cálidas en dicho marco cronológico relacionadas con el transcurrir del Periodo Cálido Bajomedieval. En el intervalo *ca.* 1210-1350 cal AD los pastizales húmedos salinos y las comunidades xerohalófilas dominan por igual, debido a la bonanza térmica y condiciones de pluviosidad variables al final del Periodo Cálido Bajomedieval (Desprat *et al.*, 2003).

Sin embargo, *ca.* 1350-1515 cal AD acontece una nueva fase húmeda en la cual las formaciones hidro-higrófilas cobran preponderancia, probablemente relacionada con el inicio de la Pequeña Edad de Hielo que se extendería *ca.* 1350-1850 cal AD (Bradley y Jones, 1993; Manrique y Fernández-Cancio, 2000; Saz, 2003; López-Sáez *et al.*, 2016b; Silva *et al.*, 2016). Abarquero Moras *et al.* (2012) sitúan en estas fechas, a mediados del siglo XIII d.C., la decadencia de las salinas de Villafáfila, quizá por la pérdida de calidad de las mueras, por su sobreexplotación, o por el inicio de una fase de menor insolación, aunque el factor determinante fueron los cambios geopolíticos. Probablemente la producción de Villafáfila acusó el impulso que los Reyes Católicos dieron a las instalaciones de Imón y Morenglos (Guadalajara), que surtieron a buena parte de la meseta norte (Archivo General de Simancas, Escribanía Mayor de Rentas, leg. 23, f. 160-162; Ortego Rico, 2013). El registro paleoambiental de la Laguna de las Salinas apoya estas tesis, al demostrar que en los siglos XIII y XIV cal AD el clima es progresivamente más húmedo y las temperaturas estivales más bajas (mínimos valores de algas eu-mesotróficas), lo cual a su vez pudo implicar cierto endulzamiento de las aguas de la laguna y menor potencialidad en la explotación salinera. A partir de *ca.* 1440-1515 cal AD los carrizales cobran de nuevo importancia en una fase con acusada estacionalidad coincidente con el mínimo de Spörer (Desprat *et al.*, 2003; Saz, 2003), compitiendo con los pastizales húmedos salinos de Cyperaceae (Figura 4). Estos periodos con temperaturas

veraniegas más elevadas, entre mediados del siglo XV y el comienzos del siglo XVI cal AD, se caracterizan también por elevados porcentajes de ciertos elementos algales (*Mougeotia*, *Spirogyra*, *Zygnema* y *Closterium idiosporum*; Figura 4) (van Geel *et al.*, 1981). Aunque posteriormente se produjo otra fase árida ca. 1515-1520 cal AD, ésta fue muy corta en el tiempo e inmediatamente reemplazada por una nueva pulsación húmeda ca. 1520-1625 cal AD, durante la cual se produjo un lento declive de la explotación salinera hasta su definitivo término a comienzos del siglo XVI d.C. (Rodríguez Rodríguez, 2000; Abarquero Moras *et al.*, 2012). La evidente inestabilidad climática de la Pequeña Edad de Hielo (Manrique y Fernández-Cancio, 2000; Desprat *et al.*, 2003; Vicente-Serrano y Cuadrat, 2007; Tejedor *et al.*, 2017) pudo contribuir a tales hechos, acrecentando las dificultades de explotación de la sal ante un clima enormemente variable tanto en el régimen de precipitación como de temperaturas.

El fin de la explotación de la sal en las Lagunas de Villafáfila tuvo una consecuencia inminente, que en la secuencia de la Laguna de las Salinas está marcada por un ascenso espectacular de los porcentajes de ciertos hongos coprófilos ca. 1560-1625 cal AD (Figura 4): *Sordaria* (148-235%), *Coniochaeta* (24-26%), *Chaetomium* (6-11%) o *Zopfiella* (5-8%). Tal incremento, en el seno de la pulsación húmeda antes citada, debe relacionarse inequívocamente con un aumento sustancial de anátidas invernantes y de la concentración de sus excrementos en el área de estudio (Ena y Alberto, 1977; Rodríguez Alonso y Palacios, 1995).

Tras la fase húmeda anterior comenzó un nuevo periodo seco ca. 1625-1705 cal AD, en el cual las comunidades xerohalófilas recuperan su preponderancia en detrimento de los pastizales húmedos salinos (Figuras 3 y 4); coincidiendo con un episodio especialmente frío y árido en el seno de la Pequeña Edad de Hielo, el denominado mínimo de Maunder (Desprat *et al.*, 2003; Vicente-Serrano y Cuadrat, 2007; Tejedor *et al.*, 2017). Esta fase

árida de finales del siglo XVII d.C. ha sido corroborada por algunos documentos históricos que hacen referencia a un periodo de años excepcionalmente secos de malas cosechas en la comarca de Villafáfila, dando lugar a una crisis generalizada de la sociedad castellana a nivel económico y social (De la Granja, 2003). De hecho, en este marco cronológico no existe evidencia alguna de polen de Cerealia en el registro palinológico de la Laguna de las Salinas. Una dinámica antrópica decadente permitiría la conservación local de una copiosa población de anátidas, con el consiguiente mantenimiento de valores elevados de hongos coprófilos (Figura 4).

El final de la Pequeña Edad de Hielo coincide con la última pulsación húmeda documentada en el registro paleoambiental de la Laguna de las Salinas ca. 1705-1905 cal AD, cuando los pastizales húmedos salinos (Cyperaceae 70-73%) alcanzan sus máximos valores en la secuencia; en consonancia con un importante desarrollo de los espadañales de *Typha angustifolia* (13-15%) (Figura 4), probablemente gracias a la existencia de aguas permanentes con cierto drenaje en el entorno lagunar (Alonso y Morey, 1978; Molina, 1996). Los porcentajes de hongos coprófilos se mantienen, salvo *Sordaria* que disminuye (11-14%) y *Trichodelistschia* que aumenta (4-6%), sugiriendo ese impacto producido por las poblaciones de anátidas en el ecosistema lagunar. El enriquecimiento en materia orgánica disuelta en el agua, procedente de los excrementos animales, favorecería la existencia de poblaciones algales de *Spirogyra* (5%), *Mougeotia* y *Zygnema*, bajo condiciones derivadas hacia la eutrofia (López-Sáez *et al.*, 1998; 2000).

El techo del registro palinológico de la Laguna de las Salinas, ca. 1905 cal AD hasta el presente, corresponde al periodo de calentamiento global actual, con el consiguiente desarrollo de comunidades xerohalófilas (Chenopodiaceae 35%); aun cuando los pastizales húmedos salinos (Cyperaceae 5%), ciertas higrófilas (*Typha angustifolia* 3%) y la vegetación hidrófila (*Ranunculus* 2,4%) siguen estando presentes pero con valores muy reducidos

(Figuras 3 y 4). De nuevo los hongos coprófilos cobran suma importancia (Figura 4), incrementando sus valores *Sordaria* (57%), *Chaetomium* (42%), *Coniochaeta* (40%) y *Zopfiella* (16%). Estos hechos permitirían admitir que la disminución progresiva de las especies de pastizales húmedos salinos (probablemente especies de *Scirpus* dentro de la familia Cyperaceae) no sólo estaría relacionada con un clima progresivamente más cálido y seco, sino también con su sobreexplotación al ser consumidas por la elevada fauna aviar de las Lagunas de Villafáfila, particularmente los án-sares, que en algunos lugares de la Reserva Natural han llegado a esquilmar por completo estos pastizales, obligando a crear zonas de protección y regeneración de la flora higrófila (Rodríguez Alonso y Palacios, 1995). En este periodo se documentan de nuevo actividades agrícolas, aunque el porcentaje del polen de *Cerealia* (1,6%) no permite admitir su cultivo en el entorno inmediato de la laguna (López-Sáez y López Merino, 2005).

6. Conclusiones

- El estudio palinológico de la Laguna de las Salinas ha permitido documentar la historia de la vegetación y la dinámica climática de las Lagunas de Villafáfila durante los últimos ocho mil años, relacionando ambas con las pautas de explotación de la sal en esta comarca en periodos prehistóricos e históricos.
- El origen del complejo palustre de la Laguna de las Salinas pudo estar relacionado con los procesos erosivos producidos tras el desencadenamiento de un periodo climático abrupto extraordinariamente árido, conocido como evento 8,2 ka cal BP. No obstante, esta afirmación debería ser confirmada mediante otros estudios paleoambientales en la comarca.
- Las primeras evidencias de antropización en el registro paleoambiental de la Laguna de las Salinas se documentan en la primera mitad del VI milenio cal BC (ca. 5625-5000 cal BC), a partir de un aumento porcentual de herbáceas antropogénicas y antropozoógenas nitrófilas así como de hongos coprófilos, lo cual permitiría suponer un incremento de la presión pastoral en el entorno lagunar. A finales de dicho milenio (ca. 5120-5055 cal BC) se constatan las primeras evidencias de agricultura de cereales en detrimento de la cobertura de encinar durante el Neolítico Antiguo. En los dos milenios posteriores, la variabilidad climática demuestra la alternancia entre fases cálidas y áridas (ca. 5000-4300 y 4100-3700 cal BC) y otras más húmedas (ca. 4300-4100 y 3700-3300 cal BC); las primeras caracterizadas por el progreso de las comunidades herbáceas xerohalófilas y del encinar; las segundas por el desarrollo de pastizales húmedos halófilos, el bosque ripario, y la explosión poblacional de algas y cianobacterias ligadas al medio acuático. El impacto humano entre el Neolítico Medio y Final es escaso.
- Durante el Calcolítico pre-Campaniforme (ca. 3300-2450 cal BC) se documenta un incremento de la actividad antrópica, vinculada tanto al pastoreo como al cultivo de cereales, la cual parece ser responsable de la disminución de la cobertura arbórea, originándose un paisaje de tipo dehesa. Estos hechos se producen en un marco climático de creciente aridez, durante el cual los pastizales húmedos halófilos se reducen sensiblemente y desaparecen la mayoría de poblaciones algales y de cianobacterias. Al final de este periodo (ca. 2450-2350 cal BC), en paralelo a la aparición de la cerámica Campaniforme, se inicia la actividad salinera en la Laguna de las Salinas, aumentando notablemente los indicadores polínicos de antropización.
- La secuencia paleoambiental de la Laguna de las Salinas documenta con gran nitidez el denominado evento climático 4,2 ka cal BP, el cual se desarrollaría en la transición entre el Calcolítico y el inicio de la Edad del Bronce (ca. 2350-1950 cal BC). Desde un punto de vista climático, este evento se caracterizaría por una oscilación tripartita del clima, con dos fases marcadamente húmedas (ca. 2350-2150 y 2000-1950

cal BC) entre las cuales se intercalaría una muy árida (ca. 2150-2000 cal BC).

- Durante la Edad del Bronce (ca. 1950-1000 cal BC) las comunidades xerohalófilas alcanzan gran desarrollo como consecuencia de la aridez climática. La antropización de los ecosistemas lagunares de Villafáfila se incrementa sustancialmente ante el desarrollo de importantes actividades agrícolas y ganaderas, degradándose paulatinamente las formaciones forestales en razón del aumento poblacional que se produce durante el Bronce Antiguo (ca. 1950-1400 cal BC) y de una explotación de la sal incluso más intensa. No obstante, durante el Bronce Medio y Final (ca. 1400-1000 cal BC) la actividad salinera disminuye progresivamente, reduciéndose el número de estaciones arqueológicas, probablemente en relación con el hecho de que la explotación de la sal tuvo que ser más difícil e insostenible al haber carestía de combustible (madera de encina) y tenerse que excavar pozos cada vez más profundos tras el descenso del nivel freático, lo cual redujo la rentabilidad de dicha explotación.
- Durante la Primera Edad del Hierro (ca. 1000-400 cal BC) aumenta sustancialmente la pluviosidad y con ello se produce un mayor desarrollo de los pastizales húmedos salinos y otras formaciones higrófilas e hidrófilas, en paralelo a un nuevo aumento poblacional de algas y microfósiles no polínicos en el medio acuático favorecidos por condiciones climáticas templadas. Estos hechos pueden ponerse en correlación con un nuevo evento climático abrupto denominado 2,8 ka cal BP. La antropización del entorno lagunar se incrementa, reduciéndose aún más las escasas formaciones arbóreas de encinar; en este caso como consecuencia de su explotación en forma de combustible para las zonas de hábitat que no en razón de su uso en la explotación salinera, la cual en este periodo cronocultural apenas tuvo importancia.
- A lo largo de la Segunda Edad del Hierro y durante la romanización de la zona de es-

tudio (ca. 400 cal BC-200 cal AD) se recuperan las condiciones áridas de periodos precedentes, en relación con el Periodo Cálido Romano, progresando de nuevo formaciones xerófilas y comunidades xerohalófilas en detrimento de los pastizales húmedos salinos. La dinámica antrópica sigue siendo elevada, documentándose actividades agrícolas ca. 400-260 cal BC; así como un mayor impacto antrópico desde ca. 90 cal BC, que podría ser correlacionado con la potencial explotación salinera de las Lagunas de Villafáfila en época romana.

- El inicio de la Edad Media ca. 450 cal AD llevó aparejado el declive definitivo de las formaciones forestales locales, los encinares, los cuales quedaron relegados a pies de árbol dispersos en el seno de un paisaje enormemente deforestado como consecuencia del desarrollo de una ingente actividad agrícola y ganadera.
- Los dos últimos milenios de la secuencia paleoambiental de la Laguna de las Salinas se muestran enormemente variables a nivel climático, alternándose fases húmedas y secas. En una de ellas, especialmente cálida, durante el Periodo Cálido Bajomedieval (ca. 950-1350 cal AD), la actividad salinera tuvo un auge reseñable, particularmente en época estival, aumentando el número de núcleos de población en el entorno de las lagunas durante el siglo XII d.C. y la primera mitad del siglo XIII d.C. Entre los siglos XIV y XVI d.C. (ca. 1350-1515 cal AD), no obstante, en consonancia con el inicio de la Pequeña Edad de Hielo, se produjeron condiciones climáticas húmedas; a la vez que la explotación salinera entró en decadencia por la pérdida de calidad de las mueras y por el desplazamiento de la producción de sal a otros territorios peninsulares.
- El fin de la explotación salinera en las Lagunas de Villafáfila, y con ello una menor presencia humana en la comarca, permitió que a partir de ca. 1560 cal AD la población de anátidas invernantes fuera incrementándose progresivamente; las

cuales, mediante sus excrementos, han ido enriqueciendo las aguas de la Laguna de las Salinas en materia orgánica, derivando éstas hacia condiciones eutróficas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al organismo gestor de la Reserva Natural Lagunas de Villafáfila, dependiente de la Fundación Patrimonio Natural de la Junta de Castilla y León, las facilidades ofrecidas para el desarrollo de este trabajo. Éste ha sido financiado por una ayuda de investigación concedida al primer autor por la Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León en 2013 para el *Estudio arqueobotánico y paleoambiental del entorno de las lagunas de Villafáfila*; y parcialmente por el Proyecto HAR2013-43701-P del Plan Nacional I+D+I del Ministerio de Economía y Competitividad.

Bibliografía

- Abarquero Moras, F.J.; Delibes de Castro, G.; Guerra Doce, E.; Palomino Lázaro, A.L.; del Val Recio, J.M. (2010a). *Cuarenta siglos de explotación de sal en las Lagunas de Villafáfila, Zamora (2500 A.C.-1500 D.C.)*. Junta de Castilla y León, Valladolid, 68 pp.
- Abarquero Moras, F.J.; Guerra Doce, E.; Delibes de Castro, G.; Negro García, M.J.; Palomino Lázaro, A.L.; Morales Parras, M.J.; del Val Recio, J.M. (2010b). Lecturas de una prospección: el poblamiento prehistórico en Villafáfila entre el Neolítico y la Edad del Hierro. En: *Los yacimientos de Villafáfila (Zamora) en el marco de las explotaciones salineras de la prehistoria europea* (F.J. Abarquero Moras; E. Guerra Doce, eds.). Junta de Castilla y León, Valladolid, 119-152.
- Abarquero Moras, F.J.; Guerra Doce, E.; Delibes de Castro, G.; Palomino Lázaro, A.L.; del Val Recio, J.M. (2012). *Arqueología de la Sal en las Lagunas de Villafáfila (Zamora): Investigaciones sobre los cocederos prehistóricos*. Investigaciones Arqueológicas en Castilla y León, Monografías 9, Junta de Castilla y León, Valladolid, 490 pp.
- Alonso, M. (1998). Las lagunas de la España peninsular. *Limnética*, 15, 1-176.
- Alonso, M. (2002). Humedales. En: *La naturaleza de España* (J.M. Reyero, ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 110-127.
- Alonso, C.; Morey, M. (1978). Distribución de la vegetación en relación con gradientes de encharcamiento y salinidad en las lagunas salobres de Villafáfila (Zamora). *Boletín de la Estación Central de Ecología*, 7, 21-38.
- Barber, D.C.; Dyke, A.; Hillarie-Marcel, C.; Jennings, A.E.; Andrews, J.T.; Kerwin, M.W.; Bildeau, G.; McNeely, R.; Southon, J.; Morehead, M.D.; Gagnon, J.M. (1999). Forcing of the cold event of 8200 years ago by catastrophic drainage of Laurentide lakes. *Nature*, 400, 344-348. <https://doi.org/10.1038/22504>
- Behre, K.E. (1981). The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores*, 23, 225-245.
- Bennett, K.D. (1996). Determination of the number of zones in a biostratigraphical sequence. *New Phytologist*, 132, 155-170. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1996.tb04521.x>
- Bernáldez, F.G.; Rey, J.M.; Levassor, C.; Peco, B. (1989). Landscape ecology of uncultivated lowlands in central Spain. *Landscape Ecology*, 3, 3-18. <https://doi.org/10.1007/BF00157752>
- Beug, H.J. (2004). *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete [1964]*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munich, 542 pp.
- 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>
- Blanco González, A.; López-Sáez, J.A. (2013). Dynamics of pioneer colonization in the Early Iron Age in the Duero basin (Central Iberia, Spain): Integrating archaeological and palynological records. *Environmental Archaeology*, 18, 102-113. <https://doi.org/10.1179/1461410313Z.00000000025>
- Blondel, J.; Aronson, J.; Bodiou, J.Y.; Boeuf, G. (2010). *The Mediterranean Region: Biological Diversity in space and time*. Oxford University Press, Oxford, 392 pp.
- Bond, G.; Showers, W.; Cheseby, M.; Lotti, R.; Almasi, P.; deMenocal, P.; Priore, P.; Cullen, H.; Hajdas, I.; Bonani, G. (1997). A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278, 1257-1266. <https://doi.org/10.1126/science.278.5341.1257>
- Bradley, R.S.; Jones, P.D. (1993). Little Ice Age' summer temperature variations: their na-

- ture and relevance to recent global warming trends. *The Holocene*, 3-4, 367-376. <https://doi.org/10.1177/095968369300300409>
- Capel Molina, J.J. (1981). *Los climas de España*. Oikos-Tau Ediciones, Barcelona, 429 pp.
- Carrión, J.S.; Navarro, C.; Navarro, J.; Muñuera, M. (2000). The distribution of cluster pine (*Pinus pinaster*) in Spain as derived from palaeoecological data: relationships with phytosociological classification. *The Holocene*, 10, 243-252. <https://doi.org/10.1191/095968300676937462>
- 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>
- Cirujano, S.; Velayos, M.; Castilla, F.; Gil, M. (1992). *Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península ibérica e Islas Baleares)*. ICONA-CSIC, Madrid, 456 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>
- Currás, A.; Zamora, L.; Reed, J.M.; García-Soto, E.; Ferrero, S.; Armengol, X.; Mezquita-Joanes, F.; Marqués, M.A.; Riera, S.; Julià, R. (2012). Climate change and human impact in central Spain during Roman times: High-resolution multi-proxy analysis of a tufa lake record (Somolinos, 1280 m asl). *Catena*, 89, 31-53. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.09.009>
- Danu, M.; Gauthier, E.; Weller, O. (2010). Human impact and vegetation history on salt spring exploitation (*Halabutoaia*-Tolici, Petricani, Neamt, Romania). *International Journal of Conservation Science*, 1, 167-173.
- De la Granja, M. (2003). La decadencia castellana en el final del siglo XVII a través de una Villa Terracampina: Villafáfila. *Estudios Humanísticos. Historia*, 2, 37-60. <https://doi.org/10.18002/ehh.v0i2.3045>
- Delibes de Castro, G.; Abarquero Moras, F.J.; Crespo Díez, M.; García García, M.; Guerra Doce, E.; López-Sáez, J.A.; Pérez Díaz, S.; Rodríguez Marcos, J.A. (2015). The archaeological and palynological record of the Northern Plateau of Spain during the second half of the 3rd millennium BC. En: *2200 BC - Ein Klimasturz als Ursache für den Zerfall der Alten Welt?* Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Halle, 429-448.
- Desprat, S.; Sánchez-Goñi, M.F.; Loutre, M.F. (2003). Revealing climatic variability of the last three millennia in northwestern Iberia using pollen influx data. *Earth and Planetary Science Letters*, 213, 63-78. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(03\)00292-9](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(03)00292-9)
- Dufraisse, A.; Gauthier, E. (2002). Exploitation des sources sales en Franche-Comté: impact sur l'espace forestier du Néolithique à la période médiévale. En: *Archéologie du sel: Techniques et Sociétés* (O. Weller, ed.). Internationale Archäologie-ASTK 3, Liège, 243-257.
- Ena, V. (1986). Salinas de Villafáfila. En: *Guía de las zonas húmedas de la Península ibérica y Baleares* (H. Da Cruz, ed.). Miraguano Ediciones, Madrid, 47-56.
- Ena, V.; Alberto, J.J. (1977). Avifauna 1975-77 no paseriforme en las Salinas de Villafáfila (Zamora): reproducción, predación y ecología. *Ardeola*, 24, 71-93.
- Fabián, J.; Blanco González, A.; López-Sáez, J.A. (2006). La transición Calcolítico-Bronce Antiguo desde una perspectiva arqueológica y ambiental: el Valle Amblés (Ávila) como referencia. *Arqueología Espacial*, 26, 37-56.
- Fægri, K.; Iversen, J. (1989). *Textbook of pollen analysis*. John Wiley & Sons, Chichester, 328 pp.
- Fernández Pérez, L.; Cabrera, M.P. (1987). Estudio hidrogeológico de las Lagunas de Villafáfila. *Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, 1, 441-459.
- García-Martínez de Lagrán, I.; Iriarte, E.; García-Gazólaz, J.; Tejedor-Rodríguez, C.; Gibaja-Bao, J.F.; Moreno-García, M.; Pérez-Jordá, G.; Ruiz-Alonso, M.; Sesma-Sesma, J.; Garrido-Pena, R.; Carrancho-Alonso, A.; Peña-Chocarro, L.; Rojo-Guerra, M.A. (2015). 8.2 Kyr BP paleoclimatic event and the Ebro Valley Mesolithic Groups: preliminary data from Artusia rock shelter (Unzué, Navarra, Spain). *Quaternary International*, 403, 151-173. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.06.050>
- Gómez Ferreras, C.; López García, P.; López-Sáez, J.A. (1996). Dinámica de la vegetación de las Lagunas de Villafáfila (Zamora) durante el Holoceno reciente. En: *Estudios Palinológicos*

- (B. Ruiz Zapata, ed.). Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, 57-61.
- González Sampérez, P.; Valero-Garcés, B.L.; Moreno, A.; Morellón, M.; Navas, A.; Machín, J.; Delgado-Huertas, A. (2008). Vegetation changes and hydrological fluctuations in the Central Ebro Basin (NE Spain) since the Late Glacial period: Saline lake records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 259, 157-181. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.005>
- González Sampérez, P.; Utrilla, P.; Mazo, C.; Valero, B.; Sopena, M.C.; Morellón, M.; Sebastián, M.; Moreno, A.; Martínez-Bea, M. (2009). Patterns of human occupation during the Early Holocene in the Central Ebro Basin (NE Spain): a response to the 8200-yr climatic event? *Quaternary Research*, 71, 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2008.10.006>
- Grimm, E.C. (1987). Coniss: a Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers and Geosciences*, 13, 13-35. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- Grimm, E.C. (1992). *Tilia, version 2*. Illinois State Museum. Research and Collection Center. Springfield, IL 62703.
- Grimm, E.C. (2004). *TGView*. Illinois State Museum. Springfield, IL 62703.
- Guerra Doce, E.; Delibes de Castro, G.; Abarquero Moras, F.J.; del Val Recio, J.M.; Palomino Lázaro, A.L. (2011). The Beaker salt production centre of Molino Sanchón II, Zamora, Spain. *Antiquity*, 85, 805-818. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00068320>
- Guerra Doce, E.; Abarquero Moras, F.J.; Delibes de Castro, G.; Palomino Lázaro, A.L.; del Val Recio, J.M. (2015). Bell Beaker Pottery as a Symbolic Marker or Property rights. The case of the Salt production centre of Molino Sanchón II, Zamora, Spain. En: *The Bell Beaker Transition in Europe. Mobility and Local Evolution during the 3rd Millennium BC* (M.P. Prieto Martínez; L. Salanova, eds). Oxbow Books, Oxford, 169-181.
- Hocquet, J.C.; Malpica Cuello, A.; Weller, O. (2001). *Hommes et paysages du sel. Une aventure millénaire*. Actes Sud, Arles, 191 pp.
- Jordá Pardo, J.F. (1993). Avance al estudio de la evolución ambiental de las Lagunas de Villafáfila (Zamora) durante la Prehistoria reciente y épocas históricas. El yacimiento de Santioste (Otero de Sariegos). *Anuario del Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo*, 1993, 79-121.
- Ladero, M.; Navarro, F.; Valle, C.J.; Marcos, B.; Ruiz, T.; Santos, M.T. (1984). Vegetación de los saladares castellano-leoneses. *Studia Botanica*, 3, 17-62.
- Lillios, K.T.; Blanco González, A.; Lee Drake, B.; López-Sáez, J.A. (2016). Mid-Late Holocene climate, demography, and cultural dynamics in Iberia: a multi-proxy approach. *Quaternary Science Reviews*, 135, 138-153. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.01.011>
- López Merino, L.; López-Sáez, J.A.; Ruiz, B.; Gil, M.J. (2008). Reconstructing the history of beech (*Fagus sylvatica* L.) in north-western Iberian Range (Spain): From Late-Glacial refugia to Holocene anthropic induced forests. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 152, 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2008.04.003>
- López Merino, L.; López-Sáez, J.A.; Alba, F.; Pérez Díaz, S.; Abel Schaad, D.; Guerra, E. (2009a). Estudio polínico de una laguna endorreica en Almenara de Adaja (Valladolid, Meseta norte): cambios ambientales y actividad humana durante los últimos 2.800 años. *Revista Española de Micropaleontología*, 41, 333-347.
- López Merino, L.; López-Sáez, J.A.; Alba-Sánchez, F.; Pérez-Díaz, S.; Carrión, J.S. (2009b). 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 Merino, L.; Moreno, A.; Leira, M.; Sigró, J.; González Sampérez, P.; Valero, B.L.; López-Sáez, J.A.; Brunet, M.; Aguilar, E. (2011). Two hundred years of environmental change in Picos de Europa National Park inferred from sediments of Lago Enol, northern Iberia. *Journal of Paleolimnology*, 46, 453-467. <https://doi.org/10.1007/s10933-011-9546-5>
- López Merino, L.; Silva, N.; Kaal, J.; López-Sáez, J.A.; Martínez, A. (2012). Post-disturbance vegetation dynamics during the Late Pleistocene and the Holocene: an example from NW Iberia. *Global and Planetary Change*, 92-93, 58-70. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.04.003>
- López-Sáez, J.A. (2009). El Valle Amblés en el III milenio cal BC. Acerca del origen antropozógeno del paisaje. *Cuadernos Abulenses*, 36, 211-221.
- López-Sáez, J.A. (2012). Historia de la vegetación en la comarca de Villafáfila durante el Holoceno Reciente. En: *Arqueología de la Sal en las Lagunas de Villafáfila (Zamora): Investiga-*

- ciones sobre los cocederos prehistóricos. (F.J. Abarquero Moras; E. Guerra Doce; G. Delibes de Castro; A.L. Palomino Lázaro; J.M. del Val Recio, eds.). Investigaciones Arqueológicas en Castilla y León, Monografías 9, Junta de Castilla y León, Valladolid, 369-379.
- López-Sáez, J.A.; van Geel, B.; Farbos-Texier, S.; Diot, M.F. (1998). Remarques paléoécologiques à propos de quelques palynomorphes non-polliniques provenant de sédiments quaternaires en France. *Revue de Paléobiologie*, 17, 445-459.
- López-Sáez, J.A.; van Geel, B.; Martín, M. (2000). Aplicación de los microfósiles no polínicos en Palinología Arqueológica. En: *Contributos das Ciências e das Tecnologias para a Arqueologia da Península ibérica. Actas 3º Congresso de Arqueologia Peninsular, vol. IX, Vila-Real, Portugal, setembro de 1999* (V. Oliveira Jorge, coord.). Adecap, Porto, 11-20.
- López-Sáez, J.A.; Dorado, M.; Burjachs, F.; Ruiz, B.; López, P.; Fabián, J.F. (2003a). Paleoambiente y paleoeconomía durante la Prehistoria en el Valle Amblés (Ávila). *Polen*, 13, 129-141.
- López-Sáez, J.A.; López García, P.; Burjachs, F. (2003b). Arqueopalinología: Síntesis crítica. *Polen*, 12, 5-35.
- López-Sáez, J.A.; López García, P. (2004). La agricultura en el Valle Amblés (Ávila, España) durante el III milenio cal BC. Consideraciones arqueopalinológicas. *Trabalhos de Antropologia e Etnologia*, 44, 169-180.
- López-Sáez, J.A.; Blanco González, A. (2005). La mutación Bronce Final/Primer Hierro en el suroeste de la Cuenca del Duero (provincia de Ávila): ¿cambio ecológico y social? En: *Bronce Final y Edad del Hierro en la Península ibérica* (A. Blanco; C. Cancelo; A. Esparza, eds.). Universidad de Salamanca, Salamanca, 229-250.
- López-Sáez J.A.; López Merino, L. (2005). Precisiones metodológicas acerca de los indicios paleopalinológicos de agricultura en la Prehistoria de la Península ibérica. *Portugalía*, 26, 53-64.
- López-Sáez, J.A.; López Merino, L. (2007). Coprophilous fungi as a source of information of anthropic activities during the Prehistory in the Amblés Valley (Ávila, Spain): the archaeopalynological record. *Revista Española de Micropaleontología*, 39, 103-116.
- López-Sáez, J.A.; López Merino, L.; Pérez-Díaz, S. (2008). Crisis climáticas en la Prehistoria de la Península ibérica: el evento 8200 cal. BP como modelo. En: *VII Congreso Ibérico de Arqueometría* (S. Rovira; M. García-Heras; M. Gener; I. Montero, eds.). CSIC, Madrid, 77-86.
- López-Sáez, J.A.; Blanco González, A.; López Merino, L.; Ruiz, B.; Dorado, M.; Pérez-Díaz, S.; Valdeolmillos, A.; Burjachs, F. (2009). Landscape and climatic changes during the end of the Late Prehistory in the Amblés Valley (Ávila, central Spain), from 1200 to 400 cal BC. *Quaternary International*, 200, 90-101. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.07.010>
- López-Sáez, J.A.; Alba-Sánchez, F.; López Merino, L.; Pérez-Díaz, S. (2010a). Modern pollen analysis: a reliable tool for discriminating *Quercus rotundifolia* communities in Central Spain. *Phytocoenologia*, 40, 57-72. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2010/0040-0430>
- López-Sáez, J.A.; López Merino, L.; Alba-Sánchez, F.; Pérez-Díaz, S.; Abel-Schaad, D.; Carrión, J.S. (2010b). 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, D.; Alba-Sánchez, F.; Abel-Schaad, D.; Gavilán, R.G.; 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, B.; Gil, M.J.; Gómez, C.; Franco, F. (2014). Vegetation history, climate and human impact in the Spanish Central System over the last 9,000 years. *Quaternary International*, 353, 98-122. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.034>
- López-Sáez, J.A.; Alba-Sánchez, F.; Sánchez, 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, S.; Pérez-Díaz, S.; Alba-Sánchez, F.; Nieto, 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.; Alba-Sánchez, F.; Robles, S.; Pérez-Díaz, S.; Abel-Schaad, D.; Sabariego, S.;

- Glais, A. (2016b). Exploring seven hundred years of transhumance, climate 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.; Figueiral, I.; Cruz, D. (2017). Palaeoenvironment and vegetation dynamics in Serra da Nave (Alto Paiva, Beira Alta, Portugal) during the Late Pleistocene and the Holocene. *Estudos Pré-históricos*, 19, 71-83.
- Magny, M. (1993). Solar influence on Holocene climatic changes illustrated by correlations between past lake-level fluctuations and the atmospheric ^{14}C record. *Quaternary Research*, 40, 1-9. <https://doi.org/10.1006/qres.1993.1050>
- Magny, M. (2004). Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quaternary International*, 40, 1-9. [https://doi.org/10.1016/s1040-6182\(03\)00080-6](https://doi.org/10.1016/s1040-6182(03)00080-6)
- Magny, M.; Bégeot, C.; Guiot, J.; Peyron, O. (2003). Contrasting patterns of hydrological changes in Europe in response to Holocene climate cooling phases. *Quaternary Science Reviews*, 22, 1589-1596. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(03\)00131-8](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(03)00131-8)
- Magny, M.; Leuzinger, U.; Bortenschlager, S.; Haas, J.N. (2006). Tripartite climate reversal in Central Europe 5600-5300 years ago. *Quaternary Research*, 65, 3-19. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2005.06.009>
- Magny, M.; de Beaulieu, J.L.; Drescher-Schneider, R.; Vannièrè, B.; Walter-Simonnet, A.V.; Miras, Y.; Millet, L.; Bossuet, G.; Peyron, O.; Brugiapaglia, E.; Leroux, A. (2007). Holocene climate changes in the central Mediterranean as recorded by lake-levels fluctuations at Lake Accesa (Tuscany, Italy). *Quaternary Science Reviews*, 26, 1736-1758. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.04.014>
- Magny, M.; Vannièrè, B.; Zanchetta, G.; Fouache, E.; Touchais, G.; Petrika, L.; Coussot, C.; Walter-Simonnet, A.V.; Arnaud, F. (2009). Possible complexity of the climatic event around 4300-3800 cal. BP in the central and western Mediterranean. *The Holocene*, 19, 823-833. <https://doi.org/10.1177/0959683609337360>
- Manrique, E.; Fernández-Cancio, A. (2000). Extreme climatic events in dendroclimatic reconstructions from Spain. *Climatic Change*, 44, 123-138.
- Martín-Puertas, C.; Valero-Garcés, B.L.; Mata, M.P.; González-Sampériz, P.; Bao, R.; Moreno, A.; Stefanova, V. (2008). Arid and humid phases in southern Spain during the last 4000 years: The Zoñar Lake record, Córdoba. *The Holocene*, 18, 907-921. <https://doi.org/10.1177/0959683608093533>
- Martín-Puertas, C.; Valero-Garcés, B.L.; Mata, M.P.; Moreno, A.; Giral, S.; Martínez-Ruiz, F.; Jiménez-Espejo, F. (2011). Geochemical processes in a Mediterranean lake: a high-resolution study of the last 4,000 years in Zoñar lake, southern Spain. *Journal of Paleolimnology*, 46, 405-421. <https://doi.org/10.1007/s10933-009-9373-0>
- Molina, J.A. (1996). Sobre la vegetación de los humedales de la Península ibérica (1. Phragmito-Magnocaricetea). *Lazaroa*, 16, 27-88.
- Monah, D. (1991). L'exploitation du sel dans les Carpates orientales et ses rapports avec la Culture de Cucuteni-Tripolye. En: *Le Paléolithique et le Néolithique de la Roumanie en contexte européen* (V. Chirica; D. Monah, eds.). Universitatea AL.I. Cuza, Bibliotheca Archaeologica Iassensis IV, Iasi, 387-400.
- Moore, P.D.; Webb, J.A.; Collinson, M.E. (1991). *Pollen Analysis*. Blackwell Scientific Publications, London, 216 pp.
- Morellón, M.; Pérez-Sanz, A.; Corella, J.P.; Büntgen, U.; Catalán, J.; González-Sampériz, P.; González-Trueba, J.J.; López-Sáez, J.A.; Moreno, A.; Plá-Rabes, S.; Saz-Sánchez, M.A.; Scussolinni, P.; Serrano, E.; Steinhilber, F.; Stefanova, V.; Vegas-Villarrubia, T.; Valero-Garcés, B. (2012). A multi-proxy perspective on millennium-long climate variability in the Southern Pyrenees. *Climate of the Past*, 8, 683-700. <https://doi.org/10.5194/cp-8-683-2012>
- Moreno, A.; López Merino, L.; Leira, M.; Marco Barba, J.; González Sampériz, P.; Valero Garcés, B.L.; López-Sáez, 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. <https://doi.org/10.1007/s10933-009-9387-7>
- Moreno, A.; González-Sampériz, P.; Morellón, M.; Valero-Garcés, B.L.; Fletcher, W.J. (2012). Northern Iberian abrupt climate change dynamics during the last glacial cycle: A view from lacustrine sediments. *Quaternary Science Reviews*, 36, 139-153. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.06.031>

- Nenquin, J.A.E. (1961). *Salt. A study in Economic Prehistory*. Dissertationes Archaeologicae Gandenses VI, De Tempel, Brugge, 161 pp.
- Ortego Rico, P. (2013). Las salinas de Atienza, Medinaceli y Molina de Aragón en la Baja Edad Media: propiedad, comercio y fiscalidad. *Historia. Instituciones. Documentos*, 40, 207-249. <https://doi.org/10.12795/hid.2013.i40.07>
- Pals, J.P.; van Geel, B.; Delfos, A. (1980). Palaeoecological studies in the Klokkeweel bog near Hoogkarspel (Prov. of Noord-Holland). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 30, 371-418. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(80\)90020-2](https://doi.org/10.1016/0034-6667(80)90020-2)
- Reille, M. (1999). *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, 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.; Haflidason, 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
- Rey, J.M.; Pérez Pérez, C.; González Bernáldez, F.; Zabaleta Franco, M. (1990). Tipología y cartografía por fotointerpretación de los humedales de las cuencas del Duero y del Tajo. *Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos*, 12, 5-26.
- Rivas Martínez, S. (1987). *Memoria del MAPA de Series de Vegetación de España, 1: 400.000*. MAPA-ICONA, Madrid, 268 pp.
- Rivas Martínez, S. (2007). Mapa de series, geoserries y geopermaseries de vegetación de España. Memoria del mapa de la vegetación potencial de España, parte I. *Itinera Geobotánica*, 17, 5-435.
- Rodríguez Alonso, M.; Palacios, J. (1995). Actuaciones en las Lagunas de la Reserva Nacional de Caza "Las Lagunas de Villafáfila" (Zamora). En: *Bases Ecológicas para la Restauración de Humedales en la Cuenca Mediterránea* (C. Montes; G. Oliver; F. Molina; J. Cobos, eds.). Junta de Andalucía, Sevilla, 229-238.
- Rodríguez Alonso, M.; Palacios Alberti, J. (2006). *Guía de la fauna de la Reserva Natural "Las Lagunas de Villafáfila"*. Junta de Castilla y León, Valladolid, 262 pp.
- Rodríguez Rodríguez, E. (2000). *Historia de las explotaciones salineras en las Lagunas de Villafáfila*. Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo, Zamora, 162 pp.
- Santisteban, J.I.; García del Cura, M.A.; Mediavilla, R.; Dabrio, C.J. (2003). Estudio preliminar de los sedimentos recientes de las Lagunas de Villafáfila. *Geogaceta*, 33, 51-54.
- Saz, M.A. (2003). *Análisis de la evolución del clima en la mitad septentrional de España desde el siglo XV a partir de serie dendroclimáticas*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 1105 pp.
- Serrano, O.; Mateo, M.A.; Dueñas, A.; Renom, P.; López Sáez, J.A.; Martínez, A. (2011). The *Posidonia oceanica* marine sedimentary record: A Holocene archive of heavy metal pollution. *Science of the Total Environment*, 409, 4831-4840. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.08.001>
- Silva, N.; Martínez, 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>
- Tejedor, E.; Saz, M.A.; Cuadrat, J.M.; Esper, J.; de Luis, M. (2017). Temperature variability in the Iberian Range since 1602 inferred from tree-ring records. *Climate of the Past*, 13, 93-106. <https://doi.org/10.5194/cp-13-93-2017>
- Valero-Garcés, B.; Moreno, A. (2011). Iberian lacustrine sediment records: responses to past and recent global changes in the Mediterranean region. *Journal of Paleolimnology*, 46, 319-325. <https://doi.org/10.1007/s10933-011-9559-0>
- Valero-Garcés, B.; Morellón, M.; Moreno, A.; Corella, J.P.; Martín-Puertas, C.; Barreiro, F.; Pérez, A.; Giralt, S.; Mata-Campo, M.P. (2014). Lacustrine carbonates of Iberian Karst Lakes: sources, processes and depositional environments. *Sedimentary Geology*, 229, 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.10.007>
- Valiente, S.; López, J.F.; Senderos, A.; López-Sáez, J.A. (2007). Aproximación al estudio de las explotaciones de sal en los ríos Jarama y Tajo, durante la Prehistoria. *Archaeologia Cardonensis*, 1, 145-174.
- Valiente, S.; Rubinos, A.; López-Sáez, J.A. (2009). Resultados de varios estudios analíticos de Salinas de Espartinas en la Prehistoria. En: *La explotación histórica de la sal: investigación y*

- puesta en valor. Sociedad Española de Historia de la Arqueología, Ciempozuelos, 183-192.
- van Geel, B. (2001). Non-pollen palynomorphs. En: *Tracking environmental change using lake sediments; volume 3: Terrestrial, algal and siliceous indicators* (J.P. Smol; H.J.B. Birks; W.M. Last, eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 99-119.
- van Geel, B.; Bohncke, S.J.P.; Dee, H. (1981). A palaeoecological study of an Upper Late Glacial and Holocene sequence from 'De Borchert', The Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 31, 367-448. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(80\)90035-4](https://doi.org/10.1016/0034-6667(80)90035-4)
- van Geel, B.; Hallewas, D.P.; Pals, J.P. (1983). A Late Holocene deposit under the Westfriesse Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of Noord-Holland, The Netherlands): Palaeoecological and archaeological aspects. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 38, 269-335. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(83\)90026-X](https://doi.org/10.1016/0034-6667(83)90026-X)
- van Geel, B.; Odgaard, B.V.; Ralska-Jasiewiczowa, M. (1996). Cyanobacteria as indicators of phosphate-eutrophication of lakes and pools in the past. *Pact*, 50, 399-415.
- van Geel, B.; van der Plicht, J.; Kilian, M.R.; Klaver, E.R.; Kouwenberg, J.H.M.; Renssen, H.; Reynaud-Farrera, L.; Waterbolk, H.T. (1998). The sharp rise of $\Delta^{14}\text{C}$ ca. 800 cal BC: possible causes, related climatic teleconnections and the impact on human environments. *Radiocarbon*, 40, 535-550. <https://doi.org/10.1017/S0033822200018403>
- van Geel, B.; Berglund, B.E. (2000). A causal link between a climate deterioration around 850 cal BC as a subsequent rise in human population density in NW-Europe? *Terra Nostra*, 7, 126-130.
- Vicente-Serrano, S.M.; Cuadrat, J.M. (2007). North Atlantic oscillation control of droughts in north-east Spain: Evaluation since 1600 A.D. *Climate Change*, 85, 357-379. <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9285-9>
- Weller, O.; Dumitroaia, G.; Sordoillet, D.; Dufraisne, A.; Gauthier, E.; Muteanu, R. (2009). Lunca-Poiana Stalinei (jud. Neamt): Cel mai veche sit de exploatare a sari din preistoria europeana. Cercetari interdisciplinare. *Archeologia Moldovei*, 32, 21-39.
- Yáñez, M.P. (1972). *El monasterio de Santiago de León*. Editorial CSIC, Madrid, 320 pp.
- Yecheili, Y.; Wood, W.W. (2002). Hydrogeologic processes in saline systems: playas, sabkhas, and saline lakes. *Earth-Science Reviews*, 58, 343-365. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(02\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(02)00067-3)
- Zapata, L. (2012). El combustible en la producción prehistórica de sal de Villafáfila. En: *Arqueología de la Sal en las Lagunas de Villafáfila (Zamora): Investigaciones sobre los cocederos prehistóricos*. (F.J. Abarquero Moras; E. Guerra Doce; G. Delibes de Castro; A.L. Palomino Lázaro; J.M. del Val Recio, eds.). Investigaciones Arqueológicas en Castilla y León, Monografías 9, Junta de Castilla y León, Valladolid, 467-476.
- Zhornyak, L.V.; Zanchetta, G.; Drysdale, R.N.; Hellstrom, J.C.; Isola, I.; Regattieri, E.; Piccini, L.; Baneschi, I.; Couchoud, I. (2011). Stratigraphic evidence for a "pluvial phase" between ca 8200-7100 ka from Renella cave (Central Italy). *Quaternary Science Reviews*, 30, 409-417. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.12.003>

