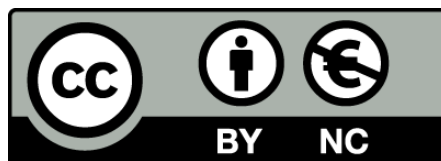




**Estudio sobre la evolución de paisajes
mediterráneos continentales en Lleida y Guadalajara
durante los últimos 3000 años a partir de
las secuencias polínicas de Ivars,
Somolinos y Cañamares**

Andrés Currás Domínguez



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència [Reconeixement- NoComercial 3.0. Espanya de Creative Commons](#).

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia [Reconocimiento - NoComercial 3.0. España de Creative Commons](#).

This doctoral thesis is licensed under the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0. Spain License](#).

**Estudio sobre la
evolución de paisajes
mediterráneos
continentales en Lleida
y Guadalajara durante
los últimos 3000 años a
partir de las secuencias
polínicas de Ivars,
Somolinos y Cañamares.**

Autor **Andrés Currás Domínguez**
Tesi Doctoral dirigida per **Santiago Riera Mora**
Estudis de doctorat **Ciències de l'Antiguitat**

**Departament de Prehistòria,
Història Antiga i Arqueologia**
Universitat de Barcelona

Barcelona, 2012

Evolution of mediterranean continental landscapes in Lleida and Guadalajara during the last 3000 years on the basis of Ivars, Somolinos and Cañamares pollen sequences.

Ph.D Thesis

Author: Andrés Currás Domínguez
Supervisor: Dr. Santiago Riera Mora

University of Barcelona, 2012.

keywords: **pollen analysis, human impact, environmental history, land-use, roman, landscape change, vegetation history, archaeopalynology.**

Abstract: The evolution of landscapes through time has been studied in this work by the analysis of several pollen records from two mediterranean continental areas of the Iberian Peninsula: the Northern Guadalajara area and the Western Plain of Catalonia.

Landscapes are understood in this work as a result of the relationship between human societies and the environment. Subsequently, the changes in landscape reported by pollen record reflect the evolution of the human practices, environmental history, land-use, climate variability.

The use of palaeoenvironmental data from two areas enables a comparison between sites. This approach has allowed to identify convergence/divergence trends and, in consequence, to assess the role of human agency in the evolution of landscape through time.

Three pollen records were obtained in Guadalajara area: **Somolinos α** (174 cm depth covering from 1600 cal AD to present time), **Somolinos PAS** (380 cm depth covering from 9th century cal BC to 8th century cal AD) and **Cañamares** (250 cm depth covering from 5th century cal AD to present time). Two pollen records were obtained in the Western Plain of Catalonia: **Ivars** (415 cm depth covering from 9th cal century BC to 15th century cal AD) and **Els Vilars d'Arbeca** archaeological site, of which some sedimentary samples were dated at 4th century cal BC).

The analysis of the Guadalajara records has allowed to clarify that the Pela Massif was formerly forested during the 1st millennium BC. This sector experienced a major landscape transformation in the 1st century cal BC, as a result of the onset of Roman administration at Tiermes and the widespread of extensive farming and grazing through the land. During the Visigothic and Andalusian periods (5th to 11th century AD) human activities reduced, but the area still remained as an open landscape. Later on, after the expansion of the northern Christian kingdoms towards the South, both the forest and the human activities recovered in this area. Between the 16th and 19th centuries the area transformed into pastures linked to the development of transhumance activities.

In the Western Plain of Catalonia the pollen records has evidenced an open landscape and the presence of semi-arid vegetation since 9th century cal BC. At this time, evidences of human activities, specially of grazing, are reported. Episodes of droughts seemed to be recurrent in ca. 700 cal BC, however, a major dry period started in ca. 450 cal BC and involved the interruption of the pollen preservation, resulting from a possible dissection of the Ivars lake. This dry period could be linked to the abandonment of Els Vilars archaeological site. However, other iberian villages still remained occupied between 5th and 2nd century BC, which may suggest different adaptative strategies to environmental variability of these Iron Age societies.

Human activities were reduced in late roman times, the period when the pollen record is resumed. At this point, the forest had recovered, however, major deforestations occurred during the Visigothic times in 5th century cal AD. With the development of Andalusian administration, a slight development of agriculture is witnessed. Later on, the area remained as a boundary between northern christian and southern muslim kingdoms, with no evidences of land exploitation. Nevertheless, in late medieval times the area experienced a major spread of farming and also grazing, which was probably linked to the establishment of transhumance routes between the Lleida Plains and the high mountain ranges in the North.

This work has documented diverse responses to climate change in the Iberian Peninsula, which are linked to the different economic, social and political factors prevailing in several territories. At this respect, palaeoenvironmental data highlights the strong capacity to modify the landscape by Roman people in central areas of Iberia.

**Estudio sobre la
evolución de paisajes
mediterráneos
continentales en Lleida
y Guadalajara durante
los últimos 3000 años a
partir de las secuencias
polínicas de Ivars,
Somolinos y Cañamares.**

agradecimientos

La presente tesis doctoral es el resultado de un largo proceso durante el cual se acumulan muchas y diversas experiencias. Una de las más gratificantes ha sido, sin duda, poder trabajar con el Dr. Santiago Riera Mora. Su alta capacidad de trabajo y su rigurosa actividad científica están a la altura de su calidad personal, siendo éstas dos características sorprendentemente difíciles de encontrar en una misma persona. Deseo expresarle mi más sincero agradecimiento por el apoyo, paciencia y resolución mostradas desde el inicio de mi formación en palinología, si no antes, hasta las tediosas correcciones de los borradores de este trabajo.

Ha constituido un placer muy especial haber podido trabajar con el Dr. Ramón Julià i Brugués. Su actitud como coordinador de proyecto, así como su constante disposición para asesorar con el mejor criterio en múltiples temas a lo largo de la elaboración de esta tesis, ha resultado de gran valor formativo, además de conseguir hacer asumibles muchos aspectos de las Ciencias de la Tierra para los no iniciados. Su implicación en este trabajo merece ser destacada y es preciso reconocer que ha desempeñado un verdadero papel de codirector de tesis. Por otra parte, me gustaría agradecerle que me haya facilitado datos sedimentológicos inéditos que han enriquecido el contenido del presente trabajo.

El trabajo que aquí se presenta constituye una contribución a un proyecto de investigación I+D planteado desde una perspectiva interdisciplinar y *multiproxy*. En este sentido, las aportaciones realizadas desde las diversas disciplinas han sido de gran utilidad tanto para el desarrollo de esta tesis como a nivel formativo personal. Por este motivo me gustaría agradecer sinceramente a cada una de las personas que, además del Dr. Santiago Riera y el Dr. Ramón Julià, han formado parte del equipo de trabajo involucrado en el proyecto HIDRAM 4000. Son los doctores Francesc Mesquita-Joanes, Xavier Armengol, Laia Zamora, Jane Marion Reed, M^a Àngels Marqués, Ernesto García-Soto, Susana Ferrero, Natàlia Alonso, Ester Pascua Echeagaray y Eduardo Sánchez Moreno.

Sin haber participado directamente en el proyecto HIDRAM 4000, me gustaría extender mis agradecimientos al Dr. Emili Junyent por acceder a proporcionarme materiales e información no publicada del núcleo protohistórico de Els Vilars d'Arbeca. Le agradezco también su amabilidad a la hora de compartir conmigo sus opiniones e ideas acerca tanto de este yacimiento como del contenido de esta tesis.

A la Dr. Ana Ejarque debo agradecerle su excelente disponibilidad para resolver satisfactoriamente múltiples dudas tanto en cuestiones científicas como no científicas. Pero sobre todo, me gustaría agradecerle que haya iniciado el camino y que haya servido de ejemplo durante años.

No puedo olvidarme del Dr. Yannick Miras, a quien me gustaría expresar mi gratitud por haber ayudado al Dr. Santiago Riera en la tarea de formar a un becario inexperto en palinología, allá por 2006 y 2007. Me gustaría agradecerle también su exquisita profesionalidad, su capacidad de ayuda y la amabilidad que, dentro y fuera del trabajo, ha mostrado siempre conmigo.

Durante la elaboración de esta tesis doctoral tuve la suerte de poder realizar estancias en dos prestigiosos centros de investigación europeos. Uno de ellos fue el *Laboratoire de Chrono-Environnement UMR 6249* de Besançon (Francia). Allí fui excelentemente atendido por el Dr. Hervé Richard y su equipo, entre los que recuerdo especialmente a la Dra. Emilie Gauthier, la Dra. Isabelle Jouffray, el Dr. Boris Vannièrre y el Dr. Michel Magny. No obstante, querría agradecer sobre todo la extraordinaria acogida que me proporcionaron Damien Rius, David Étienne y Élise Doyene, Claire y Julien, sin la cual mis meses en Besançon habrían sido mucho más aburridos.

El otro centro fue el *Universitetsmuseet* y el Departamento de Botánica de la Universidad de Bergen. Me gustaría agradecerle a la Dra. Kari Loe Hjelle, así como a la Dra. Lene Synnøve Harvolsen, el Dr. Jan Berge y el Dr. Mons Kvamme la atención y amabilidad mostrada durante mi estancia en su centro. Una consideración especial merecen la Dra. Ingelinn Aarnes, el Dr. Eric P.F. Meineri y Elisabeth, por su disposición a integrarme en la vida social extra-científica.

Considero necesario agradecer de una manera especial a Biel Servera y Llorenç Picornell su presencia diaria en *Can Santi*. Sus ánimos y confianza han sido fundamentales en los momentos finales de esta tesis. Les estoy muy agradecido por las horas acumuladas de debate fructífero en torno a la palinología y la arqueobotánica.

Me gustaría completar esta lista de agradecimientos con una breve mención al Dr. Héctor Orenge, Yolanda Llergo, Daniela Festi, Núria Cañellas, el Dr. Joan B. López, el Dr. Marcelino de la Cruz, la Dra. Cristina Pardo, el Dr. José Antonio Molina y el Dr. Francesc Burjachs, así como a todos los miembros del S.E.R.P.

En el apartado personal, debo agradecer la inagotable paciencia que han tenido muchos buenos amigos y amigas durante estos últimos años en Barcelona. Me gustaría mencionar a los más cercanos, como David, Almudena, Silvia, Javi, Sara, Alba, Marc, Edu, Carles, Albert, Vanesa, toda la gente de *l'aula mètode* y sobre todo a Neus, a quien agradezco su presencia, sus ánimos y su comprensión a lo largo de los interminables meses de redacción. También he de agradecer el apoyo de mi familia, el cual ha sido especialmente incondicional en el caso de mi madre, a quien sinceramente agradezco haber soportado mis períodos de mal humor. A todas y todos doy las gracias por los ánimos que me han dado.

Un agradecimiento especial lo merecen Rafael Archilla, alcalde de Somolinos (Guadalajara), así como Diego, un amable agente forestal de la región de Atienza (Guadalajara) y Pascual, propietario de uno de los huertos *imprescindibles* en la realización de este trabajo.

1. Introducción	11
1.1 Marco administrativo	13
1.2 Proyecto HIDRAM 4000	14
1.3 Planteamiento de la tesis doctoral.....	17
1.4 Objetivos de la tesis doctoral	20
2. Methodology	23
2.1 The interpretation of pollen and NPP data	25
2.2 Fire history.....	29
2.3 High resolution.....	30
2.4 Data analysis.....	31
2.4.1 Pollen and NPP analysis.....	31
2.4.2 Charcoal quantification.....	35
2.4.3 Dating.....	36
3. Zonas de estudio	39
3.1 Guadalajara N.....	41
3.1.1 Medio natural	41
3.1.2 Contexto histórico.....	52
3.1.3 Antecedentes. Meseta Central Oriental	63
3.1 Llano Occidental Catalán	67
3.2.1 Medio natural.....	67
3.2.2 Contexto histórico.....	79
3.2.2.1 Llano Occidental Catalán	79
3.2.2.2 Els Vilars d'Arbeca	87
3.2.3 Antecedentes. Valle del Ebro.....	92
4. Drilled sites	97
4.1 Northern Guadalajara	99
4.1.1 Somolinos lake system	102
4.1.2 Cañamares fen	107
4.2 Western Plain of Catalonia.....	110
4.2.1 Ivars lake.....	113
4.2.2 Els Vilars d'Arbeca.....	115
5. Results	119
5.1 Somolinos α	121
5.2 Somolinos PAS	131
5.3 Cañamares.....	141
5.4 Ivars.....	155
5.5 Els Vilars d'Arbeca	165
6. Evolución del paisaje en el sector N de Guadalajara	171
7. Evolución del paisaje en el Llano Occidental Catalán	201
8. Síntesis comparativa: conclusiones	221
8.1 Síntesis comparativa: conclusiones.....	223
8.2 Comparative synthesis: conclusions	231
9. Bibliografía	237

1. Introducción

1.1 Marco administrativo

La presente tesis doctoral constituye una aportación al proyecto I+D ***HIDRAM 4000: Cambios ambientales, disponibilidad hídrica y repercusiones socio-económicas durante los últimos 4000 años: integración de datos arqueológicos y de registros lacustres*** (CGL2005-06358-C02-01), que se realizó entre los años 2005 y 2008 y fue financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y coordinado por el Dr. Ramón Julià i Brugués (ICTJA-CSIC).

La realización de esta tesis doctoral ha sido posible gracias a la concesión de la beca BES-2006-12402, asociada a dicho proyecto y otorgada en 2006 por el Ministerio de Educación y Ciencia Tecnología en la convocatoria de Formación de Personal Investigador. Es preciso añadir que este trabajo también ha contado con la financiación económica concedida por el *Consorci de l'Estany d'Ivars i Vila-sana* a través del proyecto ***Estudi paleoambiental i històric de l'Estany d'Ivars i Vila-sana (Espai Natual Protegit)***, coordinado por la Dra. Natàia Alonso. Del mismo modo, la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha contribuyó económicamente en algunas investigaciones vinculadas al proyecto HIDRAM4000, y por tanto con la presente Tesis Doctoral con la financiación del proyecto ***Revalorización cultural de los paisajes ganaderos de Somolinos-Sierra de Pela***, en el marco de las Ayudas para la investigación y difusión del patrimonio histórico de Castilla-La Mancha. Parte de las estancias en centros de investigación extranjeros fueron financiadas por el programa de Estancias Breves del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.

1.2 El Proyecto HIDRAM 4000

El proyecto HIDRAM4000 se planteó como un estudio de las interacciones socio-ambientales peninsulares a lo largo del tiempo. Con esta finalidad, se consideró adecuada la integración de series paleoambientales y series arqueohistóricas en el marco de un trabajo coordinado, marcadamente interdisciplinar, que se articuló en torno a cuatro líneas de trabajo:

- Estudios **geomorfológicos** de las cuencas estudiadas, realizados por el Dr. R. Julià (ICTJA-CSIC) y la Dra. M.À. Marquès (UB)
- Estudios **paleoambientales** y **paleolimnológicos** que incorporan los análisis *multiproxy* de secuencias lacustres y turbosas. Este línea incorpora los análisis litológicos, sedimentológicos y geoquímicos (R. Julià, desde el ICTJA-CSIC), análisis de macrorrestos bióticos, incluyendo cladóceros y ostrácodos (L. Zamora, Dr. F. Mesquita-Joanes, Dr. X. Armengol, desde la UV), análisis de diatomeas (Dra. J.M. Reed, desde la University of Hull), análisis polínicos, de NPP y micropartículas carbonosas (A. Currás, Dr. S. Riera).
- Estudios **arqueológicos**, que incorporan los datos obtenidos de cartas arqueológicas y prospecciones superficiales (Dr. E. García-Soto, S. Fierro, Grupo Los Casares y Dra. N. Alonso, desde la UdLl).
- Recopilación de **información histórica** a partir de fuentes primarias y secundarias (Dra. E. Pascua, desde la University of Saint Andrews, Dr. E. Sánchez-Moreno, desde la UAM, y Dra. N. Alonso, desde la UdLl).

Considerando este marco organizativo, la presente tesis doctoral constituye la realización de los estudios polínicos, de microfósiles no polínicos y de macropartículas de carbón realizados en el proyecto HIDRAM4000. Estos datos son los que se presentan y discuten en este trabajo, aunque dado el carácter esencialmente transdisciplinar del proyecto, en los capítulos 6 y 7 también se incorpora información complementaria obtenida por otros miembros del proyecto, principalmente datos sedimentológicos y paleolimnológicos. En el presente trabajo, el uso de la información obtenida en el marco del proyecto es especialmente relevante en el estudio de la secuencia Somolinos PAS, pues ésta ha sido objeto de una publicación completa que incluye todos los *proxies* analizados, así como los resultados de la prospección arqueológica (Currás *et al.*, 2012).

El proyecto HIDRAM4000 planteó como objetivo principal analizar las interacciones socio-ambientales durante el Holoceno Superior en sectores de la Península Ibérica, así como determinar de qué manera estas interacciones y los usos humanos han contribuido a la generación de antroposistemas y paisajes culturales.

Durante la década de los años 90 e inicios del 2000, diversos estudios realizados en el marco de la arqueología y la historia ambiental intentaron establecer una relación entre crisis ambientales, esencialmente climáticas, y sociales. Se planteó que las crisis climático-ambientales habían

tenido una especial repercusión social en áreas donde la disponibilidad hídrica constituyó un recurso muy limitante, como en los sectores más áridos de la cuenca Mediterránea (Angelakis y Issar, 1996; Wilkinson, 1997; Issar, 1996; Bailey *et al.*, 1998; Roberts *et al.*, 2011b). Este modelo de colapso social derivado de crisis ambientales también ha sido aplicado en medios tropicales (Hodell *et al.*, 2001; de Menocal, 2001) o a medios donde la temperatura constituye el factor ambiental limitante (Lamb, 1995; Massa *et al.*, 2011).

Estas interpretaciones arqueo-históricas han tenido un especial desarrollo a raíz de la constatación del actual proceso de cambio climático global en la Tierra y de sus repercusiones sobre las sociedades humanas (IPCC, 2007). En este contexto, la comunidad científica plantea la necesidad de analizar las interacciones socioambientales del pasado subrayando la necesidad de caracterizar los diversos efectos de los cambios ambientales sobre las comunidades humanas (Dearing *et al.*, 2006).

El desarrollo de estas investigaciones ha revelado que las causalidades que se establecen entre los procesos socioeconómicos y ambientales no están todavía bien definidas. Sin embargo, los paradigmas explicativos con frecuencia continúan siendo excluyentes, estableciendo causas internas en oposición a causas externas.

En la actualidad, se considera que las relaciones socio-ambientales no están exclusivamente condicionadas por cuestiones meramente naturales, sino que han ido variando en función de múltiples condicionantes socioculturales, cambiantes a lo largo del tiempo. Así, se ha comprobado el importante papel que desempeñan factores como el grado de antropización del medio, el nivel tecnológico, la demografía, las tradiciones culturales, las relaciones sociales, políticas, los elementos perceptivos, etc. Estos aspectos adquieren especial relevancia y complejidad con el advenimiento de las sociedades complejas y los medios antropizados durante el Holoceno reciente. (Mercuri *et al.*, 2011; Messerli *et al.*, 2000; Rosen, 2007).



Así, los modelos de interacción socioambiental que explicaban colapsos sociales por causas exclusivamente climáticas están siendo revisados. Actualmente, se apunta a que estas interacciones son complejas y se caracterizan por relaciones sinérgicas multicausales (Stoffle *et al.*, 2003; Riera *et al.*, 2004, 2006), más aún cuando éstas actúan sobre medios antropizados. En este sentido, delimitar los elementos que determinan estas sinergias resulta esencial en la

comprensión de las reacciones, adaptaciones y vulnerabilidades socioecológicas ante los cambios ambientales.

Por otra parte, cabe considerar que los medios mediterráneos constituyen espacios antropizados desde antiguo (Roberts *et al.*, 2001). En esta región, por tanto, las repercusiones de los cambios ambientales y las respuestas sociales a los mismos se encuentran incluso más vinculadas a largas dinámicas de antropización (Mercuri *et al.*, 2011).

Con el objetivo de poder determinar el peso de los factores implicados en la evolución climática, cultural, ambiental, económica, política, etc., el proyecto HIDRAM4000 planteó el estudio interdisciplinar de dos sectores peninsulares de clima mediterráneo continental: el sector N de Guadalajara y el Llano Occidental Catalán (Lleida). Estos ámbitos, además de poseer diferentes características geográficas, históricas y culturales, cuentan con la particularidad de presentar un gradiente pluviométrico, representado en una menor precipitación anual en Lleida. El proyecto propuso analizar especialmente el papel de la disponibilidad hídrica en las transformaciones ecosociales, prestando atención al posible carácter limitante de este recurso en términos de adaptabilidad económica, cambio social, umbrales de sensibilidad y vulnerabilidad.

1.3 Planteamiento de la tesis doctoral

La presente tesis doctoral pretende contribuir al conocimiento sobre la evolución de paisajes peninsulares mediterráneos, utilizando para ello el registro paleoambiental procedente de secuencias sedimentarias altamente resolutivas. Este estudio, por tanto, propone caracterizar las relaciones socioambientales y los procesos de modelación de paisajes poniendo especial atención en el Holoceno superior, debido a que durante este período se produce una convergencia de factores que confieren un especial atractivo al estudio de las relaciones socioambientales:

- Se produjeron variaciones climáticas relevantes especialmente vinculadas a descensos de disponibilidad hídrica (Martín Puertas *et al.*, 2008, 2009; Riera *et al.*, 2004; Morellón *et al.*, 2009a; Moreno *et al.*, 2011).
- Esta variabilidad climática actúa ya sobre medios antropizados que se caracterizan como paisajes culturales.
- Es posible correlacionar los datos paleoambientales con series arqueológicas más completas y documentación histórica.
- Las comunidades humanas son complejas, por lo que existen relaciones internas sociales, económicas y políticas que contribuyen en los procesos humanos adaptativos (Rosen, 2007).
- Se documentan procesos de difusión y colonización de grupos humanos que contribuyeron a la instauración de modelos ecosociales, paisajísticos y territoriales “transportados”, que corresponden a diferentes tradiciones culturales (Palet y Orengo, 2011).

El presente trabajo plantea el estudio de la evolución paleoambiental de dos sectores continentales peninsulares: la zona norte de la provincia de Guadalajara (comarca de La Serranía) y el Llano Occidental Catalán o Pla d’Urgell (área meridional de la provincia de Lleida). La elección de estas dos zonas, planteadas en el proyecto HIDRAM 4000, se fundamenta en la sectorización de los modelos de interacción socioambiental histórica observados a escala peninsular.

Así, si bien en áreas de alta montaña se ha documentado la influencia de eventos climáticos en los cambios ambientales como el Período Cálido Romano, la Anomalía Climática Medieval y la Pequeña Edad del Hielo (Riera *et al.*, 2009; Morellón *et al.*, 2012), en los sectores litorales llanos mediterráneos se pone de manifiesto una mayor influencia de los cambios geomorfológicos en los procesos de modelación paisajística (Riera y Julià, 2012; Carmona y Ruiz, 2011). Por otra parte, en las zonas de media montaña, como el sector N de Guadalajara, parecen haber estado

más condicionadas por los usos del suelo y la explotación de los recursos (Riera *et al.*, 2004, 2006; Luque *et al.*, 2004; Corella *et al.*, 2010; Rull *et al.*, 2010; López-Merino *et al.*, 2009b), hecho que refuerza la dimensión humana de la evolución paleoambiental y paisajística de estos sectores, aspecto de interés en esta tesis. Además, este sector septentrional de Guadalajara se ubica en una importante vía de paso entre las dos submesetas, siendo conocida la adscripción de esta región a las rutas de trashumancia utilizadas por la Mesta (García Martín, 2005) durante época medieval y moderna, lo que permite abordar el estudio histórico de la trashumancia peninsular y sus repercusiones paisajísticas (Sánchez Moreno, 1998).

De forma complementaria, la consideración del Llano Occidental Catalán como sector de estudio obedece a su ubicación en la Depresión del Ebro, donde constituye un ejemplo de zona continental seca en la cual han coexistido históricamente usos ganaderos y de secano (Roigé, 1995). Las características climáticas de esta zona determinan que en esta zona no existan abundantes registros paleoambientales. Como resultado, la evolución de las interacciones sociambientales en este sector durante época holocena todavía es poco conocida en la actualidad.

La perspectiva de un análisis de dos sectores de la Península ubicados en territorios geográficos distantes entre sí, que se caracterizan por tradiciones históricas y culturales diferentes pero localizados dentro de la misma región continental mediterránea, ha sido adoptada con la finalidad de realizar un análisis comparativo entre ambas, poniendo especial atención en las diferencias o similitudes evolutivas. Así, el análisis de la evolución paleoambiental y paisajística registradas en ambas zonas pretender avanzar en la determinación del papel que las características sociales y culturales desempeñaron en el proceso de generación de paisajes.

Cabe indicar que el concepto *paisaje* posee una importancia esencial, ya que constituye un tema principal en esta tesis doctoral. En este sentido, este término es entendido en este trabajo como un objeto de estudio con significado *cultural*, que resulta de la actuación humana e implica cualquier interacción producida entre la sociedad y el medio natural. De acuerdo a las definiciones de diversos organismos internacionales (Flower, 2003), esta noción de paisaje incluye casi todos los usos, interacciones, prácticas, ecologías, creencias y tradiciones existentes a nivel global. Esta consideración ha contribuido a extender el uso del término *paisaje cultural*.

Actualmente se reconoce que los paisajes culturales son objetos dinámicos. Su evolución constituye una modificación cultural del entorno que, física o perceptivamente, también puede condicionar a la respuesta humana ante el cambio ambiental (Butzer, 1982).

Del mismo modo, se asume que las aproximaciones realizadas desde la arqueología, la geografía histórica, la documentación histórica y la paleoecología son capaces de revelar satisfactoriamente el modo en que los factores ambientales, humanos y socioeconómicos interactúan en los procesos de generación de paisajes culturales (Birks *et al.*, 1988).

Así, la presente tesis doctoral se centra en las interacciones socioambientales a través del estudio de la evolución del paisaje en el tiempo, utilizando para ello los datos paleoecológicos proporcionados por los registros de polen y otros *proxies* bióticos adicionales. De este modo, se plantea estudiar la evolución de la vegetación, en tanto en cuanto ésta refleja los procesos de

formación de paisajes culturales y permite determinar algunas de las prácticas humanas implicadas que contribuyeron a su generación.

La vinculación de la palinología con el estudio de modelación de paisajes culturales fue establecida especialmente a partir de los estudios de F. Firbas (1937) y de J. Iversen (1941), en los cuales se puso de manifiesto que los grupos humanos de época prehistórica habían provocado perturbaciones en la vegetación. Sin embargo, fue J. Iversen quien en a mediados del siglo XX puso de manifiesto que el ser humano puede provocar cambios ambientales que quedan reflejados en secuencias polínicas y realizó el primer estudio polínico referencial de una acción humana en el entorno (Iversen, 1956).

El uso definitivo de las series polínicas fósiles como método para la reconstrucción de paisajes culturales dio un salto cualitativo con el desarrollo del proyecto YSTAD (Berglund, 1991) y, sobre todo, con la publicación de *Past Cultural landscapes: Past, Present and Future* (Birks *et al.*, 1988). A partir de entonces, se ha extendido el número de estudios paleopaisajísticos elaborados basados en el uso de registros paleoecológicos, esencialmente polínicos.

1.4 Objetivos de la tesis doctoral

El desarrollo de la investigación en la presente tesis doctoral ha implicado la necesidad de abordar una serie de objetivos específicos:

- Determinar los cambios en la configuración vegetal de ambos sectores.
- Establecer qué usos del suelo se dieron, qué prácticas humanas fueron adoptadas, cuál fue su evolución y qué papel desempeñaron en la modelación paisajística.
- Valorar la sensibilidad de los registros analizados para el estudio de los cambios paisajísticos, ambientales y de usos del suelo en ambos sectores.
- Alcanzar una suficiente resolución y fiabilidad temporal en las series paleoambientales que permita una integración diacrónica y continua de las secuencias paleoambientales con la documentación arqueológica e histórica.
- Integrar los datos paleoambientales procedentes de los registros sedimentológicos (vegetación, usos del suelo, prácticas antrópicas, etc.) con la documentación arqueológica e histórica, para calibrar la información paleoambiental, determinar la causalidad de los cambios ambientales que contribuyen a identificar la generación de paisajes culturales.
- Contextualizar los resultados obtenidos en nuestros análisis con otras secuencias sedimentarias regionales, con el fin de establecer la variabilidad espacial a escala regional de la evolución paleoambiental y del impacto humano sobre el entorno.
- Contribuir desde la palinología a establecer la variabilidad paleoclimática en los registros. Se pretende proponer sincronías y discordancias climáticas entre ambos sectores que permitan apuntar el alcance regional, suprarregional o global de la variabilidad natural.
- Contribuir a determinar si existe alguna vinculación entre los cambios climáticos, especialmente descensos de la disponibilidad hídrica, y los cambios en el registro arqueológico e histórico, con el objetivo de analizar qué condicionantes socioculturales contribuyen a la adaptabilidad y a la variabilidad natural.

- Comparar las diferencias y similitudes entre las evoluciones paisajísticas de cada sector y determinar su relación con las historias culturales y las variabilidades climáticas específicas de cada área. Valorar los umbrales de sensibilidad tanto de los medios antropizados como de las comunidades humanas en relación a las estrategias adaptativas adoptadas, existentes o no.
- Analizar el papel histórico de actividades económicas concretas en la configuración de determinados paisajes, como la ganadería en Guadalajara o la agricultura en el Pla d'Urgell.

2. Methodology

2.1 The interpretation of pollen and NPP data

Since the studies by the ecologist and palinologist J. Iversen (1941) about the influence of human societies on vegetation during the Neolithic period in Denmark were published, the observation and interpretation of anthropogenically induced changes in vegetation by means of pollen analysis has been a major concern in the Holocene vegetation history and palaeoecological research.

Several approaches in order to recognize human impact on vegetation are possible in pollen analysis, being the changes in the tree pollen composition one of the most basic evidences that can suggest of human impact (Amman, 1988; Aaby, 1986). However, the development of palynological research has brought more sophisticated methods forward, and during the 80-90's the indicator species approach (Behre, 1981) became a suitable tool, if not the most required method, for the identification of human practices and land management in pollen records. This method relies on the indicator value of some taxa in terms of human-induced changes, such as deforestations, farming and grazing, and it is based on the analogy hypothesis that modern and past ecological requirements of plants are comparable. This approach also assumes the fundamental idea that whenever modern pollen spectra resembles a fossil pollen spectra, it can be concluded that they were likely produced by similar type of vegetation (Fægri & Iversen, 1989; Birks, & Birks 1980; Wright, 1967).

Some plants get adapted to different human activities in order to survive and to spread far beyond their natural area of distribution. These plants are classified as *synanthropic* (Quezel *et al.*, 1990) and are regarded as anthropogenic indicators (Behre, 1981). The occurrence of these taxa in pollen diagrams provides the basis for the recognition of human impact and management of vegetation through time (Fægri & Iversen, 1989; Moore *et al.*, 1991). Recent efforts have been made (Brun, 2009) to improve further classification of these plants, as long as misconceptions and confusion are frequent when dealing with these taxa. This is in part a result of several viewpoints in vegetation studies applying a different terminology. Thus, plants that were not previously present in a given area can be defined from an ecological point of view as *colonizers*. These same plants may be termed *native/alien* plants from a biogeographical point of view, but also as *weed*, if an anthropic point of view is considered (Pyšek *et al.*, 2004). The term **apophyte** usually defines native plants that find favorable growing conditions in human-modified environments (Behre, 1990), and so has been used in this work to mention any synanthropic plant, excluding those of cultivated. Classic apophyte lists have been created on the observation of human disturbed temperate forests of Northern and Central Europe (Behre, 1981, 1988; Vorren 1986; Oeggl, 1994; Richard, 1997), yet the significance of certain apophytes may vary considerably in other environments and regions.

The indicators for cultivation in Europe (Behre, 1981; Gaillard, 2007) are pollen of cultivated plants and related weeds. Concerning cereals, it is difficult to match pollen morphological types with the several cultivated Poaceae species, except for rye (*Secale cereale*). Because of this, the

pollen of genus *Triticum*, *Hordeum* and *Avena* are generally classified under *Hordeum*-type (Beug, 2004). *Cerealia* is also a frequently regarded term, and in fact it has been used in this work, including the total cereal types except for *Secale*.

Precautions must be taken with some mediterranean cultivated species, such as *Olea europaea* or *Vitis vinifera*, as long as their pollen types are not always distinct enough from their wild species (Renault-Miskovsky *et al.*, 1976). In fact, the use of anthropogenic indicators requires a careful identification of the pollen type by means of detailed examination of the pollen grain morphology. However, a straightforward and precise determination of fossil pollen is seldom possible (Gaillard, 2007).

Among the weed taxa, *Lychnis-Agrostemma-t*, *Centaurea cyanus-t*, *Scleranthus annus-t* and *Spergula arvensis-t* are acknowledged to grow in crop fields of northern and central Europe (Behre, 1981; Brun, 2011).

Other weed taxa are known on the basis of carpological studies performed at prehistorical sites of NE Iberia (Alonso, 2000; Cubero Corpas, 1998; Buxó, 1997). These studies have identified the occurrence of *Ajuga*, *Chenopodium album*, *Galium aparine*, *Lolium sp.*, *Polygonum aviculare*, *Aegilops sp.*, *Agrostema githago*, *Astragalus sp.*, *Medicago sp.*, *cf. Phalaris sp.*, *Echinocloa crus-galli*, *Fumaria sp.*, *Rumex acetosella*, *Polygonum convulvulus* and *Sherardia arvensis* within cereal assemblages, some of them at Els Vilars archaeological site (which has been palynologically studied in this work), evidencing the significance of these plants regarding human activities in the Western Plain of Catalonia.

Classical studies about vegetation growing in pasture lands and grazed environments (Behre, 1981, 1988) include *Plantago lanceolata-t*, *Plantago major/media*, *Trifolium repens*, *Polygonum aviculare-t*, *Succisa*, *Campanula/Jasione*, *Calluna*, *Juniperus*, *Ranunculaceae*, *Asteraceae* (specially *Bellis*), *Apiaceae* and *Rumex*. Nevertheless, these taxa may originate from arable fields, nitrogen-supplied soils, or human-modified environments near settlements and along tracks, which somehow disables a restricted grazing significance of these taxa. Concerning pastures in a woodlands and the practice of forest grazing, it hasn't been possible to reconstruct its existence in the past from pollen data. This is because the representation of herbs is overwhelmed by the dominance of tree pollen, and because herbs and shrubs flower much less within forest vegetation than in open landscapes (Gaillard, 2007).

In the southeastern regions of Europe, *Sanguisorba minor-t*, *Cirsium-t*, *Carduus-t*, *Centaurea solstitialis-t* and *Papaver robeas-t* have been also identified as anthropogenic pollen indicators of farmed and grazed environments (Behre, 1990; Bottema, 1982; van Zeist *et al.*, 1975). These authors state that anthropic management of landscape in mediterranean environments could also be evidenced by the spread of *Urticaceae*, *Lamiaceae*, *Artemisia* and *Chenopodiaceae* taxa, albeit the existence of these plants do not necessarily imply a human-modified environment. Some uncertainties concerning the validity of classical anthropogenic indicators are known when non-temperate european territories have been studied. Thus, in eastern Mediterranean regions, a different vegetation to that expected in environments with a long-term human occupation

(Horowitz, 1992) has been noticed. Another case has been analysed in SE Spain, where human-related pollen types were merely detected in recent times, even though a consistent human presence in the area is well-known since the Bronze Age (Pantaleón-Cano *et al.*, 2003). On the contrary, the same pollen types which indicate human impact in Northern European environments may be present in Mediterranean environments since the beginning of the late Quaternary, even when human influence was still negligible (Bottema & Woldring, 1990).

Some authors argue that precautions must be taken when anthropogenic indicators lists defined for northern and central temperate areas of Europe are systematically used in southern contexts (Brun, 2011). In this respect, it has been successfully demonstrated a different significance of weeds and ruderal flora, depending on the geographical context. Subsequently, a good knowledge on the ecology of each taxa is required.

Recent work on apophytes has been performed in southern and western European mountains, mostly in the Alps (Court-Picon *et al.*, 2006), the Jura Massif (Brun *et al.*, 2007) and in the Pyrennes (Mazier *et al.*, 2006; Ejarque *et al.*, 2011). These authors underline the necessity to develop and apply more refined tools in order to understand the complex relationship between vegetation, pollen and land-use. Indeed, this issue has been of major concern in the last years (Davis, 2000) with the increase of datasets, many of them performed in Scandinavia (Gaillard *et al.*, 1994, 1998; Hicks & Birks, 1996; Hjelle, 1997, 1999); which aim for the development of the modern analogues comparative approach (Birks & Gordon, 1985; Berglund & Ralska Jasiewiczowa, 1986). This method involves the characterization of modern vegetation types growing in current traditionally farmed/grazed and human-modified environments by means of contemporary pollen rain, and compare this with fossil pollen assemblages.

The tracking of grazing activities and is one main objective of this work. The identification of these practices in palaeoenvironmental records has partially relied on the presence of coprophilous fungal spores. The occurrence of fossil fungal spores of *Sporormiella*, *Cercophora*, *Sordaria*, *Tripterospora*, *Apiosordaria*, *Chaetomium*, *Delitschia* and *Podospora* in pollen assemblages is interpreted as a result of the presence of local dung related to grazing pressure (Blackford & Innes, 2006; Graf & Chmura, 2006; Davis & Shafer 2006; van Geel & Aptroot 2006, Cugny *et al.*, 2010). In particular, the precise coprophilous ecology of *Sporormiella* (Ahmed & Cain, 1972) enables it to be used as a very valuable indicator of grazing. On the other hand, some modern-analogue studies discern between strongly dung-related fungi such as *Sporormiella*, *Sordaria* (**type 55** following *Hugo-de-Vries Laboratory* nomenclature) and less frequent or obviously dung-related ones (Ejarque *et al.*, 2011; Cugny *et al.*, 2010). The conclusions of these studies have been taken into consideration in this work, and thus the identification of such strong dung-related fungal spores in the pollen slides is used to corroborate the occurrence of grazing activities as suggested by other apophytes, and to evidence the presence of such practices at a local scale.

Other non pollen palynomorphs have been used in this work, but have been interpreted in terms local changes. This has been the case of *Glomus* spores, usually regarded as an indicator of increasing soil erosion in the catchment (Anderson *et al.*, 1984; Marinova & Atanassova, 2006).

In addition, algae such as *Spirogyra*, *Zygnema*, *Pediastrum* (van Geel, 2001; Boudreau *et al.*, 2005; Patterson *et al.*, 2002) as well as Thecamoebae (Patterson *et al.*, 2002; Scott & Medioli, 1983) are often linked to higher organic matter content and subsequent higher lake productivity.

2.2 Fire history

Combustion of vegetal matter is a process that produce charcoal particles that may incorporate to the sediment of lakes and bogs. These remains become an excellent diachronic indicator of fire activity (Withlock & Larsen, 2001; Carcaillet, 2007). The interest of fire in palaeoenvironmental studies is due to its high capability to transform the landscape, as triggered by natural causes (Marlon *et al.*, 2006), or human-induced (Tinner *et al.*, 2005).

Charcoal particles in pollen samples interpreted as human-induced fires with the aim to modify the vegetation was first proposed by J. Iversen (1941). Since then, a large amount of works have evidenced the use of fire as one mechanism of human management in the past. Some of these studies have been performed in the Iberian Peninsula (Carrión & van Geel, 1999; Carrión *et al.*, 2003, 2007; Ejarque *et al.*, 2009; López-Merino *et al.*, 2009b, Sánchez Goñi & Hannon, 1999; López-Sáez *et al.*, 2010), where fires have often been linked to farming activities, involving the spread of pasturelands, woodland management of rangelands, or slash-and-burn strategies.

After Clark's methodological advances (1990), the use of charcoal particles to reconstruct fire history has known a major development (Rius *et al.*, 2012; Tinner *et al.*, 2005; Vannièrè *et al.*, 2008) and has become in fact a proper research field. Notwithstanding, in this PhD dissertation, charcoal datas has only been used as a complementary proxy to improve the palaeoenvironment and landscape evolution.

2.3 High resolution analysis

This work aims for the study of socio-environmental relationships through time by means of pollen analysis, with a special concern for the *human* dimension of landscape. Such research necessarily involves the integration of palaeoenvironmental and historical-archaeological data. To this effect, it is of main concern to establish the links between past environmental changes and human acts, some of which are time-bounded. Therefore, in order to provide synchronous correlation of data, a highly reliable chronological framework is needed. Otherwise, the lack of precision in time prevents from an accurate association of data and makes it difficult to understand the causes and consequences of changes. This is why obtaining highly reliable age models based on radiocarbon and other dating techniques has been selected as a priority in this PhD work.

The reliability of the age-model allows to study the palaeoenvironmental record at high resolution, enabling the use of high temporal resolution scopes. This accurate chronological framework is particularly required to recognise abrupt palaeoenvironmental shifts and allows further comparisons with documented and dated historical events. Without a good age model, some landscape changes, and specially those of human-induced, may not be detected and subsequently their environmental and social implications cannot be correctly estimated.

Indeed, many studies demonstrate the need to increase temporal resolution in palaeoenvironmental research (van der Knaap *et al.* 2000; Dumayne-Peaty, 2001; Galop *et al.* 2003), specially when dataset cross-checking is performed. Only then certain anthropic practices may be detected, particularly those which occurred in historical times, when human activity became widespread and its impact increased (Ejarque *et al.*, 2010).

Pollen analyses performed at high temporal resolution have been recently done among the palaeoenvironmental research in the Iberian Peninsula. As a matter of fact, increasing the temporal resolution demands a considerable investment of time and economical resources that some projects cannot always afford. Furthermore, the human impact is not always considered as a priority in the palaeocological research. Instead, geobotanical and/or palaeoclimate perspectives prevail. These concerns usually require long-term records that, while it is true that they are suitable to successfully reconstruct the evolution of vegetation and its link with climate variability, they are insufficient to characterise the human shaping of landscapes and the relationship between society and environment.

2.4. Data analysis

2.4.1 Pollen and NPP analysis

Sample treatment

Sedimentary records were stored at 3 °C. Later on, they were all lithologically described, sampled continuously each 1 cm and submitted to the analysts involved in the HIDRAM 4000 to obtain multi-proxy datasets (fig. 1). The samples used for pollen, NPP and macro-charcoal analysis were also subsampled for sedimentology, geochemistry, water content, organic matter and loss of ignition analyses.



Fig. 1. Sampling each 1 cm was performed at all the sedimentary records.

The lithological description of the sequences was performed by Dr. R. Julià at the Jaume Almera Institute of Earth Sciences-CSIC (Barcelona). Organic matter content was also calculated at these laboratories by measuring weights before and after heating the sample at 550 °C and 950 °C, respectively (Dean, 1974; Heiri *et al.*, 2001).

Samples for pollen and NPP analyses were treated by following standard preparation procedures (Fægri & Iversen, 1989). These are summed up as following:

- Sample drought **heating** sediments at 60°C for 24h.
- Dispersion of the sample in **CIH** 37% for the removal of CaCO₃ and addition of two *Lycopodium clavatum* tablets (Stockmarr, 1971).
- **Sieving** of samples at 200 µm mesh. The large fraction was used to quantify macro-charcoal remains.
- Washing with distilled H₂O and centrifugation at 2500 rpm (5 min).
- **KOH** 10% at 80 °C for 30 min to eliminate humic acids and organic matter.
- Washing with H₂O and concentration at 2500 rpm (5 min).
- **HF** 47% during 12 h for silicate removal.
- Washing with H₂O and concentration at 2500 rpm (5 min).

- **CIH** 37% at 70°C for 20 min to remove fluosilicates.
- Washing with H₂O and concentration at 2500 rpm (5 min).
- **Dehydration** of the sample by washing in C₂H₄O₂ (Acetic acid) and concentration at 2500 rpm (5 min).
- **Acetolysis** at 80 °C for 5 min using 1/10 of SO₄H₂ (Sulfuric acid) and 9/10 of C₄H₆O (Acetic anhydride).
- Washing with C₄H₆O (Acetic anhydride) and H₂O.

Pollen and NPP identification

After pollen preparation procedures were completed, samples were mounted on slides using glycerine jelly, which allows the free movement of the palynomorphs in the slide. Pollen and NPP were counted and identified using *Zeiss Axiostar* and *Zeiss Standard* microscopes with 400× and 630× magnification. Taxonomical determination of pollen types was performed by following published atlas, illustrations and morphological keys (Fægri & Iversen, 1989; Moore *et al.*, 1991; Reille, 1992, 1995, 1998; Valdés *et al.* 1987; Punt *et al.*, 1976–2009; Beug, 2004). Additional published keys for mediterranean pollen flora were also used (Planchais, 1962; Renault-Miskovsky *et al.*, 1976; Sáenz de Rivas, 1973, 1979). Cerealia pollen was identified by using the key-guides published by S-T. Andersen (1979), H-J. Beug (2004) and K. Fægri & J. Iversen (1989), with the application of a correction factor for glycerine jelly (Fægri & Iversen, 1989). Morphometric criteria for Cerealia pollen classification has relied on 40–45 µm long axis and minimum diameters of 10–12 µm for annulus. *Cannabis* has been determined following A.M. Mercuri *et al.* (2002). Standard international nomenclature for pollen was used (Berglund &

name	identification degree
Brassicaceae	Family determination certain (showing its entirety sum when <i>Total</i> follows). Types, genera or species undetermined.
Cistaceae undiff.	Family determination certain. Some types, genera or species are presented separately. This classification degree represents fossils that were not separated beyond family level.
<i>Pinus</i>	Genus determination certain (showing its entirety sum when <i>Total</i> follows).
<i>Trifolium</i> -t	One genus is present. Several taxa are considered probable alternatives, but further distinctions have not been possible on the basis of pollen morphology.
<i>Plantago</i> undiff.	Genus determination certain. Some morphological types distinguished and presented separately. This classification degree represents fossils that were not separated beyond the genus level.
<i>Plantago lanceolata</i> -t	One pollen type is present, but several taxa are considered probable alternatives, but further distinctions have not been possible from pollen morphology.
<i>Plantago major/media</i>	One pollen type is present. Only two taxa are considered probable alternatives, but further distinction is not possible on the basis of pollen morphology
<i>Corylus avellana</i>	Specie determination certain.
undiff. palynomorph	Grains of which essential features are indiscernible.

Ralska-Jasiewiczowa, 1986; Birks & Birks, 1980; Joosten & de Klerk, 2002) as displayed in the table:

Among the NPP, fungal spores, algae and other animal remains have been identified following published papers (Miola *et al.*, 2006; Komárek & Jankovská, 2001; Haas, 1996; López-Sáez *et al.*, 2005; Menozzi *et al.*, 2010; van Geel & Aptroot, 2006; van Geel, 2001; Cigny *et al.*, 2010).

At least 300 non-local pollen grains per sample were identified in order to provide a reliable pollen sum (Bennet & Willis, 2001). However, in samples where high dominance of *Pinus* was observed, at least 200 pollen grains of non arboreal taxa were counted to avoid underrepresentation of other taxa (Oeggl, 1994; Pardoe, 2001). NPP were identified during the pollen count, regarding no minimum counts for these microfossils.

Pollen and NPP values

Pollen percentages have been calculated on the basis of the total pollen sum from each sample. Obtained data indicates the proportional relationship between each taxa and the total pollen sum.

The pollen sum comprises the whole pollen produced by terrestrial plants and excludes pollen produced by local plants and undetermined palynomorphs. These taxa are excluded from the pollen sum in accordance to their influence on the overall pollen rain and subsequent overrepresentation in the pollen record (Bennet & Willis, 2001; Moore *et al.*, 1991).

Local taxa excluded from the pollen sum generally correspond to hygrophyte and aquatic flora, such as Cyperaceae, Potamogetonaceae, Typhaceae, Sparganiaceae and *Myriophyllum*. Other terrestrial taxa were discarded from the pollen sum given that their high occurrence in the pollen assemblage is a result of the local colonisation carried out by these plants at the drilling site, such as Cichorioideae at Somolinos PAS record. Another excluded taxa has been Chenopodiaceae/ Amaranthaceae, a plant of the Ebro Valley that may grow in dried and salty areas of playa-lake basins (Conesa *et al.*, 1994). When these plants grow on-site, bias in the pollen rain may be recorded as a result of their considerable pollen input (Davis, 1994). Because of this, Chenopodiaceae/Amaranthaceae has been excluded from the pollen sum of Ivars sequence.

In order to provide coherent percentages and all values remain below 100%, taxa not included in the pollen sum have been represented on the basis of its own percentages as if they were included in the pollen sum. This method has been also followed to calculate the undetermined palynomorphs percentages.

NPP values have been calculated on the basis of the sample pollen sum, following J.J. Blackford *et al.* (2006).

$$\text{pollen concentration} = \frac{(\text{pollen counted} \times \text{lycop. added}) / \text{lycop. counted}}{\text{g of dry sediment}}$$

One of the disadvantages of using percentages is that values depend on each other and the abrupt variation of one taxa may occasionally modify the values of the remaining taxa, even though their pollen input did not vary. One means to deflect this is to calculate pollen concentration values per dry-weighted sediment (Birks & Birks, 1980), which avoids the mutual dependency of taxa. This method takes into account the amount of sample analysed, the number of *Lycopodium* spores added during the sample preparation procedures and the counted *Lycopodium* spores (Stockmarr, 1971). The relationship is expressed by the formula:

The expression of data

The data set has been represented in stratigraphic diagrams using C2[®] software (Juggins, 1991). The stratigraphic display allows to understand the diachronic evolution of each pollen taxa in depth, which corresponds to a timescale. Pollen has been grouped into different categories: tree (AP), shrub, crops, synanthropic and herbs (NAP). Total sums of these pollen groups are furthermore included in the diagrams. The NPP have been grouped into coprophilous fungal spores, other fungal spores, faunal and algal remains.

Pollen zonation has been established according to the coherence and significance of the percentual variations of taxa, resulting in biostatigraphic units (Fægri & Iversen, 1989; Moore *et al.*, 1991). Pollen zones were defined on the basis of *Constrained Incremental Sum of Squares Cluster Analysis* (CONISS) calculated from the percentual values (Grimm, 1987) with minor corrections to improve de consistency of zones (Birks & Gordon, 1985; Bennet & Willis, 2001; Birks & Birks, 1980) at all sequences, except for Els Vilars samples. The obtained zones of percentual datasets have also been applied to NPP and pollen concentration diagrams.

2.4.2 Charcoal quantification

During the physicochemical preparation of pollen analysis, samples were sieved at 200 μm mesh. The large removed fraction was used to quantify charcoal particles, that were counted individually (Ali *et al.*, 2009) using a binocular microscope at 40 \times . Charcoal particle content is expressed in number of particles per g of dry sediment.

Charred macro-remains of 150 or 200 μm diameter constitute a reliable proxy to detect local fires (Carcaillet *et al.*, 2001a, 2007; Withlock & Larsen, 2001). J.S. Clark's (1988) particles motion model suggests that charcoal remains larger than 200 μm are not usually dispersed beyond a distance of 10 km beyond the source, after being lofted circa 1000 m height by the air stream convection during a fire.

However, precautions need to be taken when interpreting these data. Specifically, the lack of a higher resolution analysis of macro-remains in the studied sequences, which is encouraged to be performed continuously each one cm in any sequence (Carcaillet *et al.*, 2002), impel us to constrain our interpretations down to a rather qualitative discussion. Other difficulties regarding this approach may derive from the unknown variability of several parameters involved in the burning processes, such as the regime and intensity of the fire, the evolution of the air stream convection, the amount of burned biomass, the flammability and combustibility of the vegetation, or the size of the basin. These parameters are all relevant regarding charcoal production, dispersal and deposition (Carcaillet, 2007). In this respect, since this study is not directly focusing on fire history, the qualitative interpretation of macro-charcoal remains aims to support the interpretation of landscape changes and human impact on the basis of pollen and NPP data (Withlock & Larsen, 2001).

2.4.3 Dating

Radiocarbon dating

A total set of 19 samples have provided radiocarbon dates by means of Accelerator Mass Spectrometry (AMS) at the laboratories of Beta Analytic Inc. (USA) and Poznań Radiocarbon Laboratory (Poland). These dates were calibrated using CALIB 6.0 software (Reimer *et al.*, 2009). Average calibrated ages at 2 sigma (σ) probability were used to elaborate the age-depth models using linear regression and linear interpolation between dates, on the assumption that constant sediment accumulation rates occurred between adjacent pairs of dates.

The radiocarbon chronological control of a lake sediment may be constrained by the presence of old carbon, so-called the *hard water* effect. The occurrence of old carbon in a sample breaks one fundamental assumption underlying radiocarbon dating, that the material being dated was originally in equilibrium with the contemporary atmosphere, where C (and hence ^{14}C) exchange took place (Olsson, 1986; Hatté & Jull, 2007). If the dated material was formed in an environment with a different ^{14}C content to that of the atmosphere, such as aquatic plants or high calcium carbonated sediment (limestone), then its radiocarbon age may be higher than contemporary wood.

In order to avoid the problems linked to the hard water effect, dated material has comprised terrestrial plant macro-remains, such as charcoal and seeds of non-aquatic plants. Nevertheless, due to the lack of macro-remains at Somolinos PAS sequence, the number of dated samples was increased by means of the addition of terrestrial micro-remains. Thus, in this record dated material has also involved pollen concentrated by following standard preparation procedures (Fægri & Iversen, 1989). This dated samples may have included a minor amount of algae and remains of aquatic plants. However, the consistency of the obtained age-depth model is featured at chapter 5.2.

^{210}Pb and ^{137}Cs dating

At Somolinos α sequence, the age model was improved by the addition more dates obtained from the measurement of ^{210}Pb and ^{137}Cs isotopes activity. The presence of ^{210}Pb in the samples is constrained by the radioactive disintegration of this isotope, which is complete after 130-150 years (Appleby, 2001). ^{137}Cs is an artificially-made isotope of 30.2 average age that globally spreads into the atmosphere as a consequence of the nuclear weapons tests performed in the 20th century. The tracking of this isotope in the sediment is considered as a mark of the Contemporary period, and it is directly linked to its highest atmospherical presence in 1963 (nuclear tests peak) and 1986 (Tchernobyl accident) (Pennington *et al.*, 1973; Catalan *et al.*, 2002; Lotter *et al.*, 2002).

^{210}Pb and ^{137}Cs measurement were performed on the uppermost samples of Somolinos α record

2. Methodology

by gamma spectrometry. Analyses were carried out at the *Laboratori Radioquímic i d'Anàlisi de Radioactivitat* (LARA) of the Polytechnic University of Catalonia.

3. Zonas de estudio

3.1. Guadalajara N

3.1.1 Medio natural

Relieve e hidrografía

El área de estudio se localiza en la zona noroccidental de la provincia de Guadalajara, limitante con la provincia de Soria. Este sector se ubica en el extremo occidental de la Cordillera Ibérica y constituye un área de transición entre esta gran cadena montañosa y el Sistema Central (fig. 2).

Este área se encuentra atravesada por una sucesión de pequeñas sierras, las cuales configuran un relieve heterogéneo, caracterizado por la presencia de perfiles de escarpe, relieves tipo cuesta, parameras, pequeñas depresiones, muelas y cerros, cuyas cimas no suelen sobrepasar los 1200 m de altitud. Constituye, por tanto, un sistema de media montaña del interior peninsular.

Desde el punto de vista hidrográfico, este sector se caracteriza por ubicarse en la divisoria de aguas entre la cuenca del Tajo y del Duero, definida concretamente por la alineación de las sierras de Pela y Bulejo.

Los ríos de esta región son de pequeña importancia. Algunos de ellos se encuentran sometidos a estiajes estacionales y corresponden a afluentes de segundo o tercer grado de los principales cauces tributarios del Duero y del Tajo.

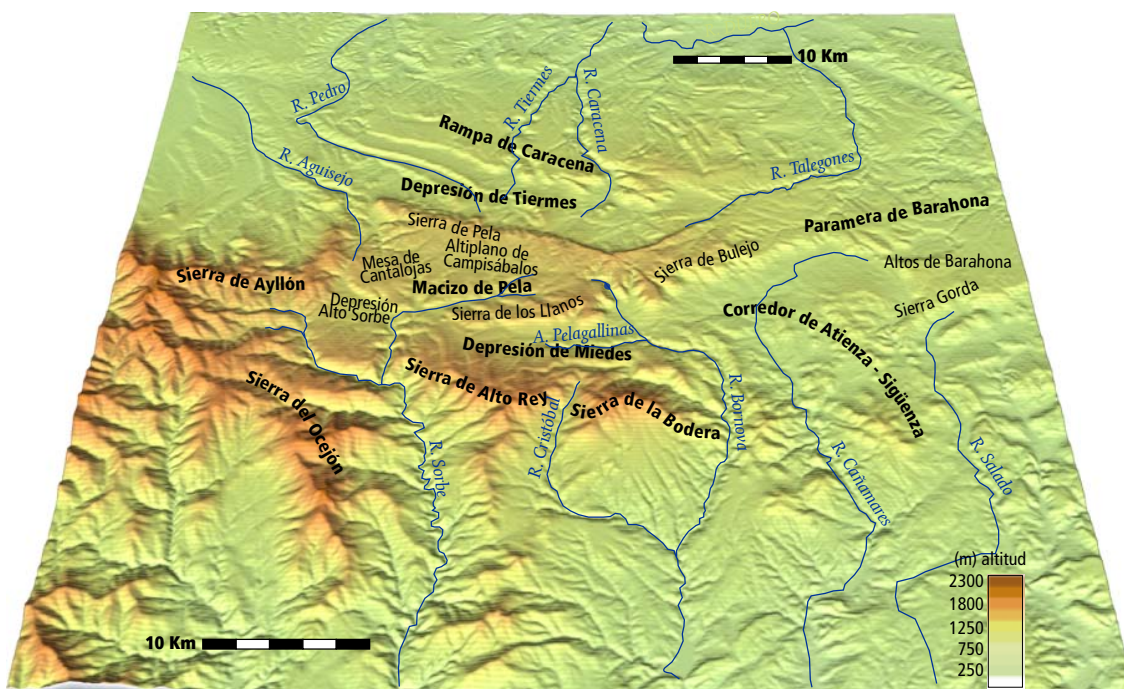
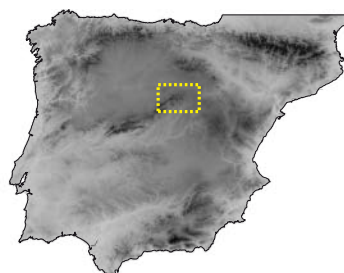


Fig. 2. Distribución de la red hidrográfica y los elementos de relieve más importantes en el área de estudio.

En el sector de estudio pueden diferenciarse las siguientes unidades de relieve:

•Macizo de Pela:

Este término designa una unidad de relieve que se interpone entre la Depresión de Tiermes, situada al N y la Depresión de Miedes, al S. Es frecuente encontrar en la literatura geográfica de esta zona el uso de *Sierra de Pela* como término para designar el Macizo de Pela. No obstante, hemos preferido utilizar la toponimia empleada por A. Vázquez Hoehne (2002) y S. Hernando (1980) para ésta y otras unidades morfológicas, debido a que permite describir con mayor precisión el área de estudio. El Macizo de Pela destaca orográficamente por su perfil tabular, muy marcado en su flanco N a partir de la muralla verticalizada de Sierra de Pela, de orientación O–E y desde la cual establece nítidamente el límite con la Depresión de Tiermes (fig. 3). Hacia el S, el Macizo de Pela se extiende hasta las sierras de Los Llanos (SO) y Bulejo (SE), cuyas vertientes meridionales señalan el inicio de la Depresión de Miedes. Las sierras de Pela, Los Llanos y Bulejo poseen culminaciones que sobrepasan los 1500 m snm. Entre ellas se extiende el Altiplano de Campisábalos (1350 m), de relieve plano (fig. 2).

Hidrográficamente, el Macizo de Pela se sitúa en la divisoria de las cuencas del Duero y el Tajo. Está drenado longitudinalmente hacia el O por el río Sorbe, contando también con varios cursos fluviales menores, algunos de los cuales discurren por niveles subterráneos. Entre la Sierra de Bulejo y la Sierra de los Llanos se ubica la Laguna de Somolinos (Somolinos α , en este trabajo). Su origen es el resultado de la formación de un dique travertínico que retuvo parte de las aguas de la surgencia kárstica del río



Fig. 3 Límite septentrional del Macizo de Pela a 1500 m de altitud. A la derecha se observa el inicio de la Depresión de Tiermes (provincia de Soria).

Manadero (Heras y Hernanz, 1966), que es conocido como Bornova después de abastecer la laguna (fig. 6).

•Depresión de Tiermes:

Se trata de un área alargada con orientación O-E que presenta un ligero arqueamiento hacia al S. Al N limita con la Rampa de Caracena y al S con los contrafuertes escarpados de la Sierra de Pela. Altitudinalmente se extiende aproximadamente entre los 1150 y 1200 m. Se encuentra hidrográficamente articulada por los cursos fluviales de los ríos Pedro, Tiermes, Caracena y Talegones, que drenan septentrionalmente hacia el río Duero.

•Depresión de Miedes:

Delimitada por el Macizo de Pela al N, la Sierra de Ayllón al O y la Sierra de Alto Rey al S, se ubica la Depresión de Miedes. Se encuentra orientada en sentido E-O y presenta una apertura hacia su extremo oriental, donde enlaza con la Paramera de Barahona y el Corredor Atienza-Sigüenza.

La depresión está recorrida por tres ríos transversales a su eje: Sorbe, Bornova y Cañamares, que fluyen hacia el S. En dirección E está drenada por el Arroyo de Pelagallinas, que es afluente del Bornova.



Fig. 4. Relieve tabular característico de las elevaciones del sector septentrional de Guadalajara.

•Paramera de Barahona y Corredor Atienza-Sigüenza:

La Paramera de Barahona se extiende hacia el E desde la Sierra de Bulejo y la Depresión de Miedes. Posee un relieve que culmina en una superficie plana (Llano de Barahona) en torno a los 1100 m de altitud, delimitado hacia el S por un escarpe recortado donde sobresalen muelas y mesas (fig. 4).

El Corredor Atienza-Sigüenza denomina a un conjunto de pequeños valles planos alargados, sierras redondeadas y muelas que se distribuyen accidentada y fragmentadamente en dirección SE desde la Depresión de Miedes, con culminaciones entre los 1050 y 1200 m de altitud.

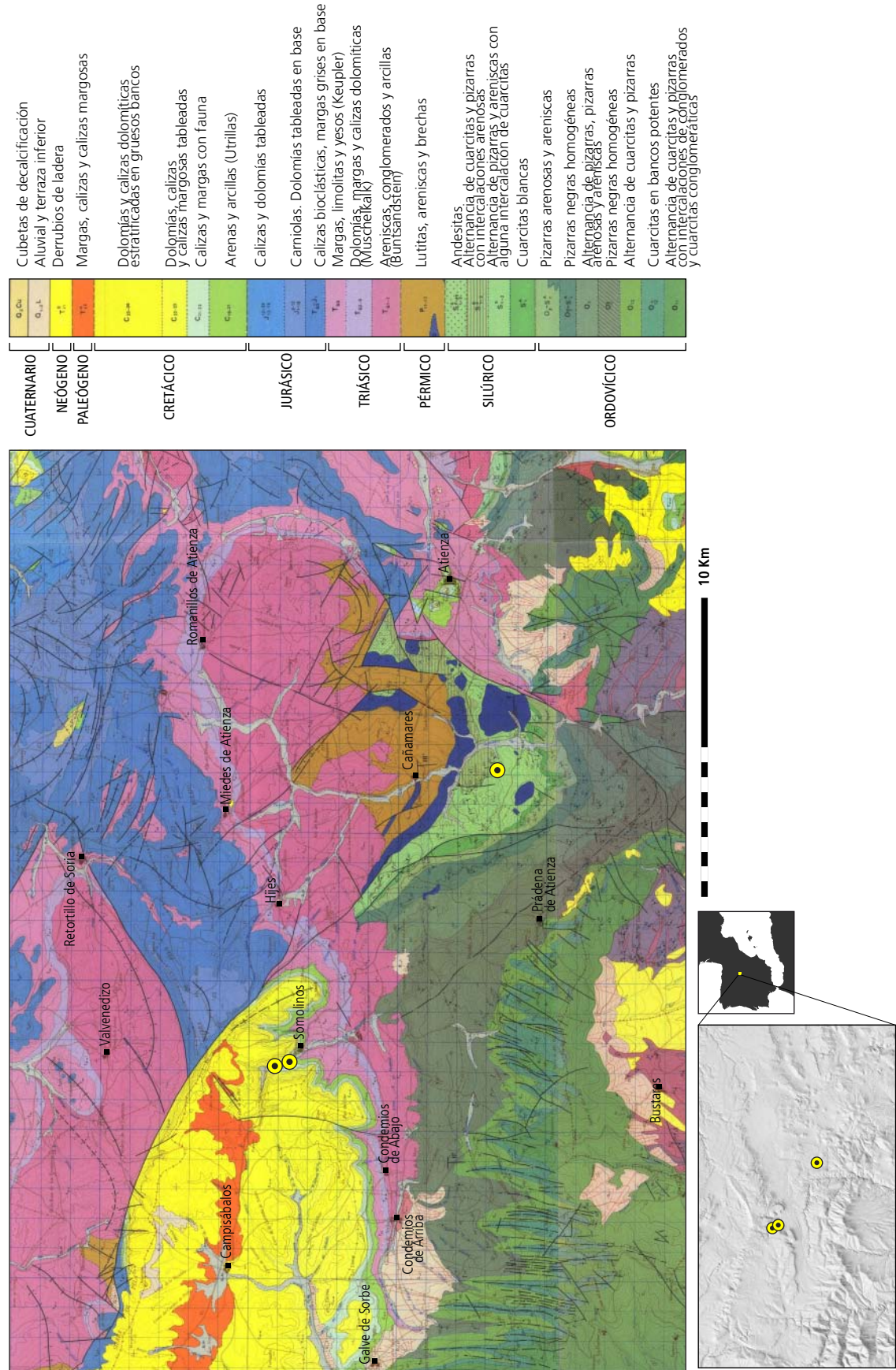


Fig. 5. Mapa geológico del sector septentrional de Guadalajara. La distribución de los diferentes materiales favorece la existencia de un substrato alcalino al N de Somolinos y un substrato ácido hacia el S. Fuente: elaboración propia basada en la cartografía del IGN.

Geología y geomorfología

Durante el Oligoceno tuvo lugar la fragmentación en bloques que configuran actualmente los dos grandes ejes montañosos del centro peninsular: el Sistema Central y la Cordillera Ibérica. El área estudiada funcionó como cubeta sedimentaria entre ambos bloques, proceso que alcanzó su máximo desarrollo durante el Mioceno. De esta época datan las superficies de erosión y los glacis (Vázquez Hoehne, 2002). En época Pliocena, el anterior carácter endorreico del sector evolucionó hacia un exorreísmo, favorecido por la existencia de unas condiciones climáticas sub-áridas que hicieron posible tanto la formación de caliches como una incisión del terreno, favoreciendo la creación de un sistema de drenaje superficial que en ocasiones dio lugar a lagunas como las de Conquezuela (Miño de Medinaceli, Soria) (Vázquez Hoehne, 2002).

Durante algunas fases del Pleistoceno, el contexto periglacial favoreció la extensión de los recubrimientos de clastos, así como el desarrollo de formas en coluviones y conos de gelifractos, configurando las condiciones para una escasa pedogénesis (Vázquez Hoehne, 2002).

Posteriormente, en época Holocena se produce un avance de la dinámica fluvial, coincidiendo con la degradación progresiva de vertientes. No obstante, los depósitos cuaternarios poseen escasa entidad en este sector (Vázquez Hoehne, 2002; Hernando, 1980).



Fig. 6 Relieves kársticos en Somolinos

En el área estudiada pueden distinguirse dos dominios principales desde un punto de vista estratigráfico, que se encuentran separados por la Falla de Somolinos (Hernando, 1980) (fig. 5). Esta fractura discurre en dirección SE-NO siguiendo la línea trazada por La Muela (Sierra de Bulejo) y el escarpe septentrional de la Sierra de Pela. Esta discontinuidad estructural pone en contacto un sector oriental, formado por sedimentos triásicos distribuidos entre Atienza y la

Depresión de Tiermes (materiales calcáreos del Muschelkalk, arenas y conglomerados del Buntsandstein y margas yesíferas del Keuper), con un sector occidental, identificado principalmente con el Macizo de Pela, donde alternan dolomías, calizas y margas del Cretácico Superior y del Eoceno. Al S de la alineación Atienza-Cañamares, afloran materiales paleozoicos en forma de lutitas, areniscas y andesitas (Hernando, 1980) de origen Pérmico y Silúrico, configurando un substrato de naturaleza silíceo que también predomina en la Sierra de Alto Rey, en el sector meridional del área de estudio, donde se distribuyen potentes sucesiones de cuarcitas y pizarras (Soers, 1972).

Esta disposición del substrato configura suelos diferenciados, hallándose suelos de tipo alcalino en correspondencia con el predominio de substratos calcáreos al N, mientras que al S se distribuyen suelos más ácidos, relacionados con los substratos silíceos. En líneas generales, el desarrollo edáfico produce perfiles de luvisoles en las zonas de paramera, vertisoles en los valles de orientación N, fluvisoles en los tramos fluviales medios y bajos de los fondos de valle, planosoles en las culminaciones tabulares y litosoles – ranker en los macizos silíceos (Jimeno *et al.*, 1987; de la Cruz, 1994).

Clima

Los datos utilizados para caracterizar climáticamente el área estudiada proceden de las estaciones termopluviométricas ubicadas en las localidades de Condemios de Arriba (1316 m), Somolinos (1238 m) y Atienza (1169 m), contando todas ellas con registros de pluviometría y temperatura, a excepción de la estación de Somolinos, donde solamente se miden las precipitaciones (fig. 7).

En líneas generales, el clima del sector NO de la provincia de Guadalajara se caracteriza por inviernos fríos y prolongados y veranos suaves. El registro de precipitaciones procedente de las estaciones meteorológicas de Atienza, Somolinos y Condemios indica la existencia de un gradiente altitudinal, que en este sector aumentan progresivamente hacia el O (de la Cruz, 1994)

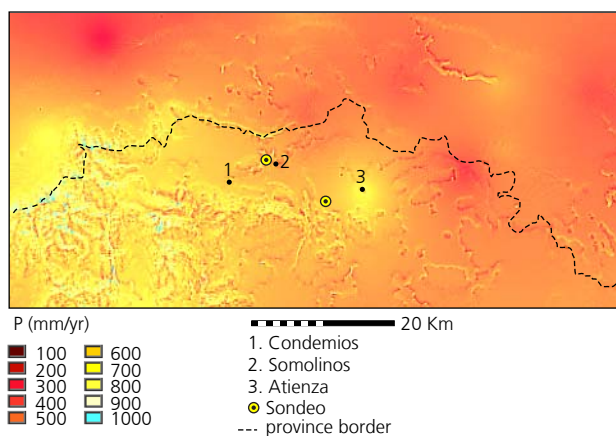


Fig. 7 Localización de las estaciones meteorológicas y distribución pluviométrica anual en la confluencia de las provincias de Guadalajara y Soria. (fuente: Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Ninyerola *et al.*, 2005)

(fig. 7). Así, los 600 mm de lluvia anual en Atienza (1169 m), pasan a ser 625 mm en Somolinos (1238 m) y 800 mm en Condemios (1369 m), cerca de las serranías de Ayllón y Alto Rey. El gradiente se confirma con los 963 mm recogidos en la estación de Valverde de los Arroyos, en la Sierra de Ocejón (1800 m snm), localizada a 13 Km al SO de Condemios. Esta gradación altitudinal y en sentido O-E es resultado de la confluencia entre las masas de aire húmedo procedentes del SO y el NO con los relieves prominentes de las sierras de Ayllón y Alto Rey, produciéndose en esta zona las precipitaciones más abundantes (Muñoz *et al.*, 1989). En los sectores montanos las lluvias alcanzan sus máximos durante el período otoño – invierno, tendencia que se desplaza progresivamente hacia el período invierno – primavera al descender de cota, como ocurre en los valles circundantes y hacia el NE. No obstante, la variabilidad pluviométrica interanual en la zona es elevada (Ortega y Morales, 2008), sobre todo en cotas altas.

En época estival se registra una marcada aridez, aunque limitada a los meses de Julio y Agosto, que se acentúa hacia los sectores más orientales. El carácter seco de los vientos del Cierzo, de componente NO con mayor incidencia en primavera y en otoño, contribuye también a desequilibrar el balance hídrico de los suelos al producir un efecto de desecación (Ortega y Morales, 2008). Todo ello permite incluir la mayor parte del sector dentro del tipo bioclimático subhúmedo inferior, siguiendo la clasificación de S. Rivas Martínez (1987).

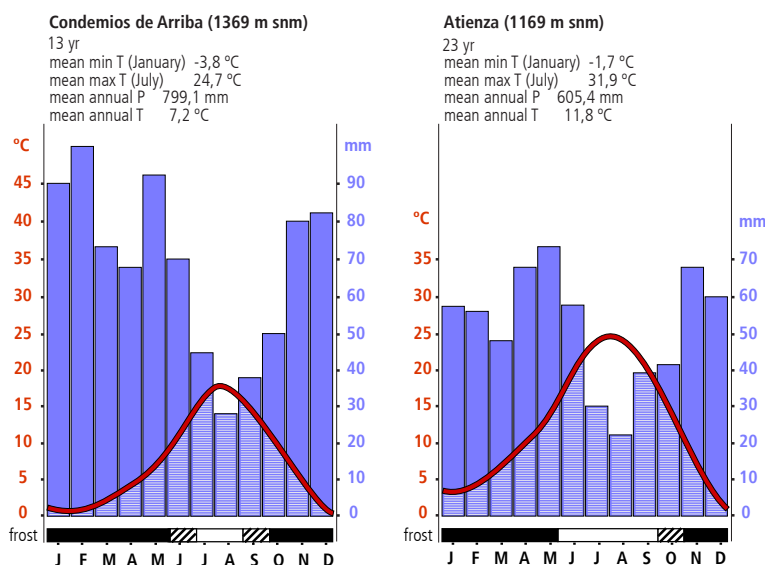


Fig. 8. Climogramas de Condemios de Arriba y Atienza elaborados con los datos recogidos por las estaciones termoplúviométricas durante los últimos 13 y 23 años, respectivamente (fuente: de la Cruz, 1994).

Las temperaturas muestran también un gradiente altitudinal, en función del cual las sierras occidentales registran valores inferiores a los registrados en parameras y valles orientales. De esta manera, Condemios, influenciado por los relieves serranos cercanos, registra una temperatura media mínima en enero de $-3,84\text{ }^{\circ}\text{C}$, registrando valores negativos desde noviembre hasta marzo. En Atienza, en cambio, la persistencia del frío invernal es menor, aunque todavía considerable, alcanzando las medias de las mínimas un valor de $-1,68\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un período de

valores negativos limitados a los meses de enero y febrero (de la Cruz, 1994) (fig. 8). En estos sectores las heladas son frecuentes durante la mayor parte del año, constituyendo un factor limitante para la viabilidad vegetal, que condiciona la distribución de los pisos bioclimáticos (Rivas-Martínez, 1983). Los períodos estacionales libres de heladas se reducen a 4 meses en Condemios y a 5 en Atienza (de la Cruz, 1994). Así, el invierno en este sector se puede clasificar dentro del tipo frío.

La temperatura media anual varía entre los 11,8 °C de Atienza y los 7,2 °C de Condemios, mientras que las medias de las máximas se producen en julio, alcanzando valores de 31,8 °C y 24,7 °C, respectivamente, manifestando un aumento de la amplitud térmica hacia el E pero dentro de los límites de un verano suave, por debajo del límite establecido para el tipo cálido (Ortega y Morales, 2008).

Todo ello configura un sector geográfico donde el frío destaca por su persistencia e intensidad, y en el cual las precipitaciones están condicionadas por las alineaciones montañosas del extremo oriental del Sistema Central. Este relieve configura un clima mediterráneo de características más continentales hacia el E, conforme la influencia oceánica se desintensifica. Desde el punto de vista de la clasificación climática Köppen, el sector septentrional de Guadalajara se define como de tipo mediterráneo continental, limitando con el tipo semi-árido.

En esta zona, la distribución altitudinal de los pisos bioclimáticos puede diferir en unas decenas de metros respecto a los límites habituales, en función de factores como las diferentes orientaciones de los valles —más fríos si se abren hacia el N— y la topografía. Teniendo en cuenta la difícil calibración de estos parámetros, algunos autores han propuesto emplear el tapiz vegetal como criterio preferencial para determinar estos pisos bioclimáticos, a partir del seguimiento y la variación de su composición florística (de la Cruz, 1994). Así, se ha definido un piso **mesomediterráneo** superior, con límite altitudinal entre los 850 y 900 m aproximadamente. Le sigue un piso **supramediterráneo** que presenta con un nivel inferior (entre 900 – 1000/1150 m), un nivel medio (entre 1000 – 1300 m) y un nivel superior (entre 1300 – 1500 m). Por encima de esta cota se extiende el piso **oromediterráneo**.

Vegetación

El conjunto del Macizo de Pela, las depresiones que se extienden al N y S del mismo y las sierras orientales del Sistema Central (sectores Somoliense y Atienzano) reúnen condiciones bioclimáticas submediterráneas. En esta zona la vegetación se distribuye preferentemente en función de las características de los suelos. En este sentido, la configuración edáfica define una preferencia de las series basófilas por las cuestas alcalinas del Muschelkalk y valles del Keuper, mientras que las comunidades silícólicas crecen sobre formaciones del Buntsandstein. La

descripción vegetal de esta zona ha sido elaborada a partir del estudio de M. de la Cruz (de la Cruz, 1994; de la Cruz y Peinado, 1996; de la Cruz *et al.*, 1997).

En el distrito Atienzano, donde predomina la influencia de materiales silíceos y los suelos ácidos, las formaciones forestales están compuestas por encinares silícolas (*Junipero oxycedrae* - *Querceto rotundifoliae*) y melojares (*Luzulo* - *Querceto pyrenaicae* S. y *Festuco heterophyllae* - *Q. pyrenaicae*), intensamente afectados por actividades humanas como el carboneo y la formación de dehesas. (fig. 9) En el piso oromediterráneo de zonas altas (Sierra del Alto Rey) crecen de forma relictual



Fig. 9 Paisaje actual en un sector de llanura del área de Atienza.

pinares silícolas de *Pinus sylvestris* (*Coeno* - *Pineto sylvestris sigmetum*). En este distrito, la vegetación arbórea de ribera la componen saucedas, alisedas y fresnedas con presencia puntual de *Betula pubescens* y *Humulus lupulus*.

La degradación de estas comunidades silícolas conlleva su substitución por comunidades arbustivas de jarales y brezales, con las comunidades vegetales *Rosmarino officinales* - *Cistetum ladaniferi ericetosum scopariae* y *Erico arboreae* - *Arctostaphyletum ericetosum aragonensis*. Las especies *Cistus laurifolius*, *Erica scoparia*, *E. australis subs. aragonensis*, *Calluna vulgaris*, *Halimium ocymoides*, *Arctostaphylus crassifolia*, están presentes en estas comunidades arbustivas de sucesión en los sectores más altitudinales y más húmedos. En áreas menos frías y más secas, jaras y brezos suelen presentarse acompañados de *Rosmarinus officinalis*, *Halimium umbellatum* y *Lavandula stoechas*.

En algunos sectores del distrito atienzano, debido a la combinación de factores microtopográficos y geomorfológicos periglaciares, se crean condiciones favorables para una mayor acumulación hídrica y el encharcamiento, que pueden acabar desarrollando histosoles muy orgánicos capaces de albergar turberas de *Carex sp.*

En los sectores con substratos más alcalinos, se distribuyen comunidades arbóreas con predominio del encinar basófilo submediterráneo (*Junipero thuriferae* - *Querceto rotundifoliae*)

compuestas por encinares de *Quercus rotundifolia*, a menudo adhesionados, *Juniperus oxycedrus*, *J. thurifera* y *J. hemisphaerica*, muy explotados para la obtención de carbón y leña. En algunos enclaves hay presencia de quejigares (*Cephalanthero - Querceto fagineae*), como en el sector de Campisábalos y las laderas de Sierra de Pela, actualmente formando pequeños bosquecillos muy explotados. Los bosques de ribera están constituidos por choperas, saucedas antrocineras y, puntualmente, olmedas. La degradación de estos bosques da lugar a la extensión de rosedales con presencia de *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa*, diversas especies de *Rosa sp.*, *Amelanchier rotundifolia*, *Rubus ulmifolius*, etc. En sectores más secos y sobre suelos carbonatados degradados, la perturbación del encinar o quejigar permite la extensión de matorrales basófilos del tipo *Lino differentis - Salvietum lavandulifoliae*, con presencia de *Genista scorpius*, *Lavandula latilifolia*, *Thymus vulgaris*, *Linus suffruticosum*, *Helianthemum rotundifolium*, etc (fig. 10).

De forma relictual y con escasa extensión, en estos sectores basófilos, en el límite inferior del piso



Fig. 10. Formaciones dispersas de *Quercus rotundifolia* y *Juniperus hemisphaerica* (izquierda) y *Genista scorpius* y *Crataegus monogyna* (derecha).

oromediterráneo (sectores culminales del Altiplano de Campisábalos) se conservan rodales de pino albar (*Galio idubedae - Pineto sylvestris sigmetum*). En este sector se ha documentado la presencia de *Juniperus hemisphaerica* y *Juniperus thurifera*, además de *Berberis sp.* y *Rosa sp.* En los pisos oromediterráneos de la Sierra de Los Llanos y de Sierra de Pela se desarrollan en la actualidad comunidades de matorrales espinosos tales como los erizales (*Saturejo gracillis - Erinaceetum anthyllidis*), con presencia de *Erinacea anthyllis*, *Satureja intricata* y puntualmente de *Genista mugrodensis* y *Linum appressum*, entre otras especies.

Cuando los sectores altitudinales (supramediterráneo-oromediterráneo) son objeto de un pastoreo intenso, se desarrollan pastizales orófilos calcícolas con predominancia de *Thymus somoliense* o *Thymus zygis* y de poáceas, principalmente de *Festuca hystrix* (*Festucetum hystricis*) y *Festuca indigesta*. En algunos sectores pueden desarrollarse pastizales húmedos (*Cirsio-Orobrychidetum hispanicae* y *Pulsatillo-oronidetum cenissiae*) que son objeto de pastoreo o siega con presencia de abundantes gramíneas, de *Pedicularis schyzocalyx* y *Sanguisorba officinalis*.

En sectores supramediterráneos, el uso pascícola y ganadero moderado favorece el desarrollo de fenalares de gramíneas (*Brachypodium phoenicoides*, *Festuca trichophylla*, *Bromus erectus*, etc.) o de

lastonares (*Brachypodium retosum*). Cabe señalar también la existencia de pastizales de *Poa bulbosa* y majadales de *Festuca trichophylla*, sometidos a mayor presión ganadera y donde se desarrollan algunas leguminosas (*Trifolium sp.*, *Leontodon sp.*), además de *Plantago lanceolata*.

La presencia de cultivos caracteriza el entorno de los núcleos de población dispersos por este sector, que suelen localizarse en los sectores de fondo de valle. Más allá de estos ámbitos, se extiende un paisaje donde predominan fundamentalmente los espacios abiertos, pero sin evidencias directas de perturbaciones antrópicas actuales, en consonancia con la ralentización demográfica y económica experimentada por este territorio en las últimas décadas.

3.1.2 Contexto histórico

La presencia humana en el área situada entre la zona del Macizo de Pela y la comarca de Atienza se encuentra documentada desde el Paleolítico, período del cual datan los restos de Bragadera (Atienza) (García Valero 2002). Con posterioridad, la ocupación del territorio ha sido relativamente constante, documentándose los yacimientos de Aguanal (Romanillos de Atienza) (Valiente Malla, 1997; Sebastián Caudet y Gómez Barrera, 2003) y en La Cueva (Bañuelos) para época neolítica. Durante el período Calcolítico, el poblamiento de este sector ha sido identificado en Barranco del Reloje (Valverde de los Arroyos) (Valiente Malla, 1997).

A lo largo del tercer y segundo milenio aC, durante la Edad del Bronce, la región registró la ocupación de comunidades vinculadas a la cultura Campaniforme. Su presencia está documentada a partir de las pinturas rupestres de El Portalón (Villacadima) y de los gravados hallados en Somolinos, Hijes, Bañuelos, Miedes, Alcolea de las Peñas, Tordelrábano y Riba de Santiuste (Gómez Barrera, 1996; Sebastián Caudet y Gómez Barrera, 2003), así como también a partir del depósito de acumulación de metales de Miedes de Atienza (Lucas *et al.*, 2006). Al N de Sierra de Pela, la ocupación humana ha sido documentada en época neolítica (IV milenio aC) y calcolítica. En este sector, el entorno del yacimiento de Tiermes (Montejo de Tiermes) ofrece evidencias de ocupación humana durante la Edad del Bronce a partir de la presencia de material campaniforme, datado en torno al 1300 aC (Mangas y Martínez, 2005).

Existe cierto debate a la hora de definir la situación del territorio comprendido entre el Sistema Central y la Cordillera Ibérica durante la transición entre el II y I milenio aC, sin que en la actualidad se pueda establecer con precisión la dinámica y evolución de las sociedades que lo poblaron. Uno de los factores principales que tradicionalmente ha impedido avanzar en este campo ha sido el reducido volumen de datos arqueológicos disponibles para estas etapas cronoculturales, que impide caracterizar bien la evolución del sector oriental meseteño durante el Bronce Final.

No obstante, desde los últimos años ha sido posible profundizar gracias al mejor control cronológico de algunos yacimientos clave. Si bien todavía no existe consenso entre la mayoría de autores (Burillo, 2007), las últimas tendencias interpretativas coinciden en reconocer que, durante este período, en la meseta oriental se extendían comunidades caracterizadas por un substrato de origen meseteño y por la presencia de nuevas influencias de procedencia foránea. La arqueología revela que a finales del II milenio aC el territorio que se extiende entre los cursos del Alto Duero y el Alto Tajo participa de los rasgos comunes que definen a la cultura Cogotas I, cuya tradición en el ámbito meseteño se manifiesta en asentamientos preferentemente localizados en llanos aluviales, los cuales sugieren una vocación eminentemente agrícola (Blasco y Lucas, 1999; Valiente Malla, 1997). Sin embargo, a finales del II milenio la cantidad de evidencias arqueológicas de esta cultura en este sector oriental de la meseta no parece ser muy

elevada, diluyéndose progresivamente conforme avanza el I milenio aC. Paralelamente a este proceso, se detecta un influjo (Ruiz Zapatero y Lorrio, 2005) cada vez mayor de nuevos elementos culturales procedentes de sectores montañosos orientales, situados en la actual comarca de Molina de Aragón.

Precisamente en el territorio entre Teruel y Cuenca, situado en la cordillera que marca el extremo oriental de la meseta, entraron en contacto diferentes tradiciones culturales coincidiendo con el cambio de milenio. Una de ellas destaca por su carácter novedoso en este área y es reconocible a partir de elementos propios de la denominada cultura de Campos de Urnas, cuya penetración en el sector debió de producirse desde el Valle del Ebro (Ruiz Zapatero y Lorrio, 2005; Cerdeño *et al.*, 2002). Estos nuevos elementos han sido identificados sobre todo a partir del análisis del núcleo de El Ceremeño y de la necrópolis de Herrería (Herrería, Guadalajara) (fig. 12), los cuales evidencian la consolidación de las características que definen la cultura celtibérica: el ritual de incineración, los enterramientos en túmulos, determinadas formas cerámicas típicas del Valle del Ebro, tipos metálicos característicos como los cuchillos afalcatados o las fíbulas de doble resorte, y el conocimiento general de la metalurgia del hierro. Este primer momento ha sido definido como período protoceltibérico (Cerdeño, 2008) y se caracteriza por la

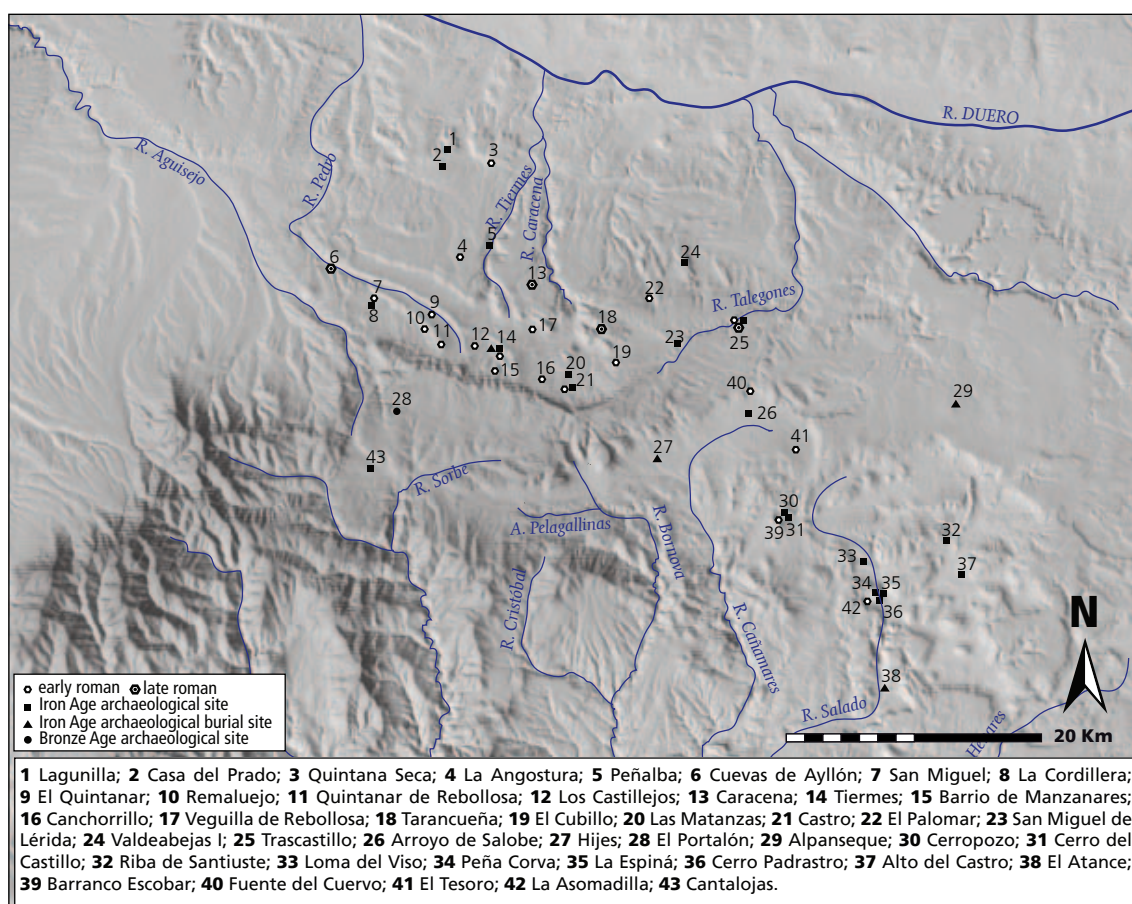


Fig 11. Mapa de la zona de estudio en el que se muestra el poblamiento de época prehistórica, protohistórica y romana.

expansión de estos grupos por el territorio situado entre Alto Jalón y el Alto Tajo a principios del I milenio aC (Ruiz Zapatero y Lorrio, 2005; Cerdeño, 2010).

El desarrollo de estos grupos acabará sintetizando, poco tiempo después, en un nuevo tipo de poblado basado en la construcción en piedra, localizado preferentemente en altura y dotado de defensas amuralladas. Estas novedades materiales revelan una planificación urbanística del espacio diferente que, sumada a las novedades aportadas por la cultura material, establecen un cambio respecto del substrato cultural anterior (Arenas Esteban, 2009). El desarrollo social de estas comunidades durante la época del período Celtibérico Antiguo, datado en el s. VIII aC, ha sido frecuentemente vinculado a la emergencia de la figura del guerrero, elemento que debió constituir una papel organizativo muy relevante, cuya importancia se refleja en la composición de determinados ajuares funerarios.

A finales del s. VI y mediados del V aC se documenta un cambio importante en el patrón de poblamiento, que implicó el abandono y desaparición de algunos poblados (Aguilera, 1995) en las zonas montañosas de la Cordillera Ibérica meridional. A partir de este momento se constata un traslado progresivo en el hábitat desde la zona del Alto Tajo - Alto Jalón hacia posiciones más occidentales y septentrionales, próximas al Valle del Duero (Arenas Esteban, 1999; Ruiz Zapatero y Lorrio, 2005). Este proceso ha sido interpretado como el reflejo del desplazamiento del centro de gravedad político relacionado con la emergencia de los grupos arévacos del Duero. En conjunto, estas transformaciones en el mundo celtibérico coinciden temporalmente con procesos similares que se documentan a escala suprarregional, sobre todo en el mundo ibérico levantino, donde el poblamiento evidencia también el abandono de antiguos poblados y la fundación de otros nuevos.



Fig. 12 Yacimiento celtibérico de El Ceremeño (Herrería).

Estos procesos han sido interpretados como una consecuencia de las tensiones sociales producidas dentro de estas comunidades, resultado de una evolución económica condicionada por la orientación hacia el mundo colonial mediterráneo, que en aquel momento se constituía

como principal agente dinamizador de la economía y las relaciones sociales de los pueblos indígenas (Burillo, 1992-1993). En este sentido, se ha apuntado a la satisfacción de la demanda colonial de recursos como el hierro, por parte de los grupos celtibéricos, como uno de los factores que pudieron contribuir significativamente a acelerar estos cambios en las relaciones internas (Burillo, 1987). Pero no obstante, los factores que contribuyeron a favorecer estos cambios debieron ser variados y debieron tener relación con las características que definen la cultura celtibérica en su etapa de plenitud, tales como la intensificación de las explotaciones agrarias y el desarrollo generalizado del instrumental en hierro.

Durante las etapas celtibéricas plena y tardía (final del s. IV hasta s. II aC) se produjo una evolución relevante en la articulación política de estos grupos, que parecen evidenciar ahora un proceso de desarrollo de estructuras protoestatales (Burillo, 2007). Estas comunidades son capaces de concentrar población, de acuñar moneda y de generar grandes *oppida* como Numancia o Segesta, trascendiendo el modelo anterior de jefaturas y poblados en altura en el marco de un proceso general de apropiación de nuevos espacios (Arenas Esteban, 2009).

Durante la mayor parte del I milenio aC, el sector del Macizo de Pela se situó en los márgenes de lo que parecen haber sido los centros de actividad política y económica más relevantes del mundo celtibérico, localizados en un principio en la Cordillera Ibérica meridional y posteriormente en la Soria oriental y el Valle del Duero, al NE del Sistema Central. Pese a que en la actualidad el número conocido de yacimientos de la Edad del Hierro situados entre el Macizo de Pela y el Duero es reducido, se ha afirmado que este sector acogió una ocupación estable, al menos desde el s. VII aC (Heras Fernández, 2000). Al N de Sierra de Pela se conocen los yacimientos de La Cordillera, San Miguel de Lérida, Trascastillo y Valdeabejas I, datados en los siglos VI y V aC (Mangas y Martínez, 2005). Por el contrario, en la altiplanicie interior del propio Macizo de Pela y en el territorio que se extiende desde el flanco meridional hasta la Sierra de Alto Rey, no se documentan yacimientos para este período. El poblamiento de época celtibérica en Tiermes se conoce sobre todo a partir del estudio de la necrópolis, cuyo uso más antiguo está datado desde la segunda mitad del s. VI aC (Argente *et al.* 2000; Mangas y Martínez, 2005), manteniendo este núcleo una ocupación continuada que alcanzó un desarrollo urbano ya en el s. II aC.

Durante el s. II aC se llevaron a cabo la mayor parte de las campañas militares que acabaron incorporando este territorio dentro la administración romana. En este contexto, las fuentes clásicas, a menudo cayendo en contradicciones, describieron un territorio arbolado ocupado por los *arévacos* (Barreda, 2000), de orientación ganadera y con sus principales núcleos localizados en Uxama y Tiermes.

El *oppidum* celtibérico de Tiermes (también conocido en su etapa prerromana como Carratiermes) fue atacado por Cecilio Metelo en 143 aC, pero resultó definitivamente conquistado en 98 aC por el cónsul Tito Didio, según figura en Apiano (*Iber.* 99). A partir de

entonces, la ciudad experimentó una evolución que la convirtió en un centro urbano de primer orden. A nivel material, esta transformación se manifestó en el abandono de las estructuras constructivas celtibéricas y en el inicio de una importante actividad edilicia, que estructuró la trama de la ciudad de acuerdo con el patrón urbanístico vitrubiano e incorporó elementos monumentales habituales en las ciudades romanas, sintetizadas en el foro, las termas, el templo, o la provisión de agua a través de un acueducto (Gómez Santa Cruz, 1994), que interceptaba el flujo del Río Pedro.

Coincidiendo con este dinamismo, se sancionó la promoción política de la ciudad mediante la concesión del estatus jurídico de *municipium* de derecho romano, hecho que se produce aproximadamente durante el gobierno del emperador Tiberio (14 dC – 37 dC) (Mangas y Martínez, 2004) y que anticipa un próspero desarrollo económico no sólo de la propia ciudad (fig. 13), sino también en su entorno inmediato. En este sentido, durante los siglos I y II dC se registra un aumento demográfico tanto en las inmediaciones de Tiermes (Gómez Santa Cruz, 1994) como en todo el territorio al N de la Sierra de Pela y la zona de Atienza (Iglesias Vecino, 1992), que se materializó en una ocupación preferente de los espacios cercanos a los ejes de comunicación, en llano y próximos a cursos de agua (Gómez Santa Cruz, 1994; Heras Fernández, 2000). En este contexto de desarrollo rural se ha planteado la posibilidad de un paulatino reemplazo de la tradición exclusivamente ganadera por una economía de tipo mixto, con mayor presencia de explotaciones agrarias (Ruiz-Gálvez, 1985).



Fig. 13 Ciudad romana de Tiermes. Subconjunto Rupestre Sur. (Fuente LIFE Tiermes).

Parte del interés territorial de Tiermes en esta época se debe a su estratégica posición en relación al paso natural entre ambas submesetas y el Valle del Ebro. Esta condición de lugar de tránsito se encuentra en consonancia con la ordenación territorial peninsular representada en trazado de la

vía 24, que unía *Emerita Augusta* con *Cæsaraugusta* por el Valle del Jalón a través de *Segontia* (Sigüenza) (Abascal, 1982). Tiermes se situaba entre esta vía y la vía 27, que unía *Asturica Augusta* (Astorga) con *Cæsaraugusta*, conectando ambas a través de las rutas secundarias que enlazaban *Segobriga* (Segovia), *Uxama* (Burgo de Osma), *Ocilis* (Medinaceli) y *Segontia* (Sigüenza) (Abascal, 1982; Heras Fernández, 2007).

Durante el s. III dC se hacen visibles en el territorio los efectos de la crisis que afecta al interior peninsular (Fuentes Domínguez, 2006). La crisis bajoimperial tuvo repercusiones directas en Tiermes (Gómez Santa Cruz, 1992, 1994), donde se documenta el abandono de algunos barrios (Martínez Caballero *et al.*, 2006) y la reducción del perímetro urbano. Adicionalmente, la ciudad se fortifica mediante la construcción de una muralla. Durante el s. III dC se produce un trasvase de población hacia el ámbito rural (Heras Fernández, 2007), que hizo posible el incremento del número de *villae* (García Merino, 2007) en el territorio, como las documentadas en Caracena, Licerías o Tarancueña. En este sentido, existe un acuerdo en entender esta evolución como una manifestación de cambio en las relaciones de las comunidades y el territorio, que refleja el debilitamiento de la ciudad como tradicional centro de poder y sintetiza el auge de nuevas bases, que ahora se localizan en el ámbito rural (Martínez Caballero *et al.*, 2006; Mariné, 1992; García Merino, 2007).

El período de dinamización del mundo rural en la zona de Pela y Atienza perdura hasta los s. IV-V dC, produciéndose a partir de entonces el abandono de algunas villas, la reocupación de antiguos hábitats prerromanos y un cierto retorno al mundo urbano (Heras Fernández, 2007). La ciudad de Tiermes, de hecho, se mantuvo ocupada durante la tardoantigüedad y hasta el s. VII dC, y en ella se documentan las transformaciones ocurridas como consecuencia de la desintegración del Imperio Romano y el desarrollo de las nuevas relaciones sociales de origen germánico. En este sentido, el desarrollo del mundo visigodo se documenta a través de dos necrópolis establecidas en la ciudad romana, así como en las estelas diseminadas por el entorno próximo (Casa y Doménech, 1983), las cuales corroboran la ocupación del territorio entre los siglos V y VIII. A pesar de estos indicios, se documenta a partir de este momento un lento proceso de abandono en la ciudad de Tiermes, que significó el inicio de su final definitivo (Martínez Caballero *et al.*, 2006).

El período de la Alta Edad Media en el sector septentrional de Guadalajara y el centro oriental de la Península Ibérica es poco conocido. En la mayoría de los casos, las referencias, localizadas casi siempre en documentos de tipo eclesiástico (Gamo Parras, 2006), contemplan tan sólo menciones a Toledo, núcleo político del reino visigodo hispánico, Segontia, Complutum y Recópolis. Se considera que el poblamiento visigodo en el área de Guadalajara responde a una idea de articulación política a escala regional, relacionada con la disposición de las vías romanas y con preferencia por la ocupación de antiguas *villae* tardorromanas (Olmo Enciso, 2008).

La incorporación del territorio situado entre las dos submesetas dentro del dominio musulmán constituye un proceso poco conocido. No obstante, la hipótesis más aceptada es que el sector norte de Guadalajara fue conquistado entre los años 712 y 713 (García-Soto, 2005). La escasa información documental disponible para esta zona remite a un territorio comprendido entre Medinaceli y Guadalajara que estuvo administrado por la familia *Banu Salim*, procedente de la tribu bereber *Masnuda* y que disfrutó de cierto poder durante época omeya, coincidiendo su ocaso con el desarrollo del califato cordobés en 929 (Manzano Moreno, 1991). El territorio septentrional de la provincia de Guadalajara fue escenario de un desarrollo poblacional que fundó asentamientos de nueva planta en Atienza y Santiuste, área en la cual permanece actualmente una significativa toponimia de origen árabe. La articulación territorial estuvo marcada por el desarrollo de una red defensiva contra los reinos cristianos del N y que se distribuía a partir del eje Gormaz – Atienza – Medinaceli, principales plazas fortificadas (García-Soto, 2005) que se adelantaba a un eje defensivo menor meridional hacia el Henares y Tajo.

Desde el punto de vista económico, la supuesta explotación agropecuaria del territorio (García-Soto, 2005) se habría complementado con evidencias sobre el aprovechamiento de salinas en la cuenca del río Salado, producto de significativa importancia dentro del mundo económico andalusí (Malpica Cuello y García-Contreras, 2009) que habría favorecido la creación de una densa red de poblamiento, datado desde el s. IX, dentro de la cual la población de Atienza sobresalió como centro político. Los documentos cristianos de los siglos centrales medievales, posteriores a la conquista castellana, reflejaron indirectamente una región previamente caracterizada por el desarrollo de una agricultura de regadío y por la existencia de multitud de presas, acequias, pesqueras, molinos, salinas y azudes, poniendo de manifiesto el dinamismo económico de este área.

La región, que en el período altomedieval aparece muy poco mencionada en las fuentes, ve incrementadas las referencias documentales desde el primer tercio del s. X, a raíz de las campañas de acoso y saqueo emprendidas por los reinos cristianos septentrionales. La caracterización de este sector como un área de frontera adquiere su máxima expresión a lo largo de las dos centurias siguientes, mientras sucesivas campañas militares promovidas desde S y N intentan por una parte mantener la región entre el Tajo y el Duero bajo poder cordobés y por otra como fuente de botines bélicos (García-Soto, 2005). Desde el siglo XI la fragmentación política experimentada en Al-Ándalus expuso en mayor grado los territorios septentrionales de Guadalajara a las incursiones castellanas. La presencia castellana se consolidó en este sector desde la conquista de Toledo en 1085, durante el reinado de Alfonso VII. Posteriormente, sucumbieron a la expansión cristiana los núcleos de Atienza en 1096, Medinaceli en 1104, y Sigüenza, la cual fue restaurada como sede metropolitana en 1124. Tras estos acontecimientos comenzó un lento proceso de repoblación, organizado a partir de las Comunidades de Villa y Tierra (García-Soto, 2005) y ejecutado con diferentes grados de intensidad según la zona. El

proceso todavía resulta hoy poco conocido, pero que en el caso de Sigüenza, las fuentes describen que el territorio se encontraba aparentemente despoblado, como resultado de las continuas luchas previas entre castellanos y almorávides (Blázquez, 1985).

El sector NO de la provincia de Guadalajara experimentó a partir de entonces un sólido crecimiento demográfico y económico, coetáneo a las condiciones políticas de expansión del reino castellano y que se reflejó en el estímulo del poblamiento, tanto en lugares habitados previamente como en las fundaciones de nueva planta. En este contexto, Somolinos aparece por primera vez citado en la documentación eclesiástica del s. XIII (Minguella y Arnedo, 1910-1913), pudiendo haber tomado parte de esta incipiente red de nuevo poblamiento de origen castellano. El principal centro político de la zona se mantuvo situado en Atienza, promocionada mediante el fuero de 1149 por Alfonso VII a ciudad de realengo y convertida desde entonces en un relevante centro de actividad económica, aspecto que respondía a su capacidad para atraer el comercio en una zona escasamente poblada. En concreto, se alude a la circulación de lanas, pieles, tejidos y cueros, así como a la creciente importancia del gremio de arrieros (Layna Serrano, 1945). Sin embargo, su circunscripción territorial fue menguando progresivamente, conforme los monarcas castellanos concedían *mercedes* a diferentes nobles del territorio. Estos favores, que aumentaban los dominios señoriales de algunas de las familias aristocráticas del sector, afectaron a muchos pueblos del entorno serrano occidental de Guadalajara como Campisábalos, Cifuentes, Cogolludo, Albendiego o Somolinos, los cuales fueron perdiendo su régimen de explotación comunal para entrar a formar parte de estructuras señoriales sujetas a derecho feudal.

En el marco expansivo de los siglos centrales de la Edad Media, el territorio vivió una época de cierto desarrollo agrícola, que las rentas eclesiásticas retratan en forma de trigo, cebada y vino. En este contexto, la documentación pone de manifiesto una reorientación progresiva del escenario económico heredado de la etapa musulmana, e incluso se habla de un auge de la producción vinícola entre los siglos XIII y XV.

El territorio septentrional de Guadalajara fue además escenario de una importante actividad ganadera, de cuya regulación dan cuenta los fueros de Sigüenza (1140) y Guadalajara (1133). En este sentido, la documentación incluye menciones a la práctica de la transtermitancia entre la zona montañosa del NO de la provincia y las llanuras de La Alcarria, ubicadas al S (Ortiz García, 2006). No obstante, a partir del s. XIII la ganadería entró en una dinámica diferente, incrementando significativamente su volumen una vez fue articulada en forma de trashumancia a gran escala, bajo la organización de la Mesta. El territorio de Guadalajara fue lugar de paso ganadero a través de la Cañada Riojana (también conocida como Real Galiana o Real de Merinas) y la Cañada Soriana Oriental, cuyos diferentes cordeles y veredas atraviesan longitudinalmente este territorio (fig. 32), conectando los pastos estivales montañosos del N de Soria y La Rioja con prados invernales de Andalucía y Ciudad Real (Sáenz Ridruejo y Ruiz Ruiz, 2005).

La documentación histórica contiene numerosas alusiones a los conflictos que se produjeron entre el mundo agrícola y el ganadero, motivados habitualmente por la propiedad y gestión de tierras próximas a cañadas, cordeles y veredas, así como por los intereses opuestos de las comunidades de villa y tierra frente a los privilegios de la Mesta (Layna Serrano, 1945). Esta conflictividad, conocida desde la época de Alfonso X, es interpretada como una manifestación de la expansión de la agricultura y las economías locales, que ocasionalmente *rompían* tierras y acotaban lugares de paso de ganado (Glick, 1994). La conflictividad entre agricultores y ganaderos alcanzó, no obstante, un mayor grado durante el s. XVI, como atestigua el incremento de la documentación sobre los litigios entre ambos grupos (Pascua, 2007). Este clima de enfrentamiento revela un extenso grado de explotación del territorio, del cual algunas quejas vecinales dan cuenta al referirse a la progresiva mengua de los encinares ante la presión ganadera mesteña, lo cual suponía una circunstancia muy desfavorable para el mantenimiento de una economía local dependiente del ganado de arriería (Pascua, 2007). Durante el reinado de Carlos V se redactaron diferentes ordenanzas con objeto de proteger los bosques y dehesas de chaparra (*Quercus ilex*), salvaguardando así una importante fuente local para el abastecimiento de leña y forraje, así como promover las replantaciones de castaño (Layna Serrano, 1945),

Desde el s. XVI el sector de Atienza fue perdiendo importancia en la región. Este proceso, de larga duración pero de carácter irreversible, ocurrió como resultado de la consolidación de un poder monárquico absolutista en la península. De esta manera la Villa de Atienza, constituida como plaza fronteriza entre el Reino de Castilla y la Corona de Aragón, dejó de tener la relevancia estratégica adquirida en época medieval, durante la cual la expansión meridional de ambos reinos sobre territorio musulmán llegó a plantear una rivalidad política. Esta circunstancia había otorgado cierto vigor al núcleo atienzano. La unión dinástica entre ambas coronas, sin embargo, marcó el inicio de una decadencia en el ámbito político y también demográfico de este sector.

Los datos recogidos en el Catastro de Ensenada reflejan la existencia de un territorio que a mediados del s. XVIII se ha ido despoblando y empobreciendo con respecto a su situación dos siglos antes (Layna Serrano, 1945). Así, durante el s. XVII, considerado negativo en Castilla desde un punto de vista económico, Atienza redujo notablemente su población, pasando de 7000 vecinos en los registros del s. XVI a 300 vecinos (unos 1500 hab.) en 1752. A partir de mediados del s. XVIII, sin embargo, esta dinámica poblacional regresiva se invirtió (Layna Serrano, 1945).

La documentación histórica de esta época adquiere un mayor grado de detalle geográfico, permitiendo caracterizar diferentes aspectos de poblaciones como Somolinos, que en esta época poseía unos 300 habitantes (Pascua, 2007). El Catastro de Ensenada permite conocer algunas infraestructuras de esta población, condicionadas por la presencia de la actual laguna y el curso del Manadero, cuya capacidad energética era aprovechada por varios molinos, martinetes y batanes, que en el s. XVIII sumaban un total de 17. Existían varias tabernas, carpinterías y caldererías, revelando una actividad comercial e industrial que contrastaba con la sobriedad de las

poblaciones de alrededor. En este sentido, Somolinos podría interpretarse como un típico núcleo serrano autosuficiente, pero con una orientación económica más comarcal que local, a la vez que lugar de paso de referencia en el sector de Sierra de Pela (Pascua, 2007).

En toda la zona N de la provincia, la agricultura estuvo durante el s. XVIII orientada mayoritariamente a la producción de trigo, explotado en régimen de secano con sistema de año y vez, aunque existían tierras dedicadas a cebada y en menor medida también a avena y centeno. La productividad cerealística no era muy elevada, constando en la documentación de Atienza la necesidad de importar grano en 1774 (Pascua, 2007). El cultivo de huerta y la viña no se encontraba muy extendido, sin embargo, en lugares como Somolinos existía un cierto desarrollo del regadío, que permitía no sólo la explotación de hortalizas y frutales, sino también la de pastos de buena calidad, que eran comercializados. También se aprovechaba la bellota.

Durante el s. XVIII la actividad ganadera en el sector de Sierra de Pela y Atienza estuvo especializada en los sectores ovino y de animales de tiro. El sector industrial del textil se nutría de la oveja merina, cuya propiedad se encontraba en manos de unas pocas familias de Atienza con participación en la Mesta. La oveja churra, por el contrario, se encontraba en mayor medida restringida a la explotación de necesidades locales, sobre todo de productos cárnicos (Pascua, 2007). El ganado de labranza y de arriería, de suma importancia para el significativo desarrollo del sector transportista en la región, estaba compuesto por mula, bovino y yegua. Esta cabaña ganadera era mantenida a partir de la explotación de monte y dehesa, en el marco de una organización estricta en cuanto a términos y límites.

Durante el s. XIX el modelo de explotación mantenido desde la Edad Media en este territorio comienza a ver su fin, principalmente debido a algunos aspectos derivados de la evolución política interna española. En este sentido, la abolición de la Mesta en 1836 y la desamortización de las propiedades de la Iglesia en 1855 desarticulaban la estructura agropecuaria de la región de manera irreversible. Diccionarios geográficos como el de P. Madoz o S. Miñano revelan que, si bien la articulación territorial permanecía capitalizada en Atienza, la reducción progresiva de la población, así como los valores de productividad económica eran hechos consumados en el s. XIX. En estas obras (Madoz, 1846-1850; Miñano y Bedoya, 2001) se describe un territorio donde la antigua ganadería ovina de oveja merina ha sido progresivamente substituida por el porcino y el asno, que conviven con el pastoreo de ovejas churras y cabras de extensión local. Gran parte de la actividad económica se trasladó a las explotaciones argentíferas de Hiendelaencina.

Pese a todo, Somolinos registró en el s. XIX algunos intentos de industrialización, aunque ninguno de ellos tuvo suficiente continuidad como para consolidar esta actividad a nivel local. De esta época data la actividad de un horno de fundición de metales, del cual todavía hoy se conserva una chimenea. También se construyó un batán de papel, abandonado en 1881. En 1907

se fundó una central eléctrica, que suministró electricidad a los pueblos del entorno. Entre 1924 y 1944 funcionó también una fábrica de harinas (Pascua, 2007).

La agricultura en los últimos dos siglos se basó fundamentalmente en el trigo y la patata. No obstante, se mantuvo la huerta y la explotación de pasto. Existen referencias de un territorio intensamente cultivado, sobre todo en los sectores de llano pero también en los páramos, a 1500 m de altitud, donde se describe una área forestada ya muy reducida (Castel y Clemente, 1881). En el sector inmediato a Atienza se registró un incremento de las necesidades de tierras con el objetivo de destinarlas a actividades agrícolas, proceso que habitualmente se llevó a cabo a expensas de espacios tradicionalmente dedicados a la ganadería. De esta manera, se produjeron las roturaciones de la dehesa de La Bragadera en 1874, situada a 4 km de Cañamares. Este impulso roturador continuó durante el s. XX, aunque durante los años 40 se pusieron en práctica políticas de repoblación de montes en esta zona. A lo largo de la segunda mitad del s. XX, el desarrollo de Madrid ejerció un poderoso efecto despoblador en este sector, que entró en una dinámica poblacional regresiva que ha perdurado hasta hoy, constituyendo una de las áreas de menor densidad poblacional de todo el estado.

3.1.3 Antecedentes. Meseta Central Oriental

En la meseta central se han tenido en cuenta los registros paleoambientales procedentes del tramo oriental del Sistema Central, así como de los sectores centrales de la Cordillera Ibérica más próximos a la zona septentrional de Guadalajara (fig. 14). En este sentido, se ha concedido cierta relevancia a los trabajos realizados en ámbitos de media y alta montaña, en función de las posibilidades comparativas que estos medios ofrecen con el sector estudiado en Guadalajara, que se extiende por encima de los 1000 m.

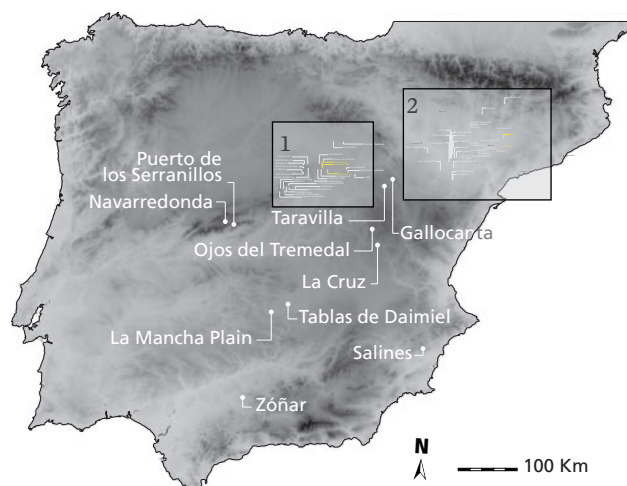


Fig. 14. Localización de las secuencias paleoambientales mencionadas a lo largo de esta tesis doctoral. El recuadro 1 se corresponde con la aplicación de la figura 15.

Sistema Central y Cordillera Ibérica.

El Sistema Central comenzó a ser objeto de estudios paleopolínicos desde mediados del siglo XX a partir del trabajo de M. Alía *et al.* (1957) en Peñalara. No obstante, los análisis de polen fósil no empezaron a generalizarse hasta los años 80 y 90, décadas a partir de las cuales la investigación paleoecológica experimentó un desarrollo notable en este sector (fig. 15). Como resultado, se elaboraron algunas tesis doctorales y se publicaron diversos trabajos, poniendo a disposición un número mayor de datos sobre la historia de la vegetación en los sectores de montaña de la Meseta Central.

El ámbito castellano occidental del Sistema Central cuenta con registros polínicos analizados desde la Sierra de Béjar hasta las sierras de La Paramera y Serrota, Valle de Amblés y Gredos (Atienza *et al.*, 1991; Dorado Valiño, 1993; Andrade *et al.*, 1994, 1996; López-Sáez y López García, 1994; Ruiz Zapata *et al.*, 1996; López-Sáez *et al.*, 2003, 2009a, 2009b; López-Merino *et al.*, 2009a, 2009b; Franco Múgica *et al.*, 1998). Las secuencias paleoambientales de estas regiones ponen de manifiesto la influencia que ejerce el clima continental y la disponibilidad hídrica sobre

la configuración paisajística, hecho que se manifiesta especialmente en el predominio del pinar. Estas comunidades arbóreas ocupan las zonas ubicadas al N, así como las vertientes septentrionales. En estos ámbitos se registran condiciones de aridez que favorecen su extensión del pinar (Rubiales *et al.*, 2007), mientras que en los sectores meridionales las condiciones climáticas son más húmedas, lo cual permite una mayor presencia del encinar y el melojar. En todo caso, la presencia de los pinares en el Sistema Central desde el inicio de Holoceno ha sido puesta de relieve por algunos autores en base a estudios polínicos y a través de la presencia de macrorrestos (Martínez García y Costa, 2001; Rubiales *et al.*, 2007). La historia vegetal de este sector se caracteriza por un aumento de la presión antrópica desde el cambio de era, pero su poder transformador se detecta con especial incidencia partir del s. X dC. En este momento se ha apuntado el uso de incendios para generar espacios abiertos y pastos, aprovechados en el contexto de las prácticas pastoriles trashumantes potenciadas desde la época medieval.

El sector de Guadarrama ha sido intensivamente estudiado a partir de registros procedentes de **Rascafría** (Franco Múgica, 1995; Franco Múgica *et al.*, 1998; Ruiz Zapata *et al.*, 2006, 2007), Loma de **Peñas Crecientes** (Vázquez Gómez, 1992; Vázquez Gómez y Ruiz Zapata, 1992), **Hoyos de Pinilla** (Vázquez Gómez, 1992), los diferentes sondeos de **Puerto de la Morcuera** (Gil García y Ruiz Zapata, 1991; Gil García, 1992; Gil García *et al.*, 1993b, 1996), **Puerto de Canencia** (Gil García, 1992), **El Berruoco** (Ruiz Zapata *et al.*, 2006, 2009b), **Peñalara** (Vázquez

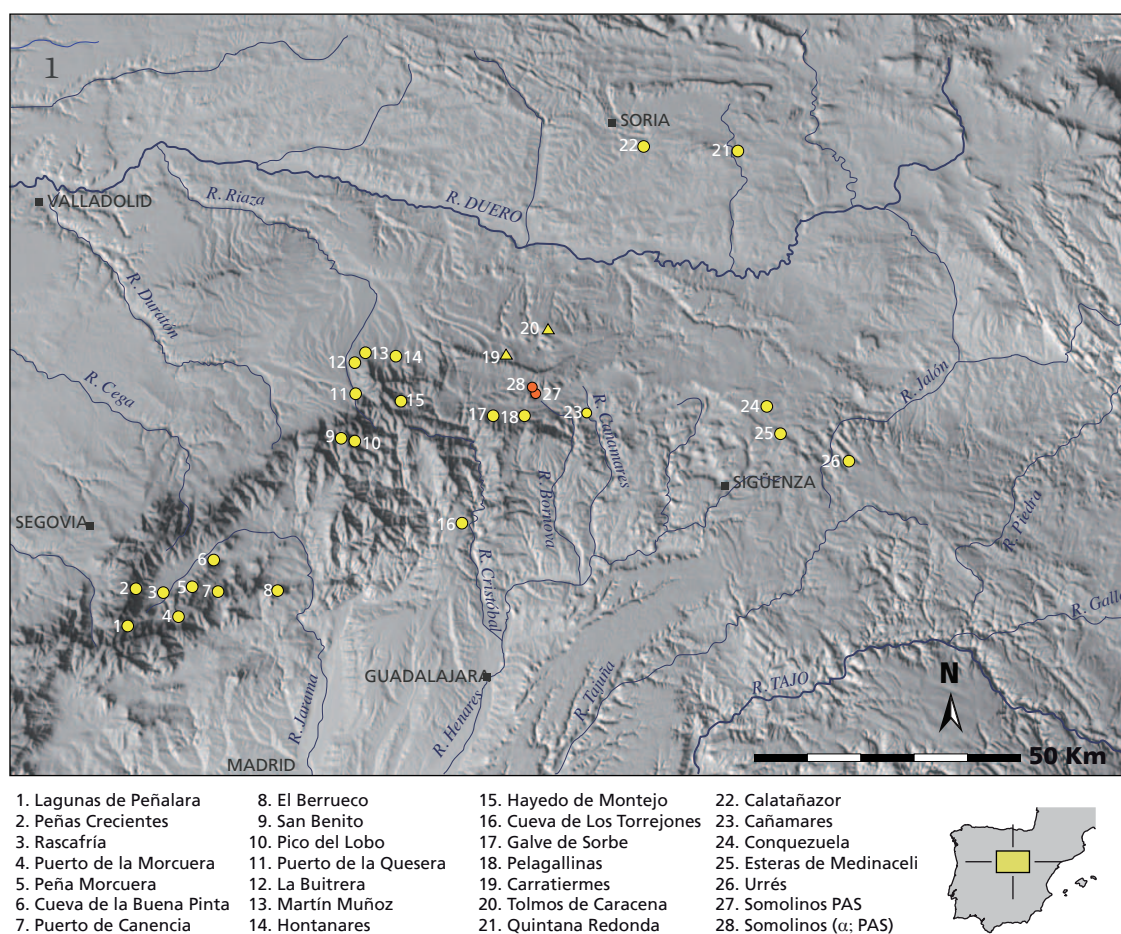


Fig. 15. Localización de las secuencias paleoambientales mencionadas en el sector de la meseta central oriental. Fuente: elaboración propia parcialmente basada en Martínez Atienza (1999).

Gómez, 1992; Ruiz Zapata *et al.*, 1987, 1988, 2009a; Jiménez Ballesta *et al.*, 1985; Gómez González *et al.*, 2009a) o **Navacerrada** (Franco Múgica, 1995) (fig. 15). Estos trabajos han confirmado la antigüedad del pinar en el sector, donde predomina por encima de los 1000 m de altitud, favorecido por la marcada continentalidad del clima de este sector, así como por las particulares condiciones ecológicas del **Valle de Lozoya** (Ruiz Zapata *et al.*, 2006, 2007, 2008), que le configuran un carácter de refugio. El sector guadarrámico registra una incidencia antrópica desigual a partir del cambio de era, época con posterioridad a la cual se detecta la sensibilidad de los pinares altimontanos a las prácticas ganaderas medievales. Así, estas masas forestales retroceden en algunas zonas y dejan paso a formaciones de herbáceas y matorral, coincidiendo con la expansión de las formaciones de *Quercus*, posiblemente a cotas inferiores.

La evolución paleopaisajística del sector oriental del Sistema Central próxima al área de estudio, se conoce a partir de los registros procedentes de la Sierra de Ayllón. En este sector han sido estudiados los registros de **Puerto de la Quesera** (Gil García, 1992; Gil García *et al.*, 1995), **Hayedo de Montejo** (Gil García, 1992; Gil García *et al.*, 1993a) y **Pico del Lobo** (Gil García, 1992). Hacia la vertiente septentrional de este territorio se localizan los registros de **San Benito** (Ruiz del Castillo, 1993), **La Buitrera** (Jiménez Ballesta *et al.*, 1985), **Hontanares** y **Martín Muñoz** (Ruiz del Castillo, 1993). Al E, en el ámbito del Macizo de Pela y Sierra de Alto Rey se localizan las secuencias de **Galve de Sorbe** (Hernández Vera y Ruiz Zapata, 1984) y **Pelagallinas** (Franco Múgica *et al.*, 2001). Estos registros revelan conjuntamente una situación de dominio del pinar en pisos montanos durante todo el Holoceno en el Sistema Central oriental. No obstante, el predominio del pino en este sector no resulta tan evidente como en Guadarrama, debido a la mayor exposición de la Sierra de Ayllón a la influencia climática oceánica occidental, la cual aporta una humedad que favorece la extensión de comunidades de melojar y encinar. Estas comunidades colonizan también zonas de valle y de menor altitud, donde también se constata la presencia de abedulares bajo condiciones de suficiente humedad.

Si bien en este sector oriental del Sistema Central, un adecuado control cronológico de los registros estudiados se reduce tan sólo a la turbera de Pelagallinas, los autores de estos trabajos coinciden en señalar la existencia de una reducción del polen arbóreo durante los últimos dos milenios, de manera significativa en cotas superiores a los 2000 m, como en Pico del Lobo. Este proceso favorece la substitución de *Pinus* por brezal y pastizal y su origen pudo deberse a una actuación antrópica vinculada al pastoreo. Las masas forestales de estos medios también se vieron afectadas por incendios atribuidos a la acción humana. Posteriormente, su regeneración se produce de manera desigual. En Pelagallinas, el momento de aclareo del pinar coincide con el aumento de formaciones ruderales y de pastizales. A su vez, se documentan incendios de origen antrópico, hecho que sugiere una actuación antrópica en dicho valle en torno a 500 cal aC (Franco Múgica *et al.*, 2001). Con posterioridad, durante los últimos mil años se asiste a una recuperación del pinar en este área, similar a la ocurrida en algunas zonas de Gredos y Guadarrama (Franco Múgica, 1995) y en contraste con una mayor presencia de prácticas pastoriles extensivas, lo que revela una alta variabilidad de usos del suelo a escala territorial.

Hacia la parte nororiental de Guadalajara, dentro de los límites de la Cordillera Ibérica, se localizan los trabajos de J. Menéndez Amor en **Esteras de Medinaceli** y **Urrés** (Menéndez Amor, 1970), así como el estudio del registro de **Calatañazor** en Picos de Urbión (Menéndez Amor 1975). En fechas posteriores, el estudio realizado sobre la secuencia de **Quintana Redonda** (García Antón *et al.*, 1995) ha confirmado la importancia del pinar en este sector del Valle del Duero durante la época holocena.

La Cordillera Ibérica cuenta con otros estudios paleoambientales de secuencias sedimentarias, tales como **Taravilla** (Moreno *et al.*, 2008; Valero Garcés *et al.*, 2008), **Gallocanta** (Roc *et al.*, 2002; Roc y Pérez, 2003; Luzón *et al.*, 2007; Burjachs *et al.*, 1996), **Ojos del Tremedal** (Stevenson, 2000). Estas secuencias, aunque ubicadas a mayor distancia del área estudiada en esta tesis, poseen un interés comparativo a escala regional.

Existen además algunos análisis polínicos realizados sobre sedimentos arqueológicos en sectores próximos al área septentrional de Guadalajara, como los análisis polínicos de la necrópolis de Carratiermes, de época celtibérica (Atienza, 2000), que revelan la existencia de un paisaje deforestado en torno a 500 aC al N del Macizo de Pela. Otros registros arqueopolínicos proceden del yacimiento de Tolmos de Caracena (López García, 1981), así como del análisis de coprolitos de tejón de J. Carrión *et al.* (2005), datado en 1650 cal dC y que revela una vegetación similar a la que caracteriza hoy en día la Sierra de Alto Rey.

3.2 Llano Occidental Catalán

3.2.1 Medio natural

Relieve e hidrología

El Llano Occidental Catalán forma parte de la Depresión Central Catalana y se incluye en la Depresión del Ebro, constituyendo el extremo nororiental de esta unidad morfológica (fig. 16). Administrativamente se identifica a grandes rasgos con el área meridional de la provincia de Lleida, englobando las comarcas de El Segrià, Pla d'Urgell, Urgell, La Segarra, Garrigues y parte de La Noguera.

Este territorio se extiende entre los 150 y 400 m de altitud, y en él predominan los relieves estructurales. Sus límites septentrionales se sitúan en la Serra d'Almenara (456 m) y la Serra de Montclar (538 m). Se extiende orientalmente hasta los relieves monoclinales de Tàrraga-Cervera, caracterizados por una altitud superior a los 500 m. Estos relieves constituyen el tránsito topográfico hacia las montañas del Sistema Litoral Catalán. Meridionalmente, el Llano

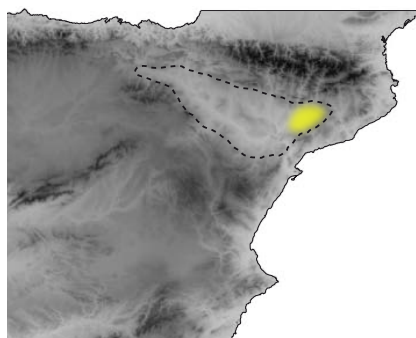


Fig. 16 Localización de la Depresión del Ebro en el NE de la Península Ibérica (línea de puntos) y del Llano Occidental Catalán (amarillo).

limita con la Serra del Tallat (789 m) y las primeras estribaciones del Montsant, como la Serra de la Llena (1021 m). En su sector occidental se extiende hasta el cauce del Segre y el drenaje del Cinca.

La Llano Occidental Catalán forma parte de la cuenca del río Segre, que discurre en sentido N-S y vierte sus aguas al Ebro en Mequinensa (fig. 17). Con esta misma orientación discurren su principales afluentes, Cinca, Noguera Pallaresa y Noguera Ribagorçana, cursos de origen pirenaico y prepirenaico que aportan su caudal al río Segre desde la vertiente occidental. Existen, no obstante, otros

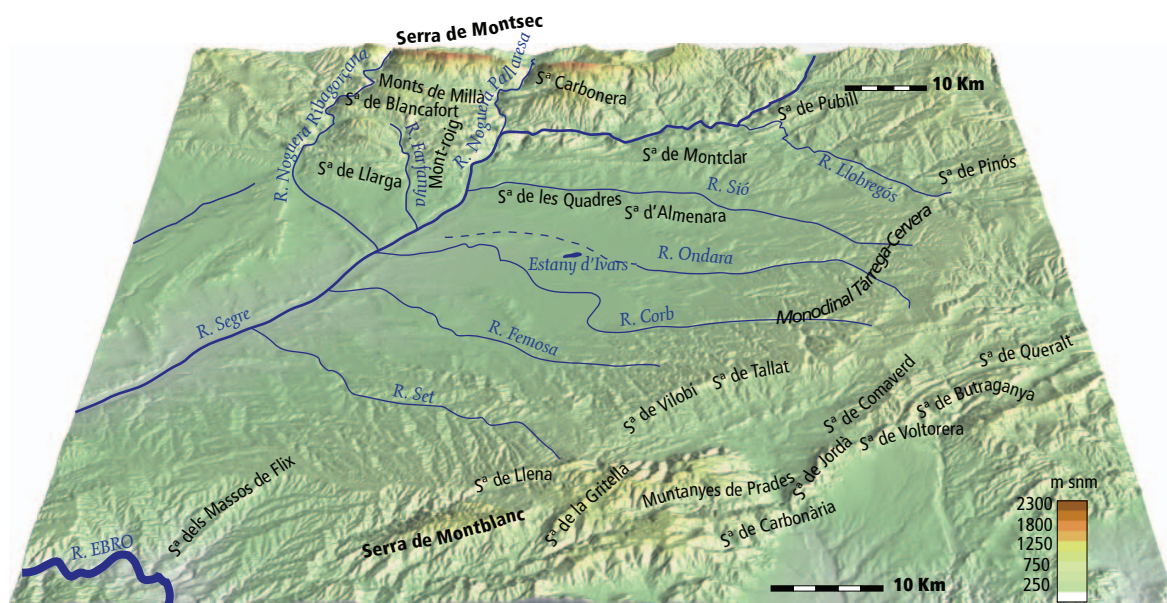


Fig. 17 El Llano Occidental Catalán. Principales elementos del relieve y red hidrográfica.

ríos que completan la red hidrográfica del Llano, fluyendo en dirección E-O. La mayoría proceden del Sistema Litoral Catalán, donde se establece la divisoria de aguas que separa la cuenca hidrográfica del Ebro de la cuenca Mediterránea. Entre estos cursos menores, los ríos Sió y Set son los únicos que poseen un caudal anual permanente, mientras que los cursos del Ondara, Corb y Femosa se encuentran sujetos a una acusada estacionalidad que favorece su desecación en época estival. Ocasionalmente, estos cursos fluviales pueden llegar a desaparecer debido a procesos de infiltración. El Llano Occidental Catalán cuenta, además, con una red de acuíferos subterráneos, los cuales dependen fundamentalmente de las precipitaciones para su alimentación, y cuya configuración está relacionada con las variaciones en la litología y orografía del territorio.

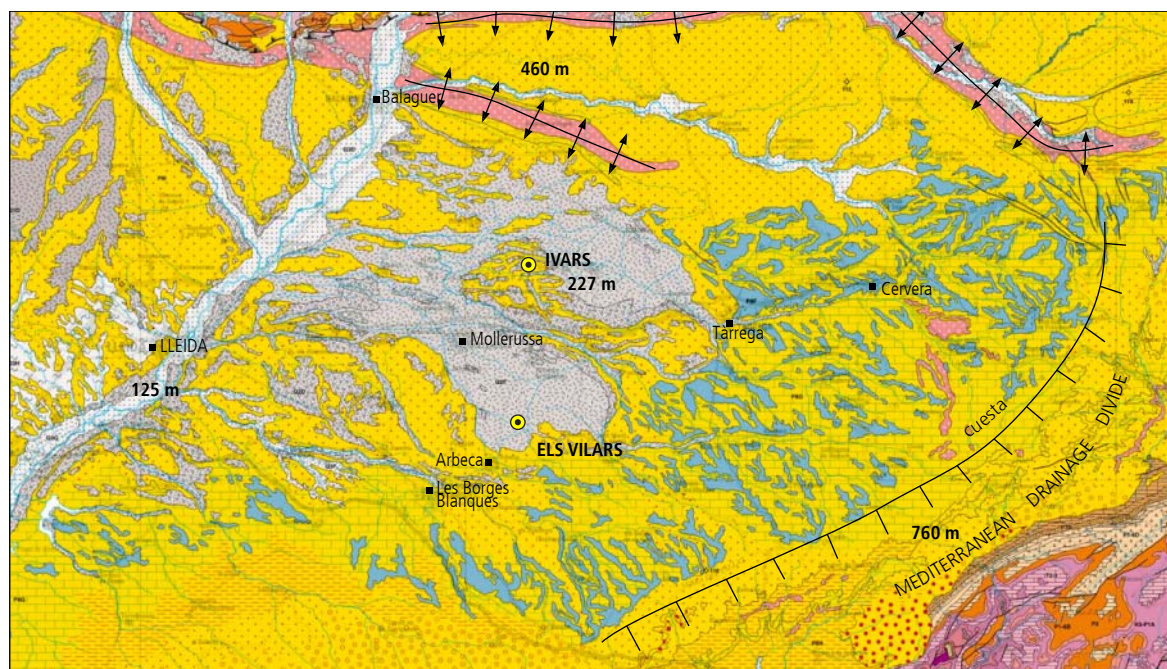
La disposición de esta red fluvial en un contexto topográfico poco accidentado (fig. 17) constituye un elemento que, sumado a la particular litología del substrato y la existencia de acuíferos subterráneos que tienden a aflorar, favorecen el desarrollo natural de zonas húmedas endorreicas. La mayor parte de ellas se concentran en la comarca del Pla d'Urgell. A mediados del s. XX estaba activo en esta comarca el *Estany d'Ivars i Vila-Sana*, el cual contaba con unas dimensiones aproximadas de 2400 m de largo y 800 m de ancho, poseía una superficie de 135 ha y alcanzaba una profundidad máxima de 3,8 m (Rubió, 1977). Otros estanques de menor tamaño documentados en las inmediaciones de la laguna de Ivars eran el *Clot de la Llacuna* (Linyola), el humedal de *Els Prestems*, el *Clot del Conill* o el *Clot del Pequeny* (Castellnou de Seana), en la actualidad están desecados.

Geología

El Llano Occidental Catalán se halla morfoestructuralmente vinculado a la Depresión del Ebro, compartiendo ambas unidades las mismas características geológicas (fig. 18).

En su formación intervinieron procesos derivados de la orogenia alpina ocurridos durante el Eoceno. Durante esta época se produjo el levantamiento de los Pirineos y del Sistema Litoral Catalán, registrándose por otra parte un proceso de subsidencia en el centro de la cuenca, de influencia marina, hacia donde se depositaron materiales erosionados procedentes de las elevaciones circundantes. La individualización de este sector oriental de la Depresión del Ebro comenzó en la edad Priaboniense superior, durante la cual los sedimentos dejan de tener un origen marino, y posteriormente, durante el Oligoceno y Neógeno se forman depósitos continentales. En este proceso, se produce una progresiva evaporación de la cubeta, precipitando depósitos de sales y yesos, que actualmente afloran como resultado de la erosión (Riba i Arderiu, 1979).

Otro proceso implicado en la modelación de este sector están relacionados con los aluviones procedentes de las elevaciones que rodean el Llano. Sus avenidas dieron lugar a la formación de glaciares, fundamentalmente formados por conglomerados calcáreos, que se localizan principalmente en las zonas de mayor vertiente, cerca de las elevaciones. En cambio, las áreas menos elevadas del Llano, situadas en la parte central de la cuenca, recibieron aportaciones de



CUATERNARIO

Rocas volcánicas

QV0 A) Basaltos. B) Basanitas. C) Piroclastos.

Holoceno

Q3 A) Arenas (playas y dunas). B) Lutitas con materia orgánica y turba. C) Limos y arenas (levées). D) Gravas, arenas y limos (playas aluviales, deltaica). E) Limos y cantos rodados (co-aluvial, depósitos fluvio-glaciales). F) Cantos rodados y limos (fondos de valle). G) Gravas, areniscas y lutitas. H) Lutitas, arenas y gravas dispersas (glacis).

Pleistoceno med / sup

Q2 A) Limos lacustres. B) Lutitas, limos y crostas. C) Travertinos. D) Gravas (terrazas y glacis). E) Arcillas y cantos rodados (co-aluvial). F) Conglomerados, areniscas y lutitas (conos de deyección). G) Bloques y arcillas (tilita, morenas).

Pleistoceno inf.

Q1 A) Travertinos. B) Crostas carbonatadas. C) Gravas (terrazas altas). D) Conglomerados, arenas y lutitas (conos de deyección)

NÓGENO

Rocas volcánicas

NV0 A) Basaltos. B) Traquitas.

Plioceno

N3 A) Sedimentos marinos: lutitas, margas, areniscas, conglomerados y brechas. B) Calcáreas y lutitas con lignitos. C) Areniscas. D) Conglomerados, calcáreas y margocalcáreas. E) Conglomerados, gresos y lutitas. F) Brechas.

Mioceno sup

N2-3 A) Lutitas rojas, gresos y conglomerados. B) Arcosas, lutitas y conglomerados.

Mioceno med / sup

N2 A) Gresos silíceos y bioclásticos. B) Arcosas, lutitas. C) Lutitas y areniscas. D) Conglomerados, areniscas y lutitas. E) Conglomerados. F) Brechas.

Mioceno inferior

N1 A) Calcáreas marinas. B) Calcáreas bioclásticas. C) Limos, margas y areniscas bioclásticas. D) Yesos. E) Arcosas y conglomerados. F) Lutitas, areniscas y conglomerados. G) Conglomerados, areniscas y lutitas; localmente calcáreas lacustres. H) Brechas, conglomerados y areniscas.

PALEÓGENO

Oligoceno

P8 A) Arcosas. B) Brechas. C) Lutitas, localmente areniscas y calcáreas. D) Clacáreas y lutitas, localmente dolomías y yesos. E) Lutitas. F) Calcáreas.

Eoceno sup

P8-7 A) Lutitas, areniscas, margas y calcáreas localmente dolomías y yesos, localmente lignitos. H) Lutitas rojas, areniscas y calcáreas. I) Areniscas y lutitas. J) Conglomerados, areniscas y lutitas. K) Conglomerados masivos.

Eoceno

P8 L) Yesos. P8-7 A) Conglomerados. B) Areniscas y lutitas. C) Brechas. G) Sales sódicas y potásicas. H) Yesos.

P7 A) Margas azules y niveles de gresos. B) Areniscas, margas, calcáreas marinas. C) Niveles de brechas locales. D) Calcáreas marinas. E) Areniscas con glauconita. F) Areniscas, conglomerados, margas y niveles de lignitos. A) Yesos. B) Calcáreas. C) Areniscas, lutitas rojas y conglomerados. D) Lutitas rojas, brechas y conglomerados. E) Lutitas, areniscas, conglomerados y areniscas rojas. F) Grupo Ponts.

P6 A) Gresos turbidíticos. B) Margas azules. C) Areniscas y margas grises.

P6 D) Calcarenitas con alveolina y gravas en la base. E) Calcáreas con rumulitos. F) Conglomerados y areniscas. G) Areniscas y conglomerados con niveles de paleosuelos. D) Margas oscuras localmente con yesos. E) Yesos.

P5 A) Turbiditas. B) Areniscas. C) Gresos y lutitas

P4 A) Margas con turbiditas. B) Areniscas. C) Olistotromas. D) Margas, macoclcáreas y brechas. E) Calcáreas con numulites y asilinas.

P4 F) Areniscas y margas. G) Intercalaciones de conglomerados. H) Areniscas y lutitas continentales. I) Intercalaciones de conglomerados.

P3 A) Arcillas y margas. B) Margas y gresos rojos y calcáreas. C) Areniscas

P2-0 Margas y yesos con intercalaciones de calcáreas. P2 Calcáreas con alveolina.

Paleoceno

P1 Calcáreas y dolomías

Fig. 18 Mapa geológico del Llano Occidental Catalán. Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía del ICC.

gres y arcillas de origen pirenaico, que fueron descargadas a través de procesos fluviales.

Las aportaciones fluviales también procedieron del Sistema Litoral Catalán (Riba i Arderiu, 1979), cuyos ríos contribuyeron a formar conos de deyección en las zonas situadas a menor altitud, en parte debido a una leve basculación tectónica que el Llano presenta hacia el O.

Durante los períodos interglaciares del Cuaternario, la acción erosiva se desintensifica, dando lugar a períodos de acumulación sedimentaria en los valles fluviales. La sucesión de estas dinámicas dio lugar a la formación de terrazas fluviales escalonadas compuestas por limos, arenas y gravas. Los sectores de la depresión próximos a los relieves estructurales no resultaron afectados por los grandes cursos fluviales de origen Pirenaico, predominando en cambio los fenómenos relacionados con el retroceso de las vertientes (Riba i Arderiu, 1979). La alternancia de lutitas con bancos de arena favoreció el desarrollo de glaciares y la caída de bloques.

Un resultado de esta dinámica aluvial y fluvial ha sido la generación de espacios uniformes y llanos, en los que la posibilidad de drenaje superficial es limitada. En consecuencia, se desarrollan áreas caracterizadas por un marcado endorreísmo, las cuales favorecen la formación de espacios húmedos, frecuentemente salinos, de los que la laguna de Ivars constituye una de las manifestaciones más significativas..

Litología

El substrato de la zona de estudio está formado principalmente por la alternancia de bancos de arenas finas a gruesas, que alcanzan hasta 1 m de espesor, y niveles de calcilutitas (margas) ricas en limos y en carbonatos (fig. 18). Entre ellas se intercalan yesos y otras sales solubles. La textura de los suelos guarda relación con la litología, predominando las texturas más arenosas en aquellos espacios favorables a las dinámicas de vertientes, en los paleocanales o en sectores de los abanicos aluviales. Las texturas más arcillosas se distribuyen en áreas de sedimentación más tranquila, como sucede en las zonas menos elevadas del interior del Llano, afectadas por las dinámicas fluviales. Tanto en los perfiles arenosos como arcillosos, los suelos son uniformemente básicos, llegando a ser de tipo alcalino en determinadas condiciones de salinidad (Boixadera *et al.*, 1989; Boixadera y Herrero, 1994).

En el Llano Occidental Catalán, las dinámicas de erosión y deposición propias de zonas llanas y de vertientes no favorecen la edafogénesis. Una excepción, no obstante, la constituyen los suelos de las plataformas tabulares superiores que presentan potentes horizontes petrocálcicos (Porta y Julià, 1983).

El ser humano ha jugado un papel fundamental en la evolución litológica del Llano, debido a que su influencia sobre los suelos ha sido una constante a lo largo del tiempo. A consecuencia de ello, apenas quedan áreas no perturbadas por su actividad. En ocasiones, la presión antrópica sobre el territorio ha buscado conservar los perfiles del substrato, como en el caso del mantenimiento de los espacios agrícolas de secano en Les Garrigues, mientras otras estrategias han provocado significativas alteraciones del equilibrio edáfico. Esto es lo que ocurrió a partir de

la segunda mitad del s. XIX como resultado de la extensión de los sistemas de regadío posteriores a la construcción del Canal d'Urgell, que conllevó la movilidad de sales en los suelos. Otras intervenciones humanas tales como la construcción de bancales o la remoción de sedimentos, encaminadas a solventar problemas derivados de la escasa profundidad de los suelos, tuvieron influencia en los procesos de desarrollo edáfico.

El clima del Llano Occidental Catalán constituye un factor poco agresivo desde el punto de vista edáfico, aunque su influencia se manifiesta en la zona meridional de la provincia de Lleida. En este sector, el elevado índice de evapotranspiración produce el fenómeno de la migración de sales solubles por ascensión capilar, precipitando posteriormente en superficie. Este fenómeno adquiere importancia en la reiteración sucesiva de los procesos de disolución-transporte-precipitación. Su repetición acaba por provocar la formación de horizontes salinos preferentemente allí donde se produce acumulación de aguas por escorrentía hacia zonas donde el substrato es impermeable, completándose así los denominados ciclos de salinización continental (Boixadera y Poch, 2008). En este sentido, la presencia de niveles freáticos próximos al nivel de suelo favorece la ocurrencia de este fenómeno.

A nivel edáfico, en el sector del Llano próximo a los cursos del Segre y el Cinca, predominan los suelos de tipo **fluvisol**, profundos y orgánicos. En cambio, en las comarcas de Urgell, Segarra y Garrigues dominan los suelos del tipo **cambisol**, de naturaleza calcárea y de poco contenido orgánico. En aquellos sectores que experimentan un mayor déficit hídrico, dominan suelos de tipo **xerisol**, de poca profundidad y con frecuentes afloramientos yesíferos.

Clima

El régimen climático que caracteriza el Llano Occidental Catalán comparte los rasgos que definen gran parte de la Depresión del Ebro y que son propios del tipo mediterráneo continental, con una reducida pluviometría anual, una fuerte evapotranspiración y una considerable amplitud térmica.

La pluviometría, según las medias de diversas estaciones meteorológicas del territorio, se sitúa entre los 350 mm y 400 mm anuales (fig. 19). Existen dos máximos estacionales, uno en abril-mayo y otro, ligeramente inferior, en septiembre-octubre. No obstante, la variabilidad es una

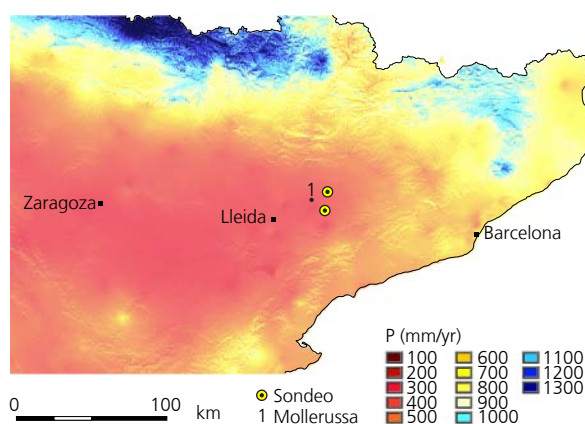


Fig. 19 Mapa pluviométrico del cuadrante NE Ibérico. (fuente: Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Ninyerola *et al.*, 2005)

característica que predomina en las precipitaciones a lo largo del año, pudiendo acentuarse en primavera. Los valores de evapotranspiración potencial, calculados según el método Thornthwaite, oscilan entre 750 mm y 870 mm (de León Llamazares, 1989).

La temperatura media anual se sitúa en 14 °C, siendo enero el mes que ofrece los valores más bajos, con temperaturas medias mensuales de 5 °C y mínimas medias absolutas entre -7 °C y -3 °C. El mes más cálido es julio, con una temperatura media mensual de 25 °C y máximas absolutas entre 35 °C y 40 °C (de León Llamazares, 1989; Servei Meteorològic de Catalunya).

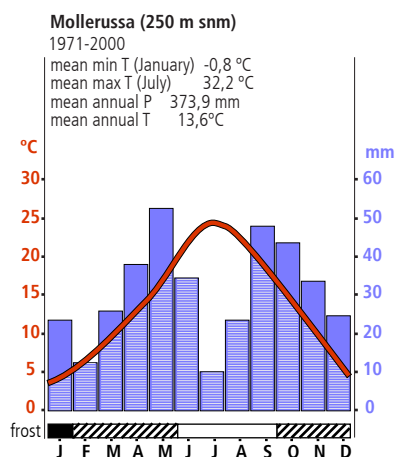


Fig. 20 Climograma de Mollerussa construido con los datos recogidos por la estación termoplumiométrica durante el período 1971-2000 (fuente, Servei Meteorològic de Catalunya).

El clima de este sector se encuentra regulado, entre otros factores, por la presencia del mar Mediterráneo, cuya influencia en el sector está condicionada por la orografía del territorio. El mayor grado de estabilidad térmica propio de los ámbitos litorales orientales (Riba i Arderiu, 1979) permite considerar la distancia entre el sector estudiado y la costa como un factor de gradiente climático continental. Así, en la zona más meridional del Llano, coincidiendo con el nivel de base de la red fluvial, la continentalidad es menor que en el Pla d'Urgell, debido a que el fondo de valle fluvial permite la circulación entre las masas de aire continentales y litorales. Por el contrario, el Sistema Litoral Catalán ejerce un efecto pantalla sobre los vientos del E (*marinada*), manteniendo el interior del Llano aislado de su influencia e incrementando su continentalidad. Resultado de esta disposición orográfica son, por ejemplo, las temperaturas mínimas de entre 1 °C o 1,3 °C en el tramo inferior del Segre, próximas al Ebro, y mínimas de entre 0,3 °C o -0,4 °C en lugares como Mollerussa, en el Pla d'Urgell, donde se registra una menor influencia de estos vientos (Servei Meteorològic de Catalunya).

Los valores de temperatura y de precipitación caracterizan el clima del Llano Occidental Catalán como de tipo frío continental, y del tipo semi-árido frío según la clasificación climática Köppen.

Otro factor regulador del régimen climático es la altitud. Al ascender, se incrementan las posibilidades de precipitación. Así sucede en las elevaciones que limitan el Llano Occidental Catalán, donde hay mayores precipitaciones y la evapotranspiración es menor.

Un fenómeno climatológico que caracteriza habitualmente los meses fríos en las cotas bajas del Llano es la niebla, que se extiende habitualmente entre los 300 y 500 m de altitud, hasta el inicio de las elevaciones que limitan el Llano. Su persistencia durante varios días es resultado de la inversión térmica que resulta de un aumento de la temperatura en las capas superiores de la atmósfera. Como resultado se instala a cotas bajas aire frío más denso, previamente cargado de humedad por contacto con la superficie del suelo durante las horas nocturnas. Este fenómeno reduce la radiación solar y la amplitud térmica diaria.

La orografía también influye en los rasgos climáticos de la zona. En este caso, la cantidad de radiación solar que perciben las vertientes orientadas hacia el sur, secas y cálidas, es mayor que las orientadas hacia el norte, más frescas y húmedas, lo cual tiene una repercusión directa en la configuración del tapiz vegetal que en ellas se desarrolla (Conesa *et al.*, 1994).

Vegetación

El Llano Occidental Catalán es un territorio en el cual existen dos tipos principales de recubrimiento vegetal. Esta dualidad es el resultado de la profunda modificación del paisaje ocurrida en el s XIX con motivo de la extensión de la irrigación en el territorio después la construcción del Canal de Urgell. Así, en el área regada por el canal, la agricultura de regadío desplazó los usos del suelo tradicionales, basados en una agricultura de secano (Mateu, 1982). En la actualidad, el sector de territorio no irrigado se ubica al N, E y S del canal, en la periferia del Llano Occidental Catalán, donde el modelo de gestión territorial de secano todavía perdura (fig. 21).



Fig. 21 Imagen de satélite del Llano Occidental Catalán en la cual la tonalidad de la vegetación permite distinguir la zona irrigada de la zona en secano.

En este sentido, el enfoque adoptado en este estudio (ver cap. 1.3) propone centrarse especialmente en la evolución de los usos del suelo y las prácticas antrópicas a lo largo del tiempo. Por este motivo, el Llano Occidental Catalán se valora desde su tradición agrícola de secano, vinculada a una configuración paisajística determinada (Nogué i Font y Sala i Martí, 2010), anteriormente predominante en toda la región y actualmente restringida a los sectores periféricos del Llano y enclaves aislados del interior. De acuerdo a estas consideraciones, para la caracterización del medio vegetal ha sido empleada la bibliografía general de los sectores no irrigados del Llano Occidental Catalán (de Bolós y Vigo, 1985; Conesa *et al.*, 1994, 2000a, 2000b; Folch i Guillèn, 1981).

En este sector, la coincidencia de los factores geográficos y climáticos descritos favorece la extensión de una vegetación típicamente mediterránea, perennifolia y xérica, adaptada a condiciones de sequía estival y de amplitud térmica, así como a soportar las frecuentes heladas invernales. No obstante, el predominio de la flora mediterránea no es total en este sector, ya que en él también se encuentran elementos florísticos no estrictamente mediterráneos, como los tipos euro-siberiano e irano-turano o pónico. A continuación se describen los principales grupos florísticos presentes en esta región.

El **elemento mediterráneo** constituye el tipo de vegetación mejor representado, con cerca de un 65% de la flora. Su presencia disminuye en función de las condiciones de aridez, que aumentan en los sectores meridionales y disminuyen en los septentrionales.

Dentro de este componente se encuentran especies de tipo omnimediterráneo, cuya distribución por el territorio es amplia. Están representadas por *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus* o *Rubia peregrina*. Dentro de este grupo, aunque con exigencias más termófilas, están presentes *Globularia alypum*, *Erica multiflora* y *Arbutus unedo*, especies que evitan las zonas de inversión térmica invernal.

Otro conjunto de especies forman el componente mediterráneo meridional, cuya distribución tiene lugar preferentemente por áreas meridionales de tendencia más cálida. Se encuentra representado por *Astragalus incanus* subsp. *incanus*, *Atractilys cancelata*, *Biscutella auriculata*, *Bombycilaena discolor*, *Capparis spinosa* subsp. *canescens*, *Euphorbia sulfata*, *Ferula communis*, *Hedysarum spinosissimum*, *Marrubium alysson*, *Nonea vesicaria*, *Sisymbrium runcinatum*, etc.



Fig. 22 El Tomillar de Alfés, situado 10 km al S de Lleida, constituye un ecosistema estépico que probablemente era más frecuente en el Llano Occidental Catalán antes de la construcción del Canal d'Urgell.

El tipo de plantas ibero-magrebina, de distribución exclusiva en la Península Ibérica y el Magreb, se encuentra representado, sobre todo, por especies de tendencia estépica. Su desarrollo se ve favorecido en los sectores occidentales del Llano Occidental Catalán, donde las condiciones climáticas son más áridas. Entre ellas se incluyen especies como *Astragalus turolensis*, *Alyssum granatense*, *Genista biflora*, *Fumaria faurei*, *Helianthemum squamatum*, *Ononis tridentata* var. *tridentata*, *Retama sphaerocarpa*, *Silybum eburneum*, *Sisymbrium crassifolium*, *Thymus zygis*, *Trigonella polyceratia*, *Wangenheimia lima*, *Callipeltis cocullaria*, etc.

Las especies que pertenecen al elemento **euro-siberiano** se distribuyen preferentemente en zonas de media montaña, donde pueden alcanzar el 10% del total de la flora. Estos medios se localizan en las elevaciones ubicadas hacia los márgenes orientales del Llano, en la comarca de La Segarra, así como en la vertiente Norte de la Sierra de Llena. Las plantas incluidas dentro de este grupo florístico encuentran hábitats adecuados para su crecimiento en las zonas menos secas del territorio, coincidiendo con abrigos frescos o zonas húmedas próximas a ríos. Dentro de este grupo de plantas se encuentran especies consideradas euro-siberianas en un sentido estricto, tales como *Alnus glutinosa*, *Clematis recta*, *Galium palustre*, *Lysimachia vulgaris*, *Humulus lupulus*, *Pulicaria dysenterica*, *Mentha aquatica*, *Rumex obtusifolius*, *Succisa pratensis* y *Ulmus minor*. Algunas especies suelen encontrarse en áreas de transición entre las provincias florísticas atlánticas y mediterráneas. Entre ellas se encuentran *Buxus sempervirens*, *Colutea arborescens*, *Coronilla varia* y *Quercus faginea*.

El elemento florístico **irano-turano** incluye especies que encuentran ambientes favorables para su desarrollo en las áreas más secas de la Península Ibérica, como el Llano Occidental Catalán. En este conjunto se incluyen las especies: *Artemisia herba-alba*, *Aizoon hispanicum*, *Ephedra nebrodensis*, *Garidella nigellastrum*, *Malva aegyptia* subsp. *aegyptia*, *Peganum harmala*, *Salsola vermiculada*, *Silene tridentata*, *Spergularia diandra*, *Stipa barbata*, *Stipa lagascae* o *Velezia rigida*.

El grupo **póntico** está representado por plantas que provienen de las regiones más continentales con una tendencia marcadamente estépica. Entre ellas se encuentran especies tales como *Bassia hysopifolia*, *Agropyrum cristatum*, *Silene otites* o *Stipa capillata*.

Desde un punto de vista fisionómico, la vegetación del Llano Occidental Catalán adopta diferentes formas que se relacionan con su estructura y grado de evolución:

—Formaciones boscosas.

Las formaciones arbóreas de frondosas que mejor se adaptan a las condiciones ambientales del Llano Occidental Catalán son los carrascales (dominio de la comunidad *Quercetum rotundifoliae*) integrados por *Quercus rotundifolia*, también conocido bajo el término *Quercus ilex* subsp. *ballota* o *Quercus ilex* ssp. *rotundifolia*. Esta especie se encuentra en formaciones poco densas y con escaso desarrollo del sotobosque.

El encinar mediterráneo de *Quercus ilex* propio de sectores litorales mediterráneos está presente también en las tierras interiores. No obstante, su distribución en el

Llano es menor, circunstancia debida a unas condiciones más secas y continentales que en la costa. De esta manera, el encinar tan sólo ocupa algunas franjas en el sector meridional de la comarca de Les Garrigues, coincidiendo con las elevaciones de la Sierra de Llena, donde la aridez se atenúa.

Hacia las elevaciones de la altiplanicie Tàrrega–Cervera crecen bosques formados por *Quercus faginea* y *Pinus nigra* (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*). La presencia de diversas especies arbustivas propias de robledales más húmedos, como *Buxus sempervirens*, evidencian el carácter más húmedo de estos bosques, ejemplos del dominio de *Violo-Quercetum fagineae*.

Las formaciones boscosas riparias acostumbran a estar formadas por especies del género *Populus*, *Salix* y *Ulmus*, con escaso desarrollo del sotobosque y con la presencia de herbazales. Un tipo de bosque específico lo forman los arbustos de *Tamarix canariensis*, que se adaptan bien a los espacios secos y los suelos de alto contenido salino.

—Formaciones de maquia.

La maquia representa el máximo grado de desarrollo de la vegetación en zonas mediterráneas especialmente secas, como las que predominan en sectores interiores del Llano y, en especial, hacia su confín occidental. En la actualidad, principalmente integradas en el dominio *Oleo-Ceratonion*, las maquias se extienden por la provincia mediterránea meridional, sobre todo en sectores donde los inviernos son suaves,



Fig. 23 Paisaje de secano en Claravalls (Tàrrega).

como ocurre en el litoral y en sectores abiertos a su influencia. Sin embargo, estas especies termófilas no son compatibles con las condiciones térmicas de sectores más interiores. Sí lo son, en su lugar, las maquias continentales, en este caso formadas por la asociación de *Quercus coccifera* y *Rhamnus lycoides* (*Rhamno-Cocciferetum*), cuya extensión en el Llano Occidental Catalán se encuentra en la actualidad muy mermada, debido a la influencia antrópica y la agricultura intensiva.

La degradación de la maquia permite la formación de matorrales de porte menor formados por *Rosmarinus officinalis*, *Erica multiflora*, *Cistus albidus*, *Cistus clusii* y *Linum suffruticosum* (alianza *Rosmarino-Ericion*). Estas comunidades configuran un paisaje muy abierto, con una presencia muy puntual de algunas especies arbóreas heliófilas, como *Pinus halepensis*. Otra formación característica de la degradación de la maquia son los tomillares con predominio *Thymus vulgaris* y *Sideritis scordiodides* (fig. 22)

Sobre suelos salinos y áridos suele extenderse también el denominado sisallar, matorral dominado por *Salsola vermiculata*, *Artemisia herba-alba* y *Artiplex halimus*. Cuando la concentración de sal alcanza niveles elevados, se desarrolla una vegetación singular, formada por plantas suculentas o gramíneas adaptadas a ambientes hipersalinos (*Salicornia europaea*, *Suaeda vera* subsp. *braun-blanquetii*, *Limonium* sp., *Inula chritmoides*, etc.).

—Prados y herbazales.

Los prados que se extienden por el Llano Occidental Catalán tienen un carácter predominantemente anual o son ligeramente marcescentes en época estival. En ellos predominan *Lygeum spartum*, *Brachypodium retusum* y, con menor extensión, *Brachypodium phoenicoides*. Estas comunidades presentan un carácter seco, con presencia de alguna hierba alta perenne y alguna hierba anual.

En los extremos meridionales del Segrià y en Les Garrigues, así como en el altiplano de La Segarra, crecen pastos secos donde predominan junqueras formadas por *Aphyllantes monspeliensis*.

Otro tipo de vegetación herbácea y arbustiva está representada por los zarzales, comúnmente llamados *bardisses*, que crecen en lugares húmedos. Suelen estar constituidos por especies del género *Rubus* y *Rosa*, con presencia de *Crataegus monogyna*, *Coriaria myrtifolia* y *Prunus spinosa*.

Las relaciones de sucesión establecidas por algunos autores para el conjunto de comunidades vegetales que crecen en este territorio puede ser resumida de la siguiente manera (de Bolós y Vigo, 1985; Conesa *et al.*, 1994):

- **Encinares** de *Quercus ilex* (*Viburno tini-Quercetum ilicis*): son substituidos por garrigas de *Quercus coccifera*, que pueden degradarse en matorrales calcícolas de ericáceas y termófilos de *Thymus*. Posteriormente, evolucionan a prados de *Brachypodium sp.*
- **Robledales** de hoja pequeña (*Quercus faginea*): la degradación del estrato arbóreo confiere protagonismo a su cortejo florístico, donde predomina *Buxus sempervirens*, de cuya desaparición se benefician diversas especies herbáceas de los géneros *Brachypodium* y *Aphyllantes*.
- Los **carrascales** de *Quercus rotundifolia* presentan dos tipos posibles de degradación sucesoria relacionados con los diferentes parámetros que caracterizan su potencial zona de distribución. Hacia el área septentrional, coincidiendo con la zona de Segrià-Urgell, caracterizada por una acusada continentalidad, la deforestación del carrascar permite el desarrollo de la garriga de *Quercus coccifera*. Si la degradación continúa, se desarrollan matorrales de *Rosmarinus officinalis* y de *Linum sufruticosum*. De aquí se pasa a un herbazal seco anual de *Brachypodium retusum* y *Ruta angustifolia*. El uso ganadero de estos espacios favorece el desarrollo de comunidades nitrófilas tolerantes a medios salinos, donde crece *Salsola vermiculata* o *Artemisia herba-alba*.

En la zona meridional del Llano, la substitución del carrascar por la garriga de *Quercus coccifera* favorece la presencia de *Pistacia lentiscus*, una especie de carácter más termófilo. Su degradación permite la formación de matorrales de *Rosmarinus officinalis*, aunque en ellos también se documentan especies del género *Cistus* y arbóreas heliófilas como *Pinus halepensis*. Su degradación favorece la extensión de herbazales de *Brachypodium retusum* y *Ruta angustifolia*, los cuales no degeneran en comunidades halófilas debido a la ausencia de cloruros en el substrato de este sector meridional.

- La deforestación de los **bosques de ribera** da paso a densas matas de *Rubus ulmifolius* y *Coriaria myrtifolia*. Su eliminación permite la extensión de herbazales de *Brachypodium phoenicoides*. En estos medios húmedos, próximos a los cursos de agua y con cierta tendencia a la eutrofización, se establecen con frecuencia comunidades ruderales con predominio de *Urtica dioica* y *Sambucus edulis*. En lugares menos húmedos, en cambio, se desarrolla la especie *Chenopodium murale*.

3.2.2.1 Contexto histórico. Llano Occidental Catalán

El Llano Occidental Catalán presenta evidencias de ocupación humana desde época Paleolítica. No obstante, la escasez de evidencias arqueológicas no permite obtener una comprensión sobre la vida de los grupos de cazadores-recolectores. La mayor parte de los asentamientos de esta época se ubican en el margen septentrional de este sector, pudiendo observarse una concentración del hábitat en las primeras estribaciones del Prepirineo. En esta zona, los yacimientos parecen consistir en pequeños enclaves relacionados con la obtención de recursos y su posterior transformación (Carbonell *et al.*, 1993; Canal i Roquet y Carbonell, 1989).

En el sector del Llano Occidental Catalán las evidencias son aún más escasas. Destacan únicamente los materiales líticos al aire libre asociados al Paleolítico inferior y medio del conjunto de la Vall de la Femosa (Segrià) (Grup de Recerques Arqueològiques de l'Agrupació Cultural La Femosa, 1976; Carbonell *et al.* 1987; Peña *et al.* 2005a). Del período Paleolítico superior se conoce el conjunto magdalenense de la Balma de la Peixera d'Alfès (Garcia-Argüelles y Fullola, 2002) y la Cova del Parco (Alòs de Balaguer) (Mangado *et al.*, 2006-2007).

La evolución hacia una economía de tipo productora en el Llano Occidental Catalán ha sido explicada hasta el momento siguiendo el esquema general aplicado en el territorio levantino valenciano y en el del valle medio del Ebro aragonés, basado en la dualidad de grupos mesolíticos neolitizados y grupos neolíticos puros (Baldellou *et al.*, 1989). Se ha propuesto, por otra parte, que en el proceso de neolitización del Valle del Segre siguió una vía O-E a lo largo del curso del Ebro en la zona meridional del Llano, y otra vía N-S, relacionada con la transversalidad del Segre (López, 2000; Royo y Gómez, 1997; Petit, 1996, 2001).

Entre algunos de los yacimientos adscritos a las fases antiguas del Neolítico se encuentran los de la Cova del Parco (Alòs de Balaguer), Roques del Monjo (Artesa de Lleida), La Planeta (Artesa de Lleida), Pla del Gardelo (Juneda) y la Roca dels Moros (Cogul), situados cronológicamente entre el VI y V milenio aC. Los materiales arqueológicos de este período permiten afirmar la adopción plena de una economía de producción agropecuaria (Petit, 2001) en asentamientos al aire libre que explotan tierras fértiles. Respecto a las fases posteriores del Neolítico, el escaso número de restos arqueológicos localizados en este sector no permite interpretar mucho más sobre la evolución de este sector, al parecer permeable a las influencias de origen pirenaico. De este período se conocen algunos asentamientos en la zona de El Segrià, Urgell y La Segarra (Petit, 2001; López, 2000; Piera Teixidó *et al.*, 2009).

A partir del III milenio aC, el aumento del número de evidencias de hábitat distribuidos por la zona occidental del Llano refleja un cambio en las estrategias de las comunidades. Su proliferación se interpreta como resultado de una prospección agrícola del territorio (López, 2000). Este nuevo modelo estaría basado en un poblamiento disperso, de tipo granja, organizado en pequeños grupos independientes y autosuficientes que preferentemente se localizan en zonas

sobre terrazas fluviales, aunque evitando la inmediatez de los propios cursos de agua. Los asentamientos del tercer milenio estuvieron formados por grupos reducidos de cabañas, construidas generalmente a partir de materiales perecederos, como los documentados en El Vilot de Montagut (Alonso *et al.*, 2002). Este hábitat convive con otro, localizado en zonas de abrigo y cuevas. Algunos autores han propuesto la existencia de un sistema definido a partir de actividades agrícolas en llano y actividades ganaderas secundarias, de carácter complementario, localizadas en las elevaciones (Maya, 1992; Vázquez i Falip, 1994). En este momento, las relaciones entre los grupos que poblaron el Llano Occidental Catalán debieron experimentar un mayor dinamismo, configurando las bases sobre las que emergieron sistemas de organización posiblemente basados en personalidades destacadas (López, 2000) en el marco de sociedades todavía igualitarias.

Durante el II milenio aC, el poblamiento en este sector de la Depresión del Ebro desarrolló formas más estables de ocupación territorial. En este momento se comienza a documentar con frecuencia el uso de la piedra como material constructivo (Junyent *et al.*, 1994), mientras que la explotación agrícola se basaba en una combinación de trigo y cebada (Alonso, 1997) y la ganadería estaba representada por ovicápridos, bovinos y porcino. Uno de los yacimientos más importantes y característicos de este momento es Minferri (GIP, 2002), el cual constituye un ejemplo del modelo de poblamiento disperso en este sector. Este poblamiento ha sido relacionado con una mayor incidencia de la agricultura en las estrategias de subsistencia.

Algunos autores proponen un proceso de una evolución cultural en la segunda mitad del II milenio aC, que da lugar a las comunidades del grupo Segre-Cinca, caracterizada por poseer una identidad propia dentro del ámbito de la Prehistoria Reciente (López, 2000). En su formación habrían contribuido las aportaciones transpirenaicas así como el substrato local.

Los asentamientos de El Tapió de Gimenezells (Alpicat) o La Gorga (Agramunt) evidencian el desarrollo de un hábitat más estable y duradero, construido con piedra y tierra, mientras que los asentamientos localizados en abrigos como Punta Farisa (Fraga) y Roques de Sarró (Fraga) pueden sugerir la existencia de jerarquización y especialización del hábitat. Desde 1650 aC se registran los primeros asentamientos en elevación, aún sin fortificar, como en los casos de Clot de Fenàs y Mas de Segur (Oliola). Su desarrollo ha sido interpretado como resultado de una planificación previa de la obra, hecho que podría reflejar innovaciones en las relaciones sociales, vinculadas ahora a la institucionalización del linaje (López, 2000; López Cachero, 2007). Este proceso de emergencia social estaría asociado, por otra parte, a la proliferación de evidencias materiales vinculadas al lujo, así como a la ostentación y elementos fabricados en metal, como el armamento. La demanda de artículos metálicos pone de manifiesto, por otra parte, el desarrollo de una siderurgia más activa, hecho que comportaría una intensificación de la explotación del medio.

Coincidiendo con estos cambios económicos y sociales, durante el II milenio aC se constata una intensificación de la productividad agrícola, producida como resultado del desarrollo de nuevas

técnicas de rotación de cultivos y de la introducción de diferentes especies de *Setaria* (mijo) y *Panicum* (panizo), cereales de primavera que alternaban con las cosechas invernales de trigo y cebada (Alonso, 1997, 2000).

A finales del II milenio aC y comienzos del I milenio aC se documentan poblados cerrados por muros, de distribución radial, espacio central y que mantienen un equilibrio distributivo de las habitaciones. Ejemplos de esta nueva tipología de asentamiento se encuentran en los yacimientos de Solibernat (Torres de Segre), Masada de Ratón (Fraga), Genó (Aitona) o Tossal de les Paretetes (Serra dels Corbs). En este momento, el número de asentamientos aumenta, lo cual ha sido explicado como una consecuencia del desarrollo económico y demográfico (López, 2000). Durante este período (Grupo Segre-Cinca II) se habría consolidado definitivamente la organización en linajes autosuficientes que facilitarían la articulación social y territorial en

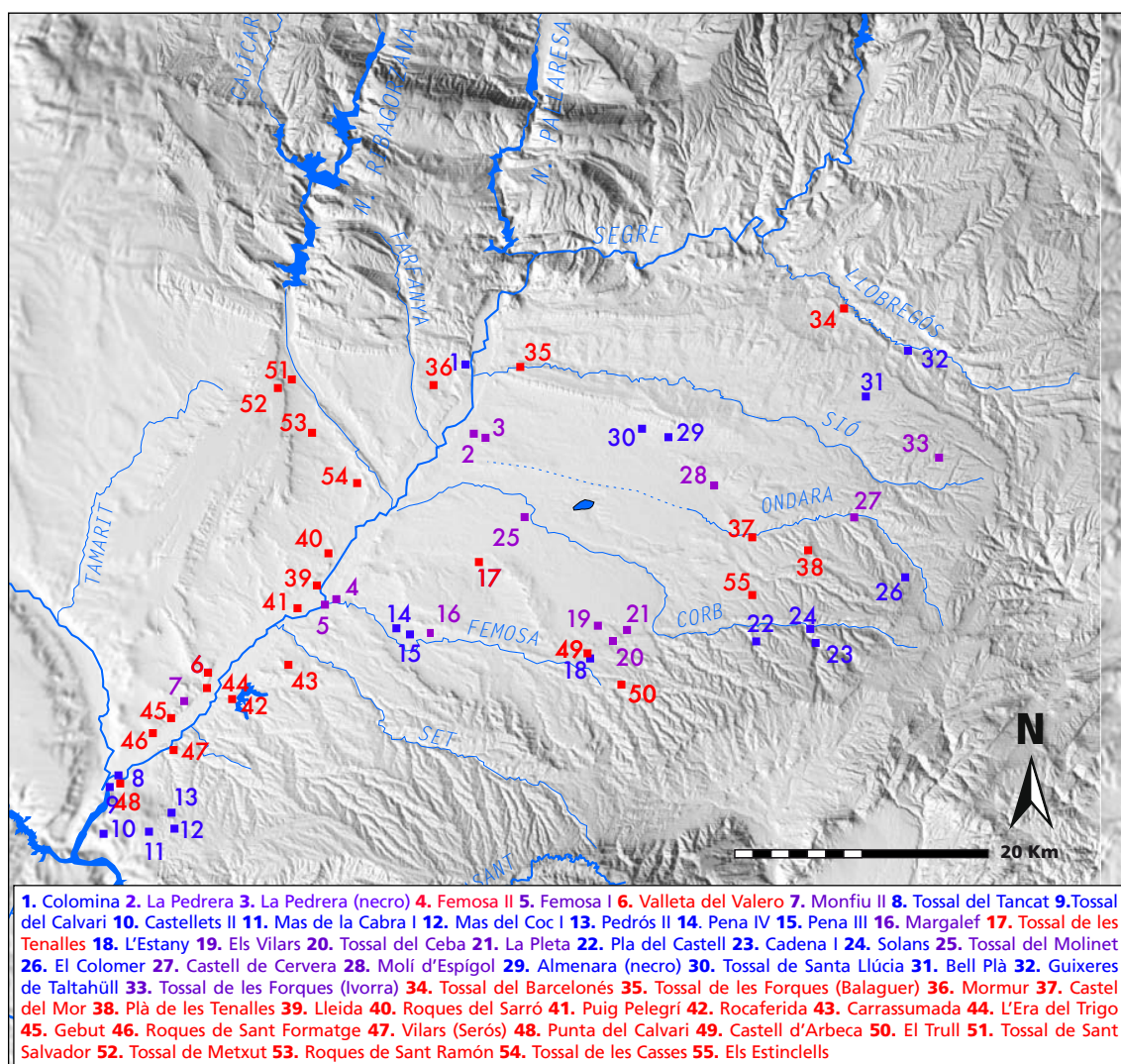


Fig. 24. Mapa del Llano Occidental Catalán representando el poblamiento durante el I milenio aC. En azul se señalan los núcleos ocupados durante la Primera Edad del Hierro e Ibérico Antiguo (750 cal aC - 450 cal aC). En rojo se señalan los núcleos ocupados durante el Ibérico Pleno (450 - 200 aC). En violeta están señalados los núcleos con ocupación continua durante el período 750 cal aC - 200 aC. (fuente: Alonso *et al.*, 1998).

poblados básicos, modelo que deja atrás una organización basada en la familia nuclear, generadora de un patrón de ocupación más dispersa del territorio (López y Gallart, 2002; López Cachero, 2007).

Durante la primera mitad del I milenio aC, el área de la Llano Occidental Catalán experimenta un proceso de concentración poblacional, que se plasma en un número menor de asentamientos y una localización de los núcleos en las cuencas de ríos secundarios, todo ello en un contexto de abandonos de algunos asentamientos y construcción de otros *ex novo* (Junyent *et al.*, 1994; López, 2000). Este período, representado por la fase Grupo Segre-Cinca III, ha sido explicado como resultado de un posible agotamiento del modelo social basado en el linaje, que hasta el momento había desempeñado un papel importante en nuevas formas de articulación social no basadas en el parentesco. No obstante, también se ha considerado que la fluctuación climática asociada al comienzo del período Subatlántico (Gutiérrez y Peña, 1992; López, 2000), que se inicia durante la primera mitad del I milenio aC y se caracteriza por un aumento de la humedad, habría hecho posible la ocupación de espacios que, si bien anteriormente eran poco rentables para la explotación agrícola, ahora pueden resultar más fértiles.

Estas nuevas potencialidades agropecuarias podrían haber comportado una extensión territorial de las actividades económicas, hecho paralelo a un crecimiento continuado de la población que se venía produciendo desde el II milenio aC (Alonso, 1997). Estas transformaciones favorecieron el desarrollo de un urbanismo más complejo, que avanza algunos rasgos que se encontrarán posteriormente en época ibérica. Durante este período se considera clave la orientación agrícola de la economía, la cual adquirió preponderancia substituyendo un modelo anterior en el cual tenían mayor relevancia las prácticas ganaderas (Junyent *et al.*, 1994; López, 2000). En este sentido, se ha propuesto que este sector del NE peninsular habría sido escenario de la implantación de un modelo agrícola basado en barbechos cortos, que implicaría una ocupación más estable del territorio. Esta situación es propia de los sectores interiores y difiere de la evolución de las explotaciones de la misma época situadas en la costa, donde predomina un modelo de explotación basado en estrategias de roza y quema adoptadas a un grado de ocupación menos estable (Alonso, 1997; López Cachero, 2007).

El desarrollo de estas dinámicas económicas fue paralelo a la expansión del modelo social basado en las jefaturas, de carácter militar, que se consolidan en los primeros hábitats datados en la Primera Edad del Hierro (s VIII aC) (Junyent, 2002). Esta evolución se hace visible en una serie de nuevos asentamientos en la Llano Occidental Catalán (fig. 24), entre los cuales destacan Els Vilars (Arbeca), Molí d'Espígol (Tornabous), Margalef (Torregrossa), La Pena IV (Ciudadilla), Tossal de Santa Llúcia (Agramunt), Tossal de Lo Molinet (El Poal), o el Tossal del Ceba (Arbeca) (López, 2000). Durante los siglos V y IV aC se documentan procesos de remodelación en algunos asentamientos, algunos de los cuales se expanden notablemente, como en el caso de Molí d'Espígol (Tornabous), mientras que otros inician procesos de abandono, como Vilars. Estos cambios reflejan dinámicas de reorganización territorial producidas en el marco de la plena iberización (López, 2000).

El desarrollo del período ibérico pleno ha sido caracterizado por la existencia de un mayor grado de sofisticación en las construcciones, entre las que se encuentra la realización de obras públicas. En el sector del Llano Occidental Catalán (fig. 24) se ha constatado un incremento del número de asentamientos, algunos de los cuales comienzan a abandonar las ubicaciones en altura y se emplazan en sectores de llano. En este sentido, esta fase ha sido interpretada como un período de expansión agrícola y con vocación excedentaria (Bermúdez, 2010) en el marco de un desarrollo político de las comunidades hacia formas de organización protoestatal (Junyent, 1989).

A finales del siglo III aC, este sector del NE peninsular fue conquistado por las tropas republicanas romanas en el marco de la II Guerra Púnica (Lara Peinado, 1973). Las fuentes documentales históricas definen el sector del Llano Occidental Catalán como el propio de las tribus de los ilergetes, a las cuales se les atribuye una organización territorial y política protoestatal, con capacidad de acuñar moneda y con capitales en *Athanagia* (Molí d'Espígol?) y *Illirta* (Lleida) (Junyent, 1979). Durante el período final ibérico, a principios del siglo II aC, este sector fue escenario de frecuentes conflictos y rebeliones, que se resolvieron con la derrota de las comunidades indígenas frente al poder romano.

A nivel territorial, la conquista romana desarticuló la organización socioeconómica de las comunidades. Sin embargo, no se detecta una interrupción del poblamiento, sino que incluso se documenta la fundación de otros núcleos *ex novo*, al parecer definidos por una marcada vocación agrícola, que arqueológicamente han sido identificados por la aparición de campos de silos, elemento hasta entonces sólo conocido en el sector litoral.

A raíz de la refundación romana de *Ilerda* sobre el núcleo ibérico de *Illirta* durante los siglos II y I aC (Pérez Almoguera, 1994), el sector comienza a ofrecer muestras de una articulación territorial nueva, definida por la estratégica ubicación de la *civitas* junto al río Segre. En este momento se constata la fundación de nuevos hábitats de carácter rural, ubicados en zonas fértiles próximas a las riberas de los ríos Llobregós, Sió, Ondara i Corb, probablemente con una orientación agrícola (Prevosti, 2005; Pera, 1993). Otras evidencias de la gestión romana del territorio han sido documentadas arqueomorfológicamente a partir de los módulos de centuriación adscritos a los núcleos urbanos romanos más importantes en la región, como *Ilerda*, *Iesso* o *Aesso* (Palet, 2005). Este tipo de estructuración espacial a través del parcelario ha sido sugerida para sectores muy próximos a la laguna de Ivars (Lanuza, 1991), aunque su existencia no ha podido ser todavía totalmente corroborada.

A finales del siglo II dC da comienzo una etapa de pérdida de protagonismo de lo hispano dentro del mundo político imperial, sujeto ahora a una importante inestabilidad. En este contexto, el modelo productivo comienza a sentir los efectos de la crisis del siglo III dC, documentándose un descenso de la actividad comercial y una consiguiente retracción urbana que coincide con una expansión del latifundismo agrario (Maluquer de Motes, 1998). La extensión de la actividad agraria en el ámbito rural está documentada a partir de la proliferación de *villae* en sectores próximos a Bell-lloc, Albesa y Vilagrassa (Lara Peinado, 1973). El éxito de este

nuevo modelo económico representa el triunfo de la nueva clase terrateniente de *potentiores*, que sintetizan parte de las transformaciones sociales y políticas de la etapa bajoimperial.

Durante el siglo IV dC se constata en la zona un debilitamiento de las estructuras políticas romanas, proceso común a todo el occidente europeo que es contemporáneo al fortalecimiento del cristianismo. En este sentido, la sede metropolitana de Lleida se constituyó como el centro vertebrador del poder en el territorio, un sector que no parece experimentar grandes rupturas estructurales durante la transición entre el mundo romano y el mundo germánico. Las escasas fuentes documentales no permiten conocer mucho más allá de una plena integración de Lleida y su territorio dentro de la organización sociopolítica de la monarquía visigótica a partir del siglo VI dC. Esta época ha sido descrita en términos de estabilidad política y económica, acompañada de un cierto crecimiento demográfico (Lladonosa, 1980). En el sector de Ivars, la ocupación visigótica ha sido documentada en El Poal (Pita Mercé, 1973).

El territorio situado al norte del Ebro fue conquistado por las tropas musulmanas entre 712 y 716. El Llano Occidental Catalán se constituyó pronto como una zona fronteriza entre el emirato andalusí y los condados catalanes, situados al N (Batlle, 2004). En virtud de este carácter limítrofe, en los valles del Segre y del Cinca se llevó a cabo una política de construcción de fortificaciones (*hūṣūn*) dispersas, que constituyeron una prolongación de la línea defensiva territorial trazada entre los núcleos andalusíes de Zaragoza, Barbastro y Lleida (Salrach, 1987). Consolidado el centro político del sector en *Lārida*, se favoreció desde allí una política de colonizaciones que constituyeron las primeras fases de poblamiento en este período. Este poblamiento (fig. 25) tendió a establecerse preferentemente en las cuencas fluviales de la zona y se caracterizó por su carácter disperso, adoptando el modelo tipo *qarya*, en forma de poblados o aldeas pequeñas vinculadas frecuentemente a acequias y espacios irrigados (Eritjà, 1993; Krichner, 1999). Con frecuencia estos núcleos poseían pequeñas fortificaciones (*almunias*, *turris*) que evidenciaban el contexto político en que estos establecimientos se establecieron. Estos núcleos tuvieron una orientación económica mixta, concediendo relevancia a los espacios irrigados, en los que se cultivaba cereal, productos hortícolas, frutales y en los cuales fueron introducidas algunas especies de procedencia subtropical (Kirchner, 1999). Los espacios de secano, de menor rendimiento cerealístico, fueron aprovechados a menudo para usos ganaderos. En algunos sectores concretos, como en el Pla d'Urgell (*fahs Maškīḡān*), se conoce además el cultivo de lino (Eritjà, 2000; Martí Sentañes, 2000; Bolós, 1993).

El proceso de adaptación y transformación de las estructuras y modelos de organización del espacio se consolidó en las centurias siguientes. Algunos autores han interpretado que a partir de este momento, a principios del s. XI, se produjo una nueva colonización en las zonas de terrazas fluviales más marginales (Eritjà, 1997), en el momento de la integración de la Taifa de *Lārida* en el emirato almorávide de *Yusuf ibn Tašfīn*. En relación a este nuevo impulso colonizador, se ha sugerido la evolución desde un antiguo modelo de explotación colonial hacia formas más coercitivas, las cuales se produjeron en el contexto de progresiva señorialización del mundo

andalusí, basado en la privatización de la tierra por parte de aristocracias militares en un contexto a la vez defensivo y productivo (Eritjà, 1993).

El carácter fronterizo adquirido en llanura de *fabas Maškiğān*, (*Plano Mascançano*, en catalán medieval) desde su integración política en al-Ándalus fue el resultado de las incursiones organizadas por el poder carolingio en la zona de Urgell, que alcanzaban el Pla d'Urgell y la zona del Segrià en el s. VIII (d'Abadal i de Vinyals, 1986). Durante los siglos IX y X, este territorio

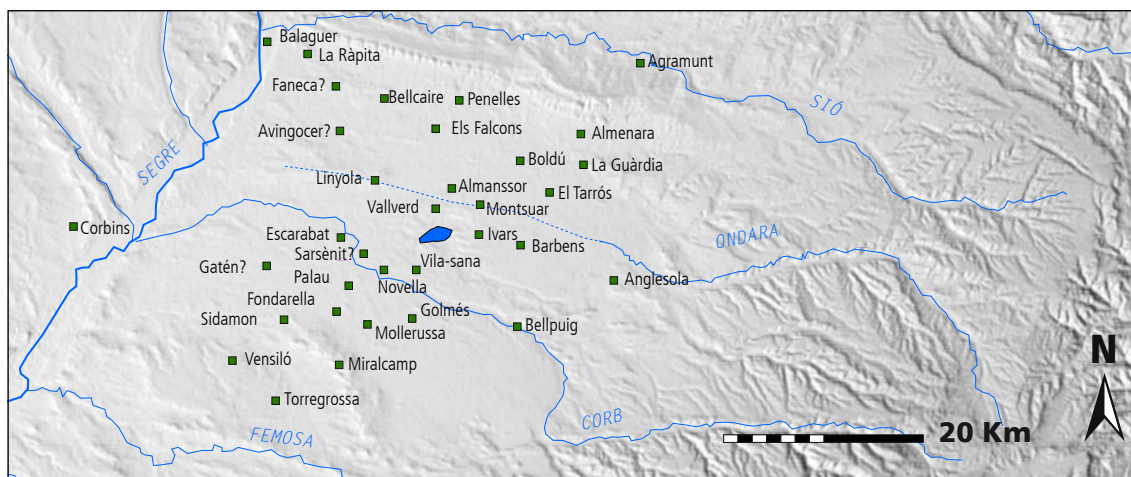


Fig. 25. Núcleos de poblamiento andalusí en el entorno del Estany d'Ivars durante los siglos X-XI (elaboración propia basada en Brufal Sucarrat, 2008; Martínez Elcacho, 2008).

fue también escenario de luchas internas entre diferentes facciones del poder musulmán. En este contexto, también se produjeron las operaciones militares dirigidas desde los condados de Guissona, Agramunt y Tàrraga. Durante la segunda mitad del siglo XI, el territorio del Pla d'Urgell fue conquistado por los condados de Barcelona y Urgell (Martí y Viladrich, 2000).

Pese al avance de las casas condales, el sector del Llano Occidental Catalán continuó expuesto a las incursiones procedentes de la ciudad de *Lārida*. De hecho, esta zona fue recuperada por las tropas almorávides en 1102 (Salrach, 1987), después de haberse hecho primero con el control de la taifa leridana. A consecuencia de la sucesión de episodios bélicos, este sector se constituyó como un ámbito fronterizo muy inestable, hecho que tuvo repercusiones en el poblamiento.

En 1149 se produjo la conquista cristiana de la ciudad de Lleida y el territorio del Llano Occidental Catalán se integra definitivamente en los condados catalanes. Según la documentación histórica, la tradición fronteriza del sector en el último siglo había generado muchos despoblados. La regulación y la planificación de la ocupación de este territorio se llevó a cabo mediante la promoción de establecimientos agrarios y cartas de poblamiento otorgadas por el Condado de Barcelona y el Castral d'Anglesola (Eritjà, 1993). Entre ellos se encuentran los de Bellcaire (1139, 1157 y 1839?), Ballestar (1139), Torre Faneca (1143), Palau d'Anglesola (1147-1148), Preixana (1155), Mollerussa (1157), Avinabita (1158), Castellnou de Seana (1179) y Golmés (1204) (Font i Rius, 1969). A partir de este momento se inicia un proceso de

consolidación política del dominio señorial, que está asociado a la red de poblamiento mencionada y que origina la articulación territorial que ha perdurado hasta la actualidad. (Martínez Elcacho, 2008). Cabe mencionar que en este proceso tiene gran protagonismo el papel de las órdenes militares de los Templarios y Hospitalarios.

En el siglo XIII el avance del proceso de feudalización permitió que las explotaciones agrícolas evolucionasen en los siglos posteriores hacia un modelo basado en el cereal, aunque con una notable presencia de avena (Martínez Elcacho, 2008). No obstante, este modelo convivió con el mantenimiento y uso de la red de canalizaciones y regadío, pervivencia de época islámica, que en algunos casos fue ampliada (Bolós *et al.*, 2008). Estos espacios irrigados estuvieron dedicados a los productos hortícolas, concentrando la mayor parte de los cultivos minoritarios, como el olivo, los frutales y las plantas industriales. Si bien se afirma que el cultivo de huerta se redujo desde época cristiana, la viña, no obstante, conoció una importante expansión en los siglos XIV y XV (Argilés, 1997). Por otra parte, se ha sugerido que la ganadería habría obtenido cierto desarrollo en esta época, circunstancia que se explica en función del peso que esta actividad económica representaba para las órdenes militares presentes en el Llano. En este sentido, se ha aludido a la posibilidad de que el territorio participase de los ciclos estacionarios integrados en las rutas de trashumancia pirenaica (Martínez París, 2000; Cardona Colell, 2000; Riu, 1950).

Durante los siglos XIII, XIV y XV el monasterio de Poblet consiguió incrementar sus posesiones en las comarcas del Llano Occidental Catalán. El territorio experimentó entre 1348 y 1380 las consecuencias las epidemias de peste y posteriormente, en el s. XV, de la guerra civil catalana. Estos acontecimientos habrían puesto fin a una época de expansión económica generalizada y dieron paso a un período marcado por persistentes crisis de subsistencia (Batlle, 2004).

Las fuentes documentales disponibles para el sector informan sobre una situación que no experimenta demasiados cambios durante la época moderna. La sucesión de epidemias, sequías y conflictos bélicos se produjo con la regularidad suficiente para que se hable de un territorio poco poblado y con una economía frágil, si bien son frecuentes las lamentaciones acerca de la potencial fertilidad de los suelos, avalada por los excedentes producidos en años sin problemas de plagas, sequías o inundaciones (Lladonosa, 1980).

Desde la segunda mitad del s. XVIII, el territorio experimentó una época de prosperidad, materializada en un desarrollo demográfico previo a la época contemporánea, la cual tuvo sus manifestaciones más importante en la llegada del ferrocarril y la construcción del Canal d'Urgell en 1861 (Vila i Ricart, 1992). Esta infraestructura implicó una transformación radical de la economía y el paisaje de la Llano Occidental Catalán, puesto que significó el abandono del modelo de explotación territorial en seco y extendió la agricultura intensiva. Esta actividad representa aún hoy una importante actividad económica en este sector del Valle del Ebro.

3.2.2.2 Els Vilars d'Arbeca

La fortaleza de Els Vilars se localiza en el municipio de Arbeca, en la comarca de Les Garrigues, a 12 km del Estany d'Ivars. El yacimiento se sitúa a 300 m de altitud sobre una llanura cultivada. A 500 m del yacimiento circula en la actualidad el Canal d'Urgell, en dirección SO. Els Vilars se localiza entre las cuencas de los ríos Corb (N) y Femosa (S), sector por el cual circula a nivel freático el barranco o *fondo* del Aixaragall.

El yacimiento de Els Vilars es un hábitat amurallado con torres (fig. 26). Su trazado es circular, alcanzando aproximadamente 200 m de perímetro. En su interior se distribuye una trama urbana con habitaciones construidas a partir de muros medianeros y articuladas en torno a una calle central. La parte central posee un espacio abierto en el cual se localiza un pozo. En la zona exterior de la muralla, concretamente en el sector SW, se extiende un campo frisio de piedras hincadas, cuyo límite está marcado por la existencia de un foso a lo largo del perímetro de la muralla.



Fig. 26 Fotografía aérea de Els Vilars tomada en marzo de 2010. El foso del yacimiento ha sido rellenado en el marco de las labores de musealización del yacimiento. (fuente: http://www.panoramio.com/user/4855738?with_photo_id=44282139).

El núcleo empezó a construirse aproximadamente hacia ca. 750 cal aC y se abandonó en torno a 325 cal aC, manteniendo hasta ese momento evidencias de una ocupación continuada (Junyent y Moya, 2011). Cronoculturalmente, este núcleo de poblamiento corresponde a la primera Edad del Hierro y la época Ibérica (Alonso *et al.*, 2005). La fortaleza se construyó siguiendo un trazado ovalado a cuerda. La superficie habitable es de 2164 m² y posee una trama urbana formada por habitaciones estrechas y reducidas, una calle circular que separaba un conjunto de casas dispuestas radialmente en batería contra la muralla de otro grupo de casas interior, más pequeñas, que delimitan el espacio central. A su vez, este espacio conecta las puertas de acceso al núcleo con la calle principal.

El núcleo urbano de Els Vilars experimentó diversas transformaciones urbanísticas que han permitido caracterizar arqueológicamente hasta cinco fases de ocupación. La primera, **VILARS 0** (750 – 650 aC.) se corresponde con la construcción *ex novo* del recinto amurallado, las torres, el campo frisio, el foso y las habitaciones. Este primer conjunto experimenta una transformación en la fase siguiente, denominada **VILARS I** (650-550/525 aC). A lo largo de estas dos primeras fases, el asentamiento fue reforzado con la construcción de tres muros adicionales adosados a la muralla original y las torres.



Fig. 27 Fragmento del campo frisio de Els Vilars d'Arbeca.

La siguiente fase, denominada **VILARS II** (550/525 – 450 aC), se corresponde con una modificación menor de algunas habitaciones, que adquieren mayor compartimentación y complejidad. Se anuló durante esta fase una poterna en el lado O y se construyó un acceso nuevo orientado al N, protegido por una torre nueva en posición adelantada. Durante esta fase se produce la colmatación progresiva del campo frisio (fig. 27).

La fase posterior, **VILARS III** (450/425-350 aC) asiste a una importante transformación urbanística que afectó a la disposición general del entramado urbano y los espacios de circulación. Durante esta fase se construyó el pozo central con pasillo de acceso y se reformó el foso circundante.

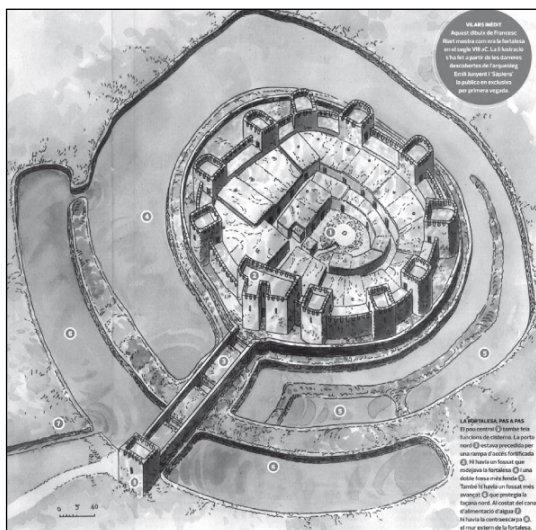


Fig. 28 Reconstrucción hipotética de Els Vilars en funcionamiento. (fuente: Sáez y Junyent, 2010).

La última fase, denominada **VILARS IV** (350 – 325 aC), corresponde al momento de ocupación que precede al abandono del núcleo. Es la fase menos conocida, debido a que se ha visto afectada por posteriores trabajos agrícolas.

Existen pocos elementos materiales que permitan conocer mejor la evolución de la Fortaleza de Els Vilars hasta el momento en que ésta se abandona en el s. IV aC, siendo la amortización del pozo y del foso uno de los más significativos. No obstante, la presencia romana en el yacimiento ha sido documentada a partir de múltiples evidencias materiales (Junyent y Moya, 2011). Esta ocupación, datada entre los

siglos II aC y IV dC, no fue en ningún caso estable y parece estar asociada a la existencia de una villa romana localizada a 500 m de la fortaleza.

La muralla defensiva, construida en el momento inicial, constituye uno de los rasgos más sobresalientes del núcleo, representando un 75% de la superficie construida. Destaca la progresiva implementación de refuerzos y forros, hasta tres, destinados a consolidar la estructura defensiva original principal, que evoluciona desde un metro de grosor en el primer momento hasta los 5 m posteriores, alcanzando presumiblemente otros tantos en altura (Alonso *et al.*, 2005). Los accesos al interior del núcleo, igualmente dotados de defensas, evolucionaron siguiendo las sucesivas fases constructivas. La singularidad y relevancia del sistema defensivo se encuentran subrayadas por la existencia de un campo friso, construido a partir de piedras hincadas dispuestas en posición adyacente a la muralla (Junyent y Moya, 2011).

Otra de las características singulares del yacimiento es el foso, que se extiende perimetralmente rodeando la muralla. Está paramentado por una escarpa y contraescarpa de piedra, entre las cuales la distancia oscila entre los 14 y 29 m. En el sector más próximo a la puerta principal del yacimiento ha sido hallado recientemente un segundo foso avanzado (fig. 28). Este complejo sistema de fosos fue construido durante las fases III - IV de Els Vilars, y con toda probabilidad se llevó a cabo sobre un foso anterior, construido durante la fase II y asociado al período Ibérico Antiguo (Junyent y Moya, 2011). La construcción del foso del s. V aC eliminó, sin embargo, la mayor parte de evidencias de este primer foso.

El foso era una construcción inundable, según indica el carácter anóxico y la micromorfología de los sedimentos hallados en su interior (Poch *et al.*, 2010), lo cual refuerza el carácter defensivo de la estructura. La provisión de agua podría haberse hecho efectiva mediante una canalización ubicada junto al corredor de acceso (Junyent y Moya, 2011), la cual podría haber conducido el agua desde el *fondo* del Aixaragall hacia el foso.

La relación de este asentamiento con las estructuras hidráulicas se evidencia también en el pozo ubicado en el espacio central Els Vilars. Esta estructura, de entre 6 y 7 m de diámetro y aproximadamente 7 m de profundidad, fue construida en piedra durante la primera mitad del s. IV aC (fase Vilars III) y posee un corredor de acceso. El pozo suministraba agua al interior del yacimiento a través de la infiltración de aguas subterráneas procedentes del curso del Aixaragall (Junyent y Moya, 2011).

Los restos carpológicos recuperados han sido interpretados como posibles evidencias de cultivos que debieron ocupar las tierras próximas a la fortaleza. La mayor parte de los restos fueron recuperados en las proximidades de los hogares, así como en el ámbito central próximo al pozo. El estudio de los restos (Alonso *et al.*, 2008) ha permitido conocer que los cereales de invierno (*Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum/durum*) constituirían los recursos cerealísticos más importantes, a los cuales se le añadirían otras variedades de trigo (*Triticum dicocum*), panizo (*Setaria italica*) y mijo (*Panicum miliaceum*). También se encontraron leguminosas (*Vicia faba* var. *minor*, *Lens culinaris*), así como restos de uva (*Vitis vinifera* (*ssp. vinifera?*)). En este sentido, los análisis revelan que el cereal habría sido introducido en el poblado después de pasar un procesamiento previo.

Los recursos ganaderos de Els Vilars se conocen a través de los restos óseos (Alonso *et al.*, 2005), cuya presencia sugiere la existencia de una cabaña ganadera formada principalmente por ovicápridos. La segunda especie en abundancia es el cerdo, seguida por la de los bovinos, el uso de los cuales parece más orientado al uso de su fuerza motriz que a la provisión de recursos cárnicos, a diferencia de los anteriores animales. La presencia del caballo en el registro está documentada a partir de las inhumaciones rituales de fetos de este animal, dato que pone de manifiesto su carácter simbólico.

La interpretación de la Fortaleza de Els Vilars intenta entender el sentido de su carácter singular como núcleo en lo que respecta a la magnitud y complejidad de su sistema defensivo. Considerando que en el s. VIII aC la guerra de asedio y máquinas de asalto no se habían extendido todavía por la Península Ibérica, sino que la práctica bélica se limitaba a la *razzia* y el enfrentamiento en campo abierto, realizado a pequeña escala y por ejércitos no profesionales, el conjunto de las estructuras defensivas sugiere una desproporción (Alonso *et al.*, 2005; Junyent *et al.*, 2009). Esto permite pensar que la mayor parte de las estructuras construidas trascienden su funcionalidad militar. Esta hipótesis se reafirma por su contexto espacial, definido tanto por su posible papel en explotación económica del territorio como por su particular ubicación topográfica, que evita el tradicional lugar elevado y escoge la llanura (Junyent *et al.*, 1998; Alonso *et al.*, 2005). En este sentido, Vilars sería un núcleo central que ejerció un dominio sobre el territorio circundante. En este sentido, cabe indicar que, en un radio de 5 km de Els Vilars, actualmente se conocen los núcleos de La Pleta, Belianes, Tossal del Ceba, Castell, El Trull y La Floresta (Junyent y Moya, 2011). De estos seis yacimientos que hasta ahora han sido hallados en un radio de 5 Km, tres de ellos probablemente se desarrollaron durante la Primera Edad del Hierro, coexistiendo probablemente con Els Vilars. Todos ellos se encuentran sobre los fondos

aluviales de los cursos de Aixaragall, Els Vilars y Les Comes de Maldà, aspecto que continúa vinculando y enfatizando la relación entre el poblamiento de este territorio con la gestión de los recursos hídricos (Alonso *et al.*, 2005).

El Grup d'Investigació Prehistòrica de la Universitat de Lleida (GIP UdL) propone interpretar la Fortaleza de Els Vilars como un modelo nuevo ante una estructura de poblamiento en forma de pequeñas aldeas cerradas y económicamente autosuficientes, que empieza a ver su fin en los comienzos de la Edad del Hierro (Junyent *et al.*, 1998; Junyent, 2002). La fortaleza de Els Vilars estaría acompañada de un programa ideológico, el cual pretendía exaltar el concepto de prestigio y poder de un linaje aristocrático a través de la residencia, auténtico centro de poder establecido en el llano, especialmente visible. Se convertiría, así, en símbolo de dominación militar sobre un territorio, ejerciendo una coerción ideológica sobre sus habitantes y disuadiendo a los potenciales enemigos.

3.2.3 Antecedentes. Valle del Ebro

En el estudio de los antecedentes paleopolínicos en el Llano Occidental Catalán se han tenido en cuenta especialmente los registros paleoambientales procedentes de otros sectores del Valle del Ebro, aunque también han sido consideradas secuencias ubicadas en el pre-Pirineo, debido a su proximidad respecto al sector estudiado (fig. 29).

En las dos últimas décadas, el Valle del Ebro ha sido objeto de diversos estudios paleoambientales realizados a partir de datos polínicos, sedimentológicos, paleolimnológicos, arqueobotánicos y geomorfológicos. Una parte de estos estudios se ha centrado en el Valle Medio del Ebro, un amplio sector de territorio cuyas características climáticas, geomorfológicas y litológicas no difieren significativamente de las que configuran actualmente el Valle del Segre y el Llano Occidental Catalán. La información paleoambiental disponible para este último sector,

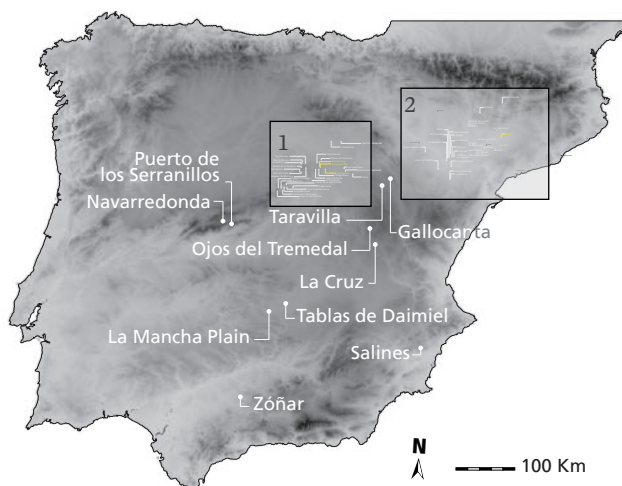


Fig. 29. Localización de las secuencias paleoambientales mencionadas a lo largo de esta tesis doctoral. El recuadro 2 se corresponde con la ampliación de la figura 30.

en cambio, es menos abundante, una circunstancia que se debe principalmente en la escasez de secuencias de polen fósil. La mayor parte de los registros paleopolínicos del Valle del Ebro proceden de las comarcas de Ribera Baja de Ebro y el Bajo Aragón, ubicadas en el sector oriental de la provincia de Zaragoza. Estos datos constituyen un marco de referencia, aunque las posibilidades comparativas están condicionadas por la distancia de aprox. 100 km que separa estos los registros de los del Llano Occidental Catalán, estudiados en este trabajo (fig. 30).

El complejo de lagunas endorreicas del sector central del Valle del Ebro ha proporcionado varios registros polínicos que comprenden el Tardiglacial y el Holoceno. Parte de estos estudios han sido planteados desde una perspectiva *multi-proxy*, integrando diversos descriptores sedimentológicos, limnológicos y paleoecológicos. En total, han sido estudiadas las siguientes lagunas: **La Playa** (Bujaraloz, Zaragoza) (Pérez Obiol y Roure, 1990; González-Sampériz *et al.*, 2008; Moreno *et al.*, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2011), **El Pueyo** (Gutiérrez *et al.*, 2011), **Salada**

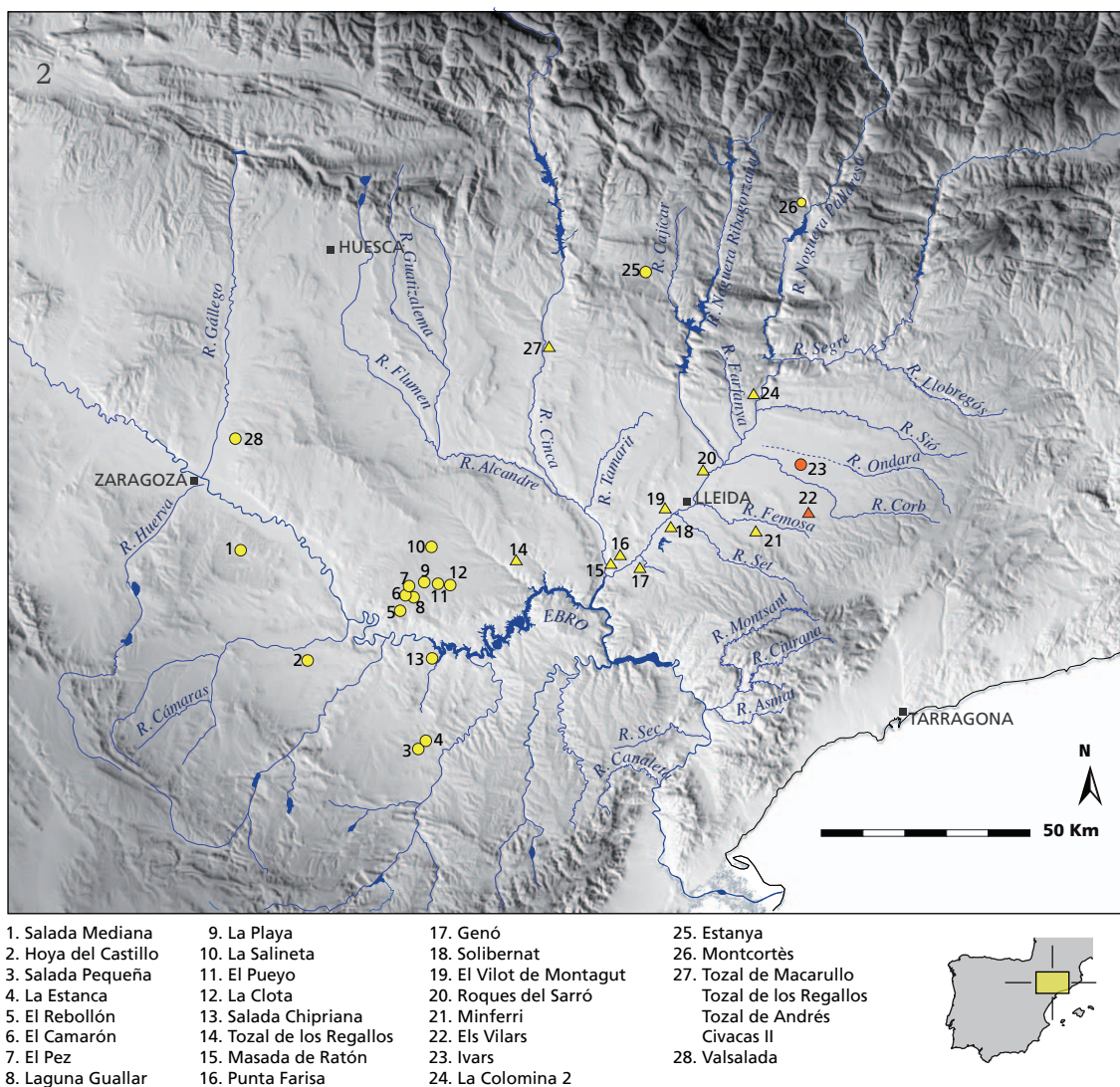


Fig. 30 Localización de las secuencias paleoambientales estudiadas en el sector del Valle del Ebro.

Pequeña (Alcañiz, Teruel) (Stevenson *et al.*, 1991; Davis, 1994), **Hoya del Castillo** (Híjar, Teruel) (Davis, 1994), **Laguna Guallar** (Bujaraloz, Zaragoza) (Davis, 1994; Davis y Stevenson., 2007), **Chipriana Salada** (Chipriana, Zaragoza) (Davis, 1994; Valero Garcés *et al.*, 2000c), **La Salineta** (Bujaraloz, Zaragoza) (Davis, 1994; Valero Garcés *et al.*, 2004b; González-Sampériz *et al.*, 2008), **La Estanca** (Alcañiz, Teruel) (Davis, 1994), **La Clota**, **El Rebollón**, **El Pez** y **El Camerón** (Bujaraloz, Zaragoza) (Pérez Obiol y Roure, 1990). En el área central occidental del Valle del Ebro existen algunos estudios realizados en la laguna de **Salada Mediana** (Mediana de Aragón, Zaragoza) (Valero Garcés *et al.*, 2000a, 2000b, 2004a), mientras que el sector prepirenaico oriental cuenta con los registros de **Estanya** (Benavarrí, Huesca) (Riera *et al.*, 2004; Morellón *et al.*, 2009a, 2009b) y **Montcortès** (Baix Pallars, Pallars Sobirà) (Rull *et al.*, 2010; Corella *et al.*, 2010; Scussolini *et al.*, 2011). Estas dos últimas secuencias se localizan en espacios de transición bioclimática cuyas características ambientales difieren de las que predominan en las llanuras de la Depresión del Ebro. No obstante, ambas se localizan a una distancia suficientemente cercana del sector central del Pla d'Urgell (menos de 70 km) como para que sus datos puedan ser relevantes en el contexto de una interpretación paleoambiental regional. Además de la mencionada proximidad geográfica, es preciso indicar que las secuencias de

Estanya y Montcortés presentan, por una parte, una sedimentación continua y, por otra, disponen de modelos cronológicos con suficiente solidez y fiabilidad, lo cual permite el estudio de la evolución paisajística a alta resolución, sobre todo para el período correspondiente a los últimos 4000 años. Estos atributos son prácticamente únicos en el conjunto de las secuencias sedimentarias del NE peninsular, a excepción de los registros litorales y de alta montaña pirenaica, cuyo interés comparativo en este estudio resulta menor. Precisamente, en los registros centrales del Valle del Ebro son muy habituales las limitaciones interpretativas derivadas de la escasa solidez de los modelos cronológicos. En los registros sedimentarios de estas lagunas endorreicas, tanto la escasez de macrofósiles datables como la recurrencia de hiatos y procesos de deflación complican la correcta adscripción cronológica de los cambios paleoambientales documentados.

Pese a la existencia de estas limitaciones, estos estudios han permitido caracterizar las líneas generales de la dinámica ambiental y vegetal del Valle del Ebro durante el Tardiglacial y el Holoceno. Durante el final del Pleistoceno este sector peninsular estuvo ocupado por un mosaico complejo de vegetación, en el cual convivieron formaciones de coníferas junto con otras integradas por taxones termófilos, mesófilos y comunidades estépicas, en un contexto climático frío pero de condiciones variables, alternando episodios húmedos y áridos.

El inicio del Holoceno está considerado como un período caracterizado por una abundante disponibilidad hídrica, la cual permitió el desarrollo de un tapiz vegetal con una significativa presencia del bosque y una progresiva retracción de las formaciones estépicas.

Las condiciones cambiaron en el Holoceno Medio, época durante la cual aumenta la aridez y se registra un mayor impacto de la acción antrópica. La coincidencia de estos factores desencadenó procesos erosivos en un contexto vegetal donde el pinar continúa siendo el taxón forestal predominante, aunque en general el paisaje es más abierto. Algunos registros paleolimnológicos evidencian el carácter efímero de las lagunas en este período, así como un avance colonizador de la vegetación halófila. En esta época se documentan múltiples hiatos, discontinuidades y procesos de exposición subaérea y deflación sedimentaria en los medios lacustres, ocasionando incluso la interrupción de algunas series paleoambientales, que dificultan la interpretación y correlación entre registros.

El Holoceno Reciente constituye una época mal conocida debido al escaso control cronológico de una parte significativa de las secuencias. En general, se ha propuesto la existencia de un incremento de la humedad en torno a 700 cal aC, constatado limnológicamente, aunque la composición de la vegetación refleja una alternancia del dominio de formaciones estépicas con fases de extensión del pinar. A partir de este momento la presión antrópica cobra especial relevancia, aunque hacia el s. II dC se registra un nuevo avance del pinar (Davis, 1994). Posteriormente, en el s. XIV se documenta una extensión de las formaciones de *Juniperus* y del encinar, en un contexto de progresiva expansión de cultivos cerealísticos y del olivar (Valero Garcés *et al.*, 2000c).

Tal como se ha apuntado anteriormente, los sectores orientales del Valle del Ebro inscritos en el Llano Occidental Catalán no disponen, hasta el momento, de registros polínicos en secuencias naturales. Existe, no obstante, una serie de estudios realizados sobre sedimentos de yacimientos arqueológicos. Es preciso recordar que en estos casos, la señal polínica no constituye un indicador directo de la configuración vegetal de un determinado sector, puesto que ésta se encuentra mediatizada por la propia acción antrópica, la cual desempeña un papel selectivo en las plantas polínicamente representadas (Dimbleby, 1985; Fægri y Iversen, 1989). Por lo tanto, las conclusiones de estos estudios arqueopolínicos deben ser examinadas desde una perspectiva que tenga en consideración su tendencia local así como su significado antrópico (Mercuri, 2008), aunque estos datos pueden ayudar a caracterizar la evolución paisajística del entorno.

En el Valle del Segre han sido realizados estudios polínicos en los yacimientos arqueológicos de **Masada de Ratón** (Fraga, Huesca) (Riera, 1995), **Genó** (Aitona, Lleida) (Burjachs, 1998), **Punta Farisa** (Fraga, Huesca) (Burjachs, 1993), **Vilot de Montagut** (Alcarràs, Lleida) (Riera, 2002) y en la ciudad de **Lleida** (Riera, 1998a, 1998b). Otros registros polínicos de yacimientos arqueológicos proceden de la zona oriental aragonesa, con los trabajos de **Tozal de Macarullo** (Estiche, Huesca), **Tozal de Andrés** (Estiche, Huesca), **El Prao** (Almunia de San Juan, Huesca) y **Civacas II** (Alfántega, Huesca) (González-Sampéris y Sopena Vicién, 2002), **El Pontet** (Mazaleón, Teruel) (López García, 1992a, 1992b), **La Cueva de la Gabasa** (Azanza *et al.*, 1988), **Botiquería del Moros** (Mazaleón-Maella, Teruel) (López García 1992a, 1992b; López García *et al.*, 1991), **Els Secans** (Mazaleón, Teruel) (López García, 1992a, 1992b; López García y López Sáez, 1996), **Alonso Norte** (Alcañiz, Teruel) (Blanco, 1989; López García, 1992a, 1992b), **La Loma de los Brunos** (Caspé, Zaragoza) (López García, 1982, 1986) .

En el presente trabajo también han sido considerados algunos estudios antracológicos sobre materiales procedentes de yacimientos que, en algún caso, también ha suministrado datos polínicos. En el Valle del Segre, los estudios realizados por M.T. Ros han documentado la explotación y uso antrópico de los recursos arbóreos y arbustivos en Masada de Ratón (Fraga, Huesca) (Ros, 1995a), Genó (Aitona, Lleida) (Ros, 1997), Punta Farisa (Fraga, Huesca) (Ros, 1993), Roques de Sarró (Lleida) (Ros, 1996b), Els Vilars d'Arbeca (Ros, 1996a; Ros, 1997), Vilot de Montagut (Alcarràs, Lleida) (Ros, 2002), Tossal de Solibernat (Torres de Segre, Lleida) (Ros, 1992) y Tozal de Los Regallos (Candasnos, Huesca) (Ros, 1995b).

Desde esta perspectiva arqueobotánica, el Llano Occidental Catalán cuenta también con estudios carpológicos realizados sobre sedimentos arqueológicos que han permitido identificar plantas cultivadas, así como taxones ruderales asociados a estos espacios cultivados (Alonso, 2000, 2005; Alonso *et al.*, 2008; Alzubiri *et al.*, 2011). Estos registros ponen de manifiesto que durante el I milenio aC, en este sector de la Catalunya occidental existía una agricultura cerealística que estaba basada principalmente en el cultivo de *Hordeum vulgare*, seguido de *Triticum aestivum/durum* y, en menor medida, *Hordeum vulgare* va. *nudum*. También se ha podido constatar la explotación de *Olea europaea*, *Vitis vitifera*, *Ficus carica*, así como el cultivo de leguminosas como *Lens culinaris* o de *Pisum sativum* y el uso de *Linum usitatissimum*.

La investigación sobre los cambios ambientales ocurridos en el territorio del Valle del Ebro durante el Holoceno ha sido también abordada a partir del análisis de la composición isotópica del carbono realizados sobre restos arqueobotánicos de yacimientos (Alonso *et al.*, 2004; Ferrio *et al.*, 2006a, 2006b). Los resultados de estos estudios han llevado a los autores a proponer unas condiciones climáticas más húmedas que en la actualidad, aunque reconociendo cierta variabilidad durante el I milenio aC, donde documentan una fase de mayor disponibilidad hídrica entre 300 aC y 300 cal dC.

La evolución paleoambiental en la Depresión del Ebro ha sido también estudiada desde una perspectiva geomorfológica, buscando comprender las dinámicas de incisión y acumulación en vertientes y en fondos de valle así como la evolución de los llanos aluviales durante el Holoceno. Los resultados de estos estudios concluyen que las alternancias observadas mantienen una relación estrecha con la evolución paleoclimática regional, el grado de desarrollo del tapiz vegetal y la actividad antrópica (Gutiérrez Elorza y Peña Monné, 1992, 1998; González Pérez, 2005; González Pérez *et al.*, 1996; Peña, 1989, 2004; Peña y González Pérez, 1999; Peña *et al.*, 1996, 2002, 2005b; Sopena Vicién y Peña Monné, 1998; Constante *et al.*, 2010). En algunos casos, las cronologías absolutas permiten una mayor resolución en la identificación de las fases climáticas y respuestas geomorfológicas. Estos estudios han permitido caracterizar etapas de regularización de vertientes y desarrollo de acumulaciones en períodos húmedos y fríos, como los que predominaron durante el tránsito del Subboreal al Subatlántico, en torno a 700 cal aC y en la Pequeña Edad del Hielo. Por contra, las etapas más cálidas, como el Óptimo Climático Atlántico (ca. 5000 - 2000 cal aC) y los momentos cálidos de la Edad Media, favorecieron en general dinámicas erosivas y de incisión.

4. Drilled sites

4. Drilled sites

4.1 Northern Guadalajara

Between 2006 and 2008 fieldwork was performed in North Guadalajara region (fig. 31) with the aim to obtain sedimentary records. The initial focus was to study the sediment record from Somolinos lake (Somolinos- α), which is located in a medium-mountain karstic area that is very sensitive to environmental change. Sedimentary records were obtained at Somolinos lake in 2006. However, as soon the age of the sediment was known, it was considered that the timespan covered by the records was too short to properly assess the long-time landscape history of the area. Hence, additional fieldwork in the area was planned in order to obtain further sedimentary records. The HIDRAM4000 team came back to Somolinos area, where field survey revealed the existence of a dried lake next to the current lake. This paleolake was sampled and a new sediment core was retrieved (Somolinos PAS). Progress on this new record was promptly made and the age-model of this new sequence revealed that this sequence was a more suitable long-term palaeoenvironmental record.

Notwithstanding the facts, both Somolinos- α and Somolinos PAS sedimentary sequences had recorded different chronological periods, with no overlapping. As a result, a significant 1000 yr. temporary gap still existed between both palaeoenvironmental records, disabling any approach to a continuous record of the landscape history of the area.

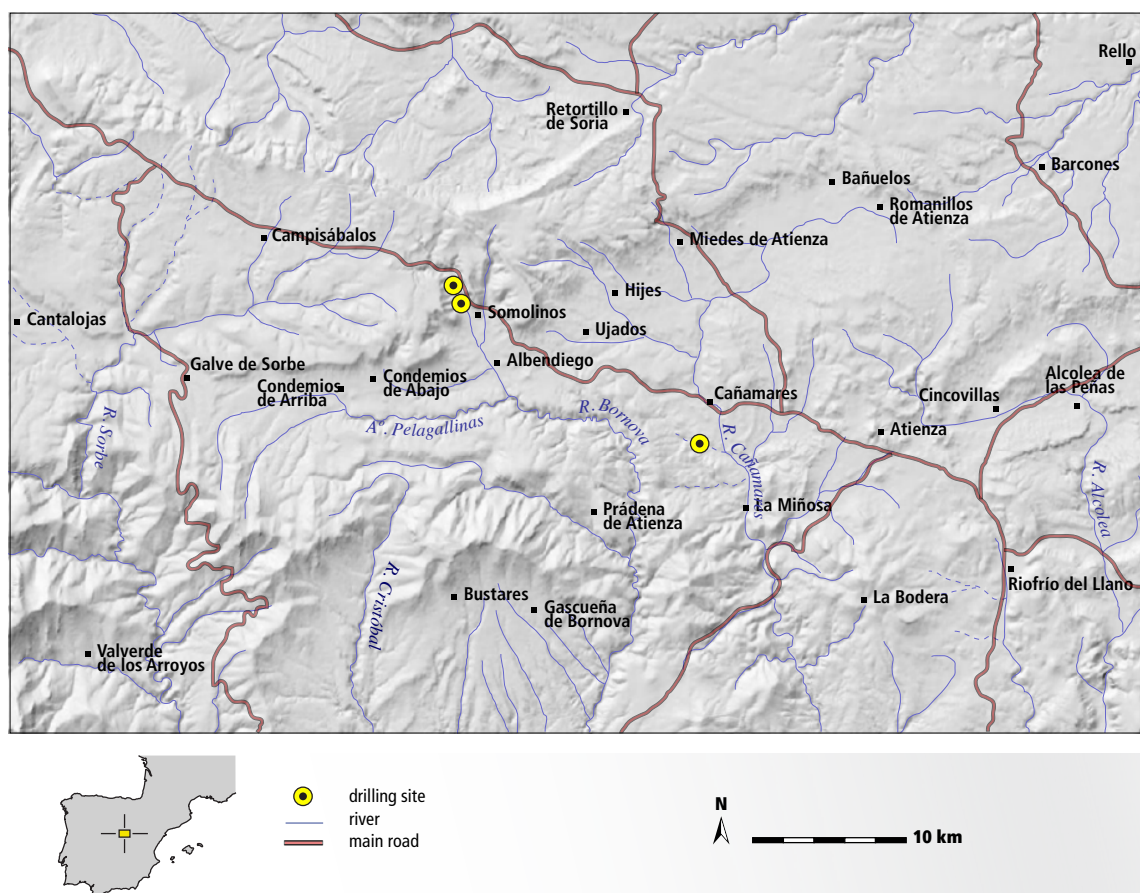


Fig. 31. Map of the northern Guadalajara province featuring the location of the drilled sites and main towns.

With the aim of providing data that could have covered the unrecorded time-lapse, fieldwork was performed again in the Guadalajara northern region. However, instead the Somolinos area, an open-land district was surveyed 10 km SE. One peat bog was sampled and the sedimentary record (Cañamares) was successfully dated, bridging the temporary gap between both Somolinos datasets. Furthermore, the addition of this supplementary record enables a comparison between the evolution of two different districts at one local scale. Current differences between these sites

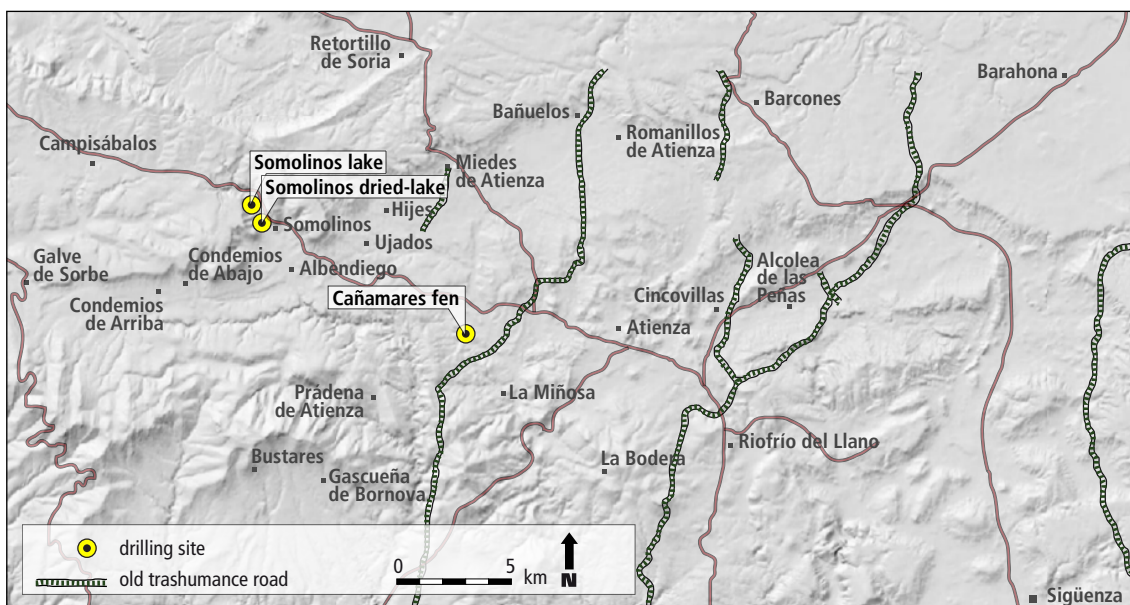


Fig. 32. Map of the studied area featuring the old trashumance road net (map elaborated by author's on the basis of original topographical maps published online at the *Instituto Geográfico Nacional* website (<http://www2.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>))

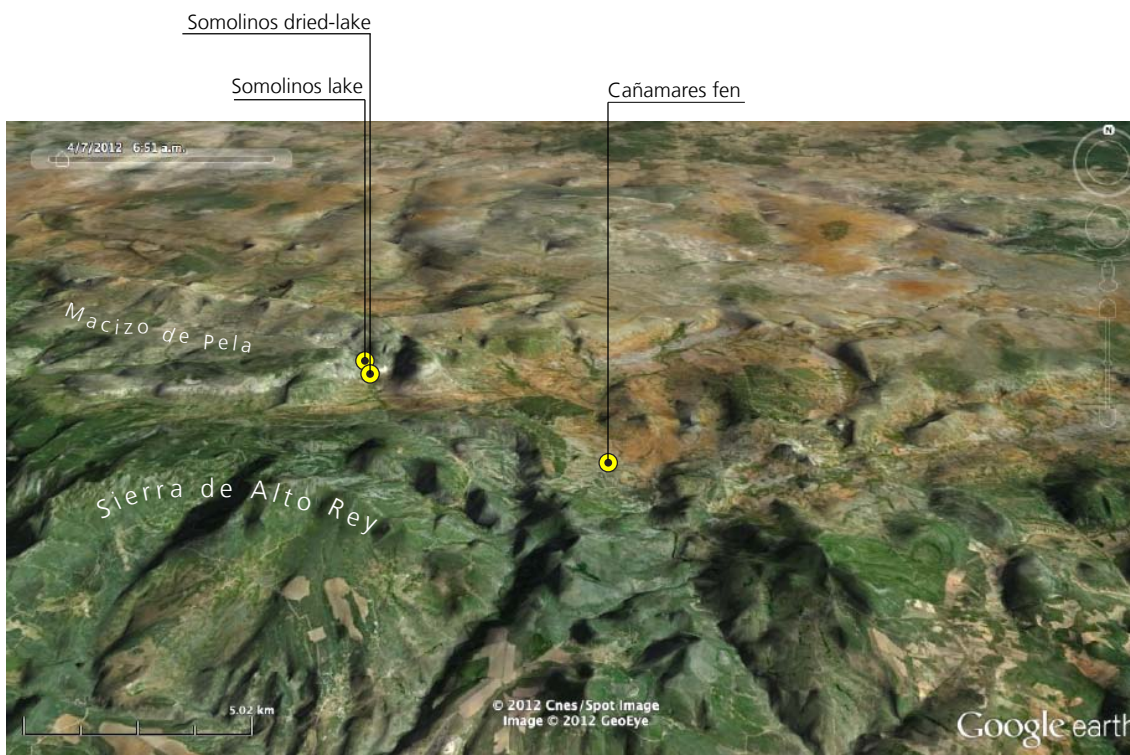


Fig. 33. 3D Terrain model featuring the topographical settings of both Somolinos and Cañamares drilling sites. Differences may be observed between the mountain landscape around Somolinos and the soft hilly area of Cañamares.

come from geographical and current landscape settings, being the western area (Somolinos) a medium-mountain environment with slopes that converge into a southern closed valley (Depresión de Miedes), whereas the eastern area of Cañamares is characterised by a soft hilly relief within a more open topographical setting. Furthermore, in accordance to old topographical maps, Cañamares fen is close to old transhumance routes (fig. 32). This fact adds a special interest to the comparison between both sites in order to study the grazing history.

Somolinos lake (Somolinos- α) was sampled by using of a piston core operating from a floating platform (fig. 34). This systems uses 3 m long and 6 cm diameter PVC tubes and allows the recovery of unaltered sedimentary records. On the other hand, both Somolinos dried-lake (Somolinos PAS) and Cañamares peat bog records were retrieved using a russian corer (fig. 34). Sediment was kept inside 5 cm diameter PVC tubes.



Fig. 34. On the left, the floating raft platform equipped with a piston corer at Somolinos lake. On the right, russian corer sampling a peat bog in northern Guadalajara.

4.1.1 The Somolinos lake system: Somolinos lake and dried-lake.

The 2 km long Somolinos lake system is located between the slopes of *La Cocinilla* and *San Martín*, at the southern limit of the Pela Massif. It is fed mainly by groundwater discharge from the *Pela* aquifer (ca. 1500 m asl) through the Manadero spring, located at 1300 m asl. This aquifer also drains north towards de Duero basin through the Pedro spring, which provided water to the Tiermes Roman town by means of an 8.8 km long aqueduct (Hernando del Cura, 2001; Sanz Pérez, 1999).

Two tufa barriers cut across the axis of the valley (fig. 35). Their development is linked to the physicochemical dissolution of Calcium carbonate provided by karstic sediments and bio-induced precipitation through CO₂ degassing. As a consequence, a close relationship exists between the growth of the tufa barrier and the status of the water column in the pool.

The upper transverse tufa barrier is 190 m wide and 20 m high, and is located 1.3 km away from the Manadero spring. The barrier top is located at 1270 m asl and contains the 1,98 ha Somolinos lake, with a maximum depth of 10 m. From the foot of the upper barrier, a 4,5 ha plain surface located at 1240 m asl extends until the lower transverse tufa barrier. This second barrier is 150 m wide and has a 4 m depth incision near Somolinos village, through which the water flows. This flat surface corresponds to the pool sediments deposited when the lower barrier was functional.

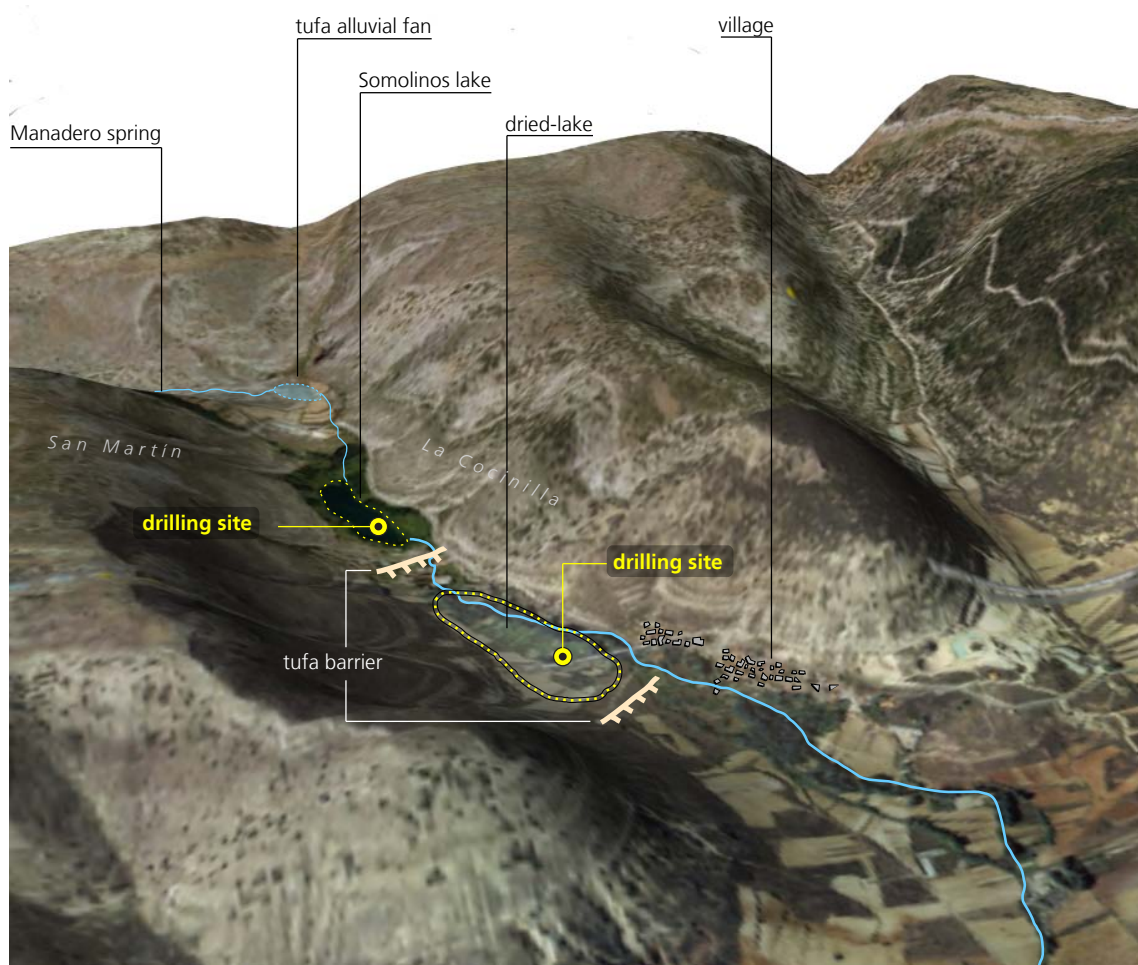


Fig. 35. 3D terrain model featuring the Somolinos lake system. Tufa barriers cut across the axis of the valley enabling the development of lakes.

Somolinos lake

record	Somolinos α (Som-α)
core depth	174 cm
location	41° 15' 5" N 3° 3' 54" W
altitude	1270 m asl
lake surface	1,98 ha (240 × 68 m)



Fig. 36. View of Somolinos lake, located at the foothill of Pela Massif, as seen from the North.



Fig. 37. Drilling operations at Somolinos lake

In april 2007 Somolinos lake sediment was drilled using a piston core from a floating platform. A total five sedimentary records were obtained. Four records were retrieved from the depocentre of the lake, at 10 m depth, and one record was retrieved from carbonated platform (a tufa fan) which constitutes the shore of the lake. Record α , from the depocentre of the lake, was used for pollen, NPP, macro-charcoal and other palaeoenvironmental analyses.

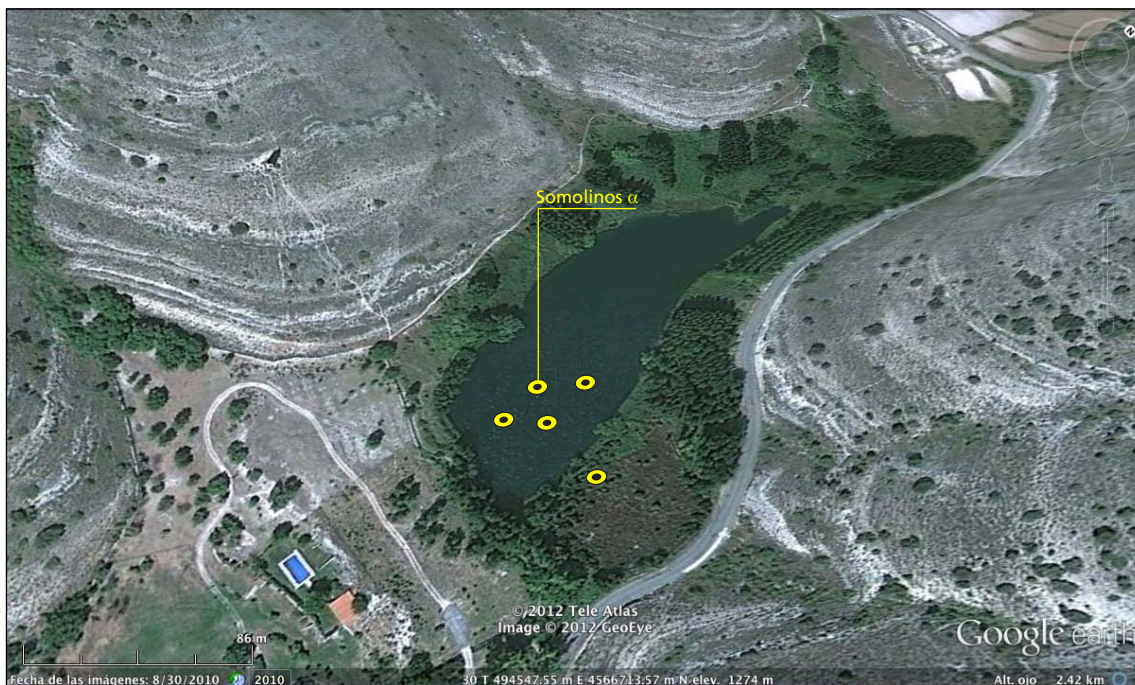


Fig. 38 Location of the sedimentological records retrieved at Somolinos lake.

Drilling operations allowed to obtain a 174 cm long record. Beyond this depth, sediment compaction was noteworthy for the piston coring system used and, subsequently, the retrieval of deeper sediment was not possible.

In June 2007 a new core was retrieved at the same point that α , in order to obtain additional sediments for ^{137}Cs and ^{210}Pb dating.

Somolinos dried-lake

record	Somolinos PAS (SP)
core depth	380 cm
location	41° 14' 48" N 3° 3' 43" W
altitude	1240 m asl
lake surface	4,5 ha (400 × 100 m)



Fig. 39. Current cropped fields at Somolinos dried-lake.

In 2007 lithological tests revealed that the current farmed flat surface that spreads between the upper and lower tufa barriers of Somolinos corresponds to a dried-lake (fig. 35). Indeed, the local place name of *Lagunilla* (fig. 42) suggests the existence of a lake in this place in the past and explains why there's a flat surface at this site.



Fig. 40. Drilling operations at Somolinos dried-lake by using a russian core.

Drilling was performed at this surface and a 380 cm long sediment record was retrieved using a russian corer (fig. 40). This record was used for pollen, NPP, macro-charcoal and other palaeoenvironmental analyses. The upper 52 cm of the record evidenced an arable soil profile and subsequently the interruption of the natural lacustrine sedimentation, being rejected for the analyses.



Fig. 41. Location of the retrieved record (Somolinos PAS) at Somolinos dried-lake.

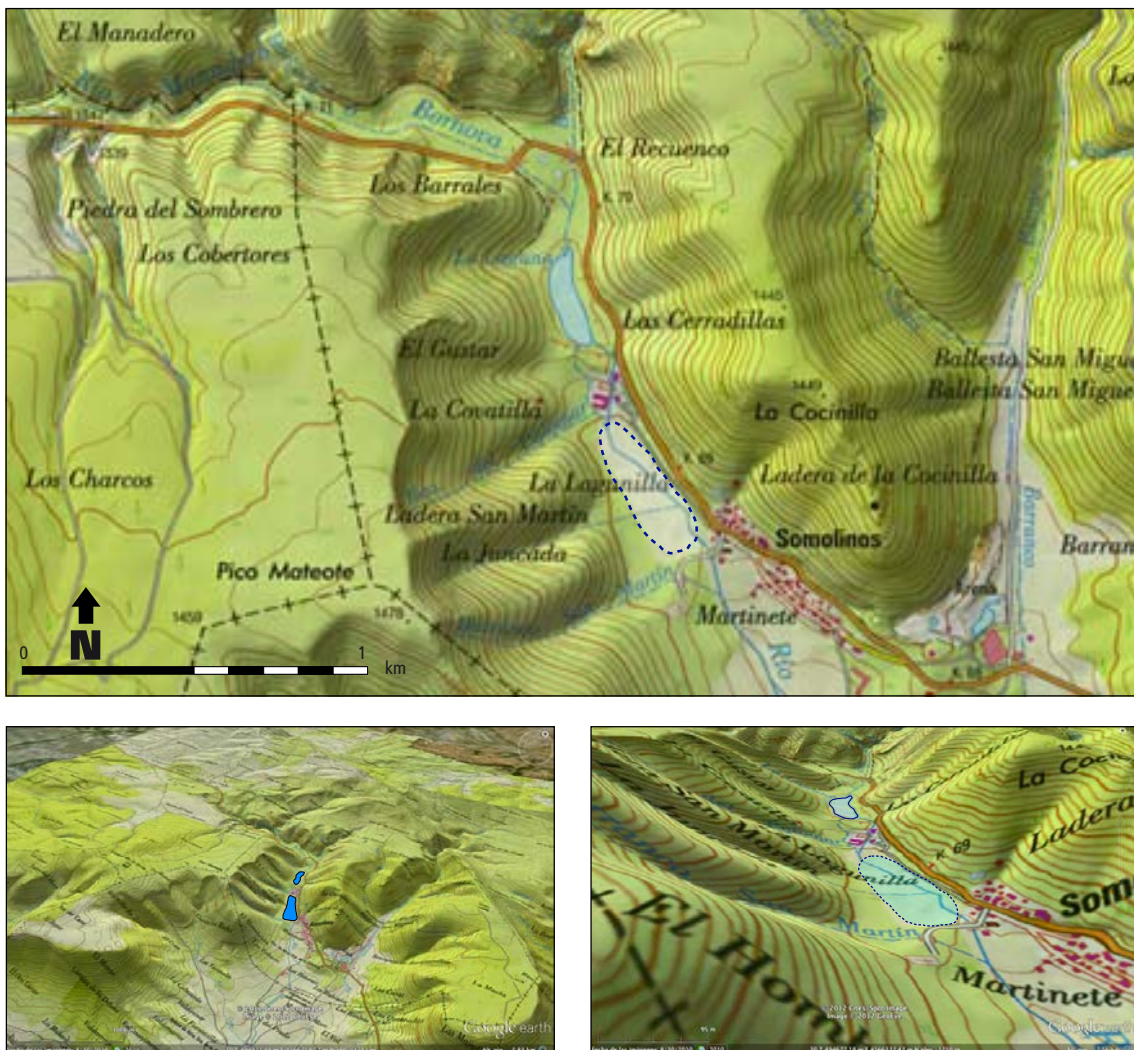


Fig. 42. Reconstruction of Somolinos dried-lake when it was a functional lake (bottom left). The dotted line indicates the approximated size of the paleo-lake.

4.1.2 Cañamares

Cañamares fen

record	Cañamares (CNM)
core depth	250 cm
location	41° 11' 59" N 2° 57' 25" W
altitude	1064 m asl
fen surface	30 x 20 m



Fig. 43. The Cañamares fen as seen from the North in a soft hilly area



Fig. 44. View of the Cañamares fen as seen from the West. The hill of Cabeza Lobera can be observed in the background.



Fig. 45. Location of the drilling point at Cañamares fen.

The Cañamares fen is located between the small hills of *El Mojón Viejo* (N) and *La Cañada* (S), 1.2 km South from Cañamares village (figs. 44, 46). The development of this fen is linked to a shallow stream that has its source in the western mountains of *Loma del Cuento* and drains East towards the *Cañamares* river. This stream is called *Arroyo de la Cañada*. Nevertheless, the name chosen for the sedimentary record was “Cañamares” in order to avoid potential confusion due to the abundant place-names of *Arroyo de la Cañada* that currently exist all over Spain.

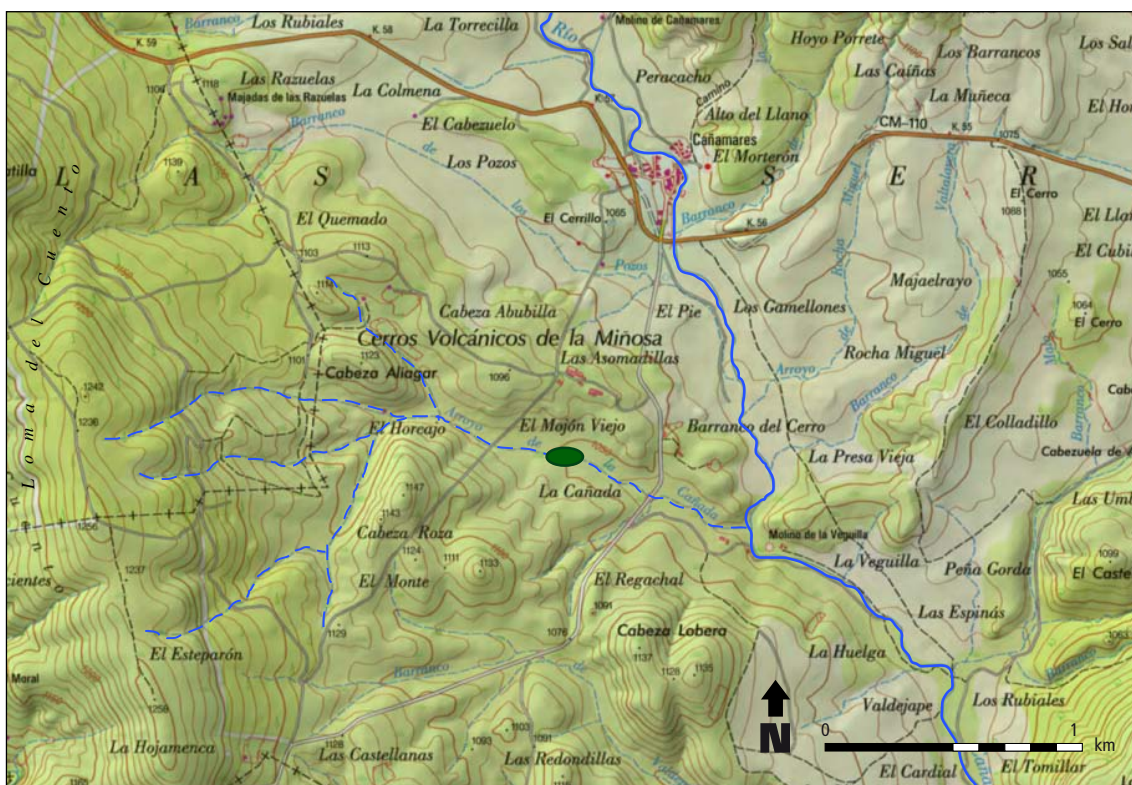


Fig. 46. Topographical map featuring the location of Cañamares bog (on green), the *Arroyo de la Cañada* stream (dotted blue line) and the Cañamares river (blue line)

This fen was sampled by using a russian corer. Beyond 250 cm depth, drilling operations were not further possible due to the compaction of the sediment and because the bedrock was probably reached at this depth. A 250 cm record was retrieved for pollen, NPP, macro-charcoal and other palaeoenvironmental analyses.

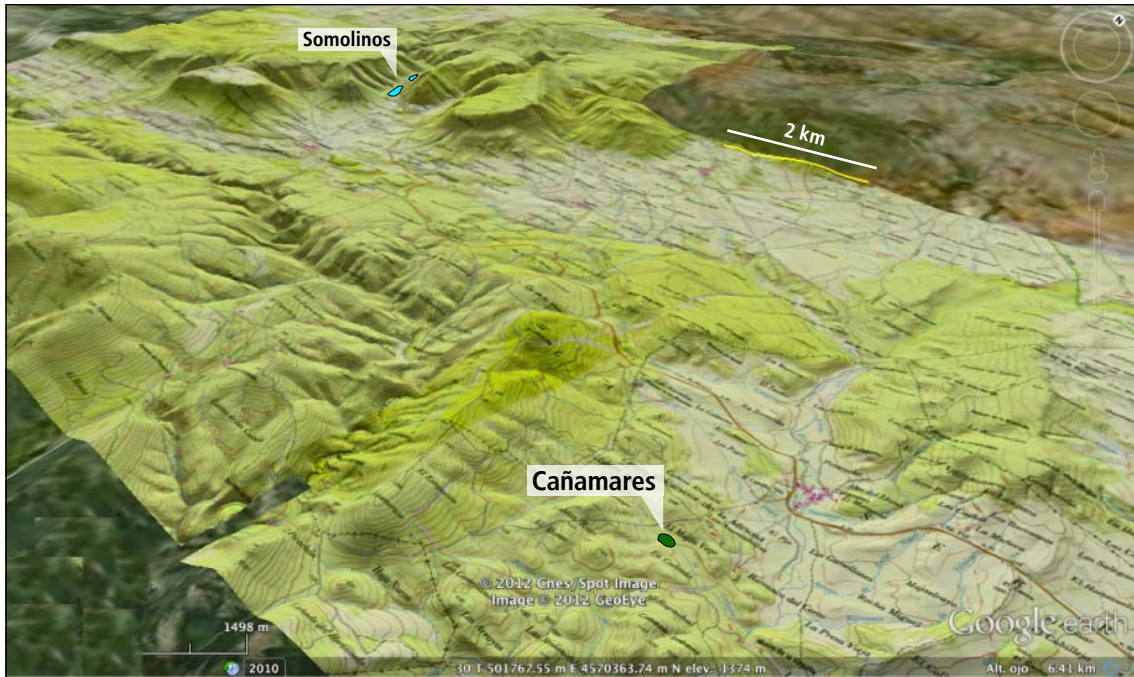


Fig. 47. 3D terrain model of the Somolinos-Cañamares geographical setting, showing the different relief at each location.

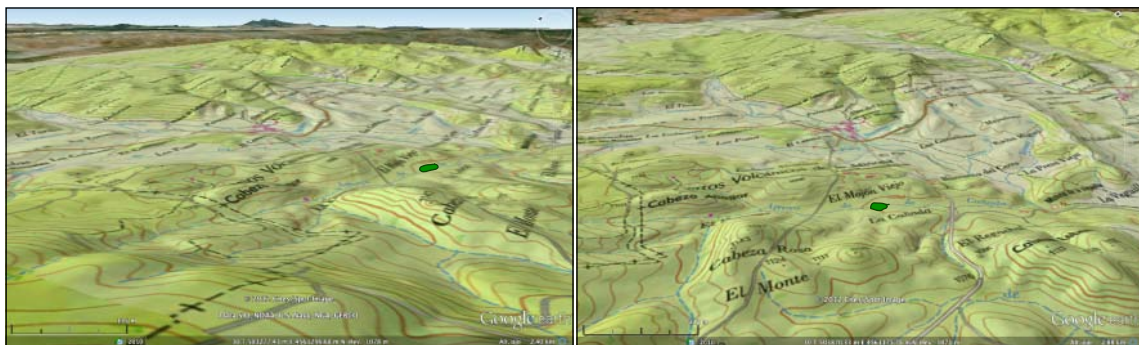


Fig. 48. On the left, 3D terrain model of the Cañamares area as seen from the western mountains. On the right, 3D model of the Cañamares fen (on green) as seen from the SW.



Fig. 49. Satellite image of the Cañamares fen and the location of the drilling point.

4.2 Western Plain of Catalonia

The Western Plain of Catalonia is a large flat area where a strong development of intensive farming and industry has taken place in the last century. This feature configures a marked

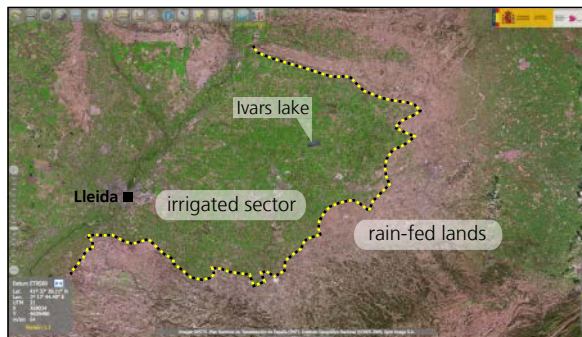


Fig 50. Western Plain of Catalonia satellite image showing the boundary between the irrigated fields and rain-fed lands.

boundary between the landscape of the irrigated sector and the rain-fed lands (fig. 50). The lake of Ivars is located in the centre of this wide plain (fig. 51), and spreads between the irrigated fields of *Ivars*, *Vallverd* and *Vila-sana* towns, and for this reason it is officially known as *Estany d'Ivars i Vila-sana*. However, this lake occurs nowadays as a result of a long-time project engaged by local initiative and the support of the catalan government. In fact, the lake was artificially

depleted in 1951. Six years before, political authorities had agreed that the new resulting dried-lands were converted to croplands (Costa, 2007).

The lake's drainage put an end to 100 years of a permanent body water lake in this district of the Lleida plains. It has been argued that before the 19th century the lake was rather shallow and

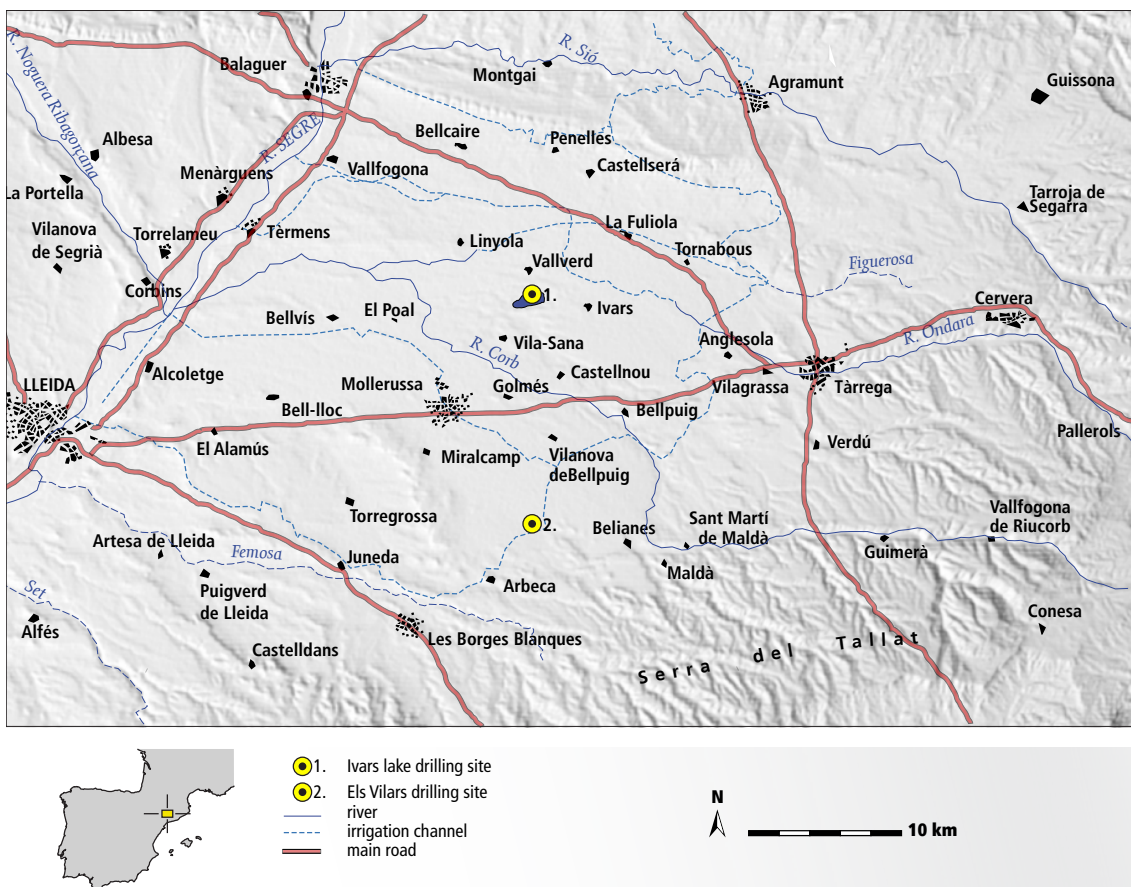


Fig. 51. Map of the Southern Lleida province (Western Plain of Catalonia) featuring the location of the drilled sites and main towns.



Fig. 52. This figure shows both satellite images of Ivars lake before and after the re-filling operations in 2007.

experienced recurring droughts and seasonal dissection. However, in 1861 a large irrigation system was built up in the territory: the Urgell Channel. The Ivars lake was then connected to it and used as a large waste pipe for exceeding water from irrigation practices. As a consequence, the size of the lake increased (Rubió, 1977; Costa, 2007) and became permanent water body, particularly suitable for migratory birds, engaging a wide range of fishing, hunting and leisure activities for the local people.



Fig. 53. Hydraulic and mechanical drill operating at Ivars lake before re-filling operations.



Fig. 54. Retrieval of sedimentary records at Ivars lake.

In 1992 plans for re-filling the lake were definitely approved. This long-term project, which started in 2004, aimed for the recovery of the historical memory of this space and its social significance, but also looks forward to recover a former landscape, as well as the ecological implications resulting from the presence of a permanent water body, and moreover stands for the development of local economy (Costa, 2007).

Fieldwork in order to obtain sedimentary records at Ivars was done in 2004, before the re-filling of the basin had begun (fig. 52). The site was drilled by using an hydraulic-mechanical corer and rotary-percussion operations (fig. 53). This method provided continuous sedimentary records inside 1,5 m long and 10 cm diameter tubes. (fig. 54) The sediment was pumped out of the tubes using high pressured water.

After preliminary results were obtained at Ivars records, in 2008 it was decided that the study of the evolution of landscape in the Western Plain of Catalonia would benefit from the inclusion of pollen analyses from an archaeological site nearby. At this point, new data supplied by an archaeological site would enable a better integration of human and palaeoenvironment interactions, being this one of the main issues of the HIDRAM 4000 project. Furthermore, the use of archaeopalynological data could help to determine the local or regional extent of the palaeoenvironmental changes observed at Ivars. Moreover, it may contribute to discuss the causes of environmental change.

Els Vilars d'Arbeca supplied archaeological sediments for archaeopalynological analyses. This site has a high relevance among the Iron Age dwellings in the Western Plain of Catalonia. Furthermore, archaeological works carried out in 2008 enabled the sampling of two sedimentary profiles within two hydraulic structures of the dwelling: the surrounding moat and the inner well (Junyent & Moya, 2011).

4.2.1 Ivars lake

Ivars lake

record	Ivars 3 (IV3)	Ivars 2 (IV2)
core depth	417 cm	380 cm
location	41° 40' 49" N 0° 56' 38" E	41° 40' 57" N 0° 56' 51" E
altitude	229 m asl	
lake surface	1700 × 600 m (87 ha) (currently)	



Fig. 55. Ivars lake as seen from the air after the re-filling process.

In 2004 sampling was performed at Ivars lake before the beginning of the re-filling operations (fig. 53). Drilling was performed until reddish non-lacustrine sediments were attained. Four sedimentary records were retrieved: cores 1 and 2 were obtained in the eastern part of the lake and cores 3 and 4 were obtained in the western part (fig. 56).

Records 2 and 3 were used for pollen, NPP and charcoal analysis. It was considered that the integration of both sequences, which are separated by a distance of 900 m, was suitable in order to obtain an overall sedimentary profile of the lake.

The upper 50 cm of core 3 and upper 25 cm of core 2 were discarded for analysis due to the presence of arable soil horizon, resulting from the farming activities performed after the lake dissection, which altered the sediments.



Fig. 56. Satellite image of the Ivars lake before re-filling. Dotted line shows the lake shore. Yellow points indicate the location of the drilling points.

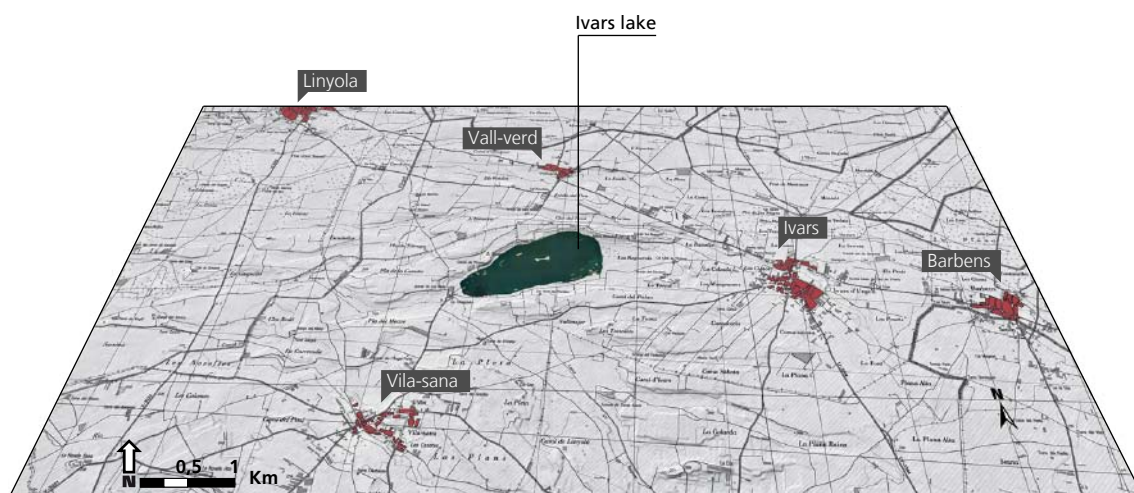


Fig. 57. 3D terrain model of the Ivars lake and the main villages around.

4.2.2 Els Vilars d'Arbeca

Els Vilars d'Arbeca Iberian Fortress

record	moat	well
core depth	171 cm	87 cm
location	41° 34' 7" N 0° 57' 14" E	41° 31' 7" N 0° 57' 14" E
altitude	302 m asl	



Fig. 58. The iberian fortress of Els Vilars d'Arbeca and surrounding moat.

In 2008 sediment samples were collected at the iberian fortress of Els Vilars (Arbeca, Lleida) by archaeologists of the University of Lleida (GIP-UdL). This archaeological site is located 12,5 km South of the Ivars Lake (fig. 24).

The sediment infilling the hydraulic structures of this archaeological site (vid. chap. 3.2.2.2) was considered to be of interest for pollen analysis, assuming that water within these structures could have enabled the suitable conditions for the preservation of pollen grains.

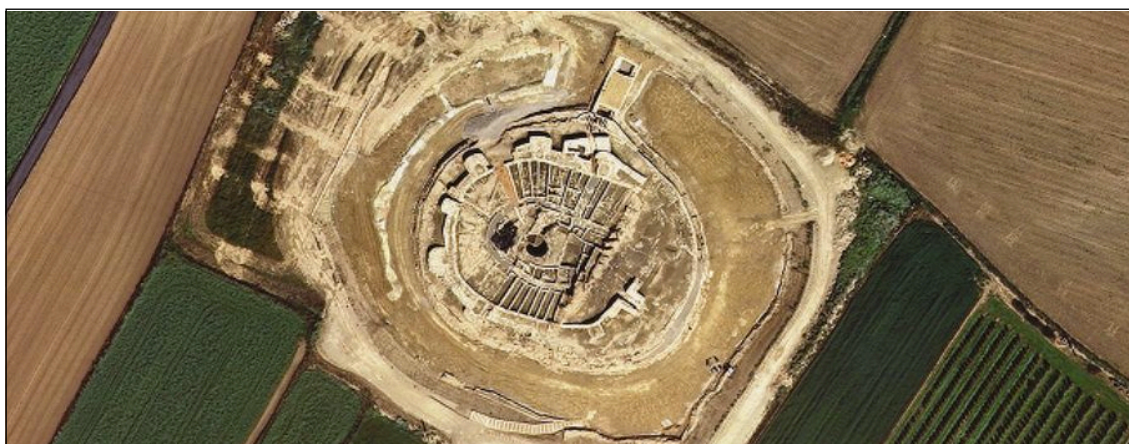


Fig. 59. Satellite photography of Els Vilars d'Arbeca iberian fortress and surrounding moat.



Fig. 60. Picture featuring a sedimentary profile from the excavation of the moat.



Fig. 61. Picture of the well during the excavation where samples were collected.

The presence of a water column in these structures of Vilars Iberian Fortress is strongly supported by evidences provided by the sediment excavated at the **moat** (fig. 60). Indeed, micromorphological analyses have identified non-oxidised layers and CaCO_3 precipitation traces (Poch *et al.*, 2010), suggesting that an aquatic environment occurred. corresponding to the occupation of the dwelling (Junyent & Moya, 2011). Two sedimentary columns were retrieved between 400 and 571 cm depth beneath the surface (fig. 62). The sediment features indicate that water conditions existed at this depth.

Another 81 cm long column was obtained from the inner sediment of the **well** (fig. 61). Sediment was collected between 408 and 500 cm depth beneath the surface (fig. 63).

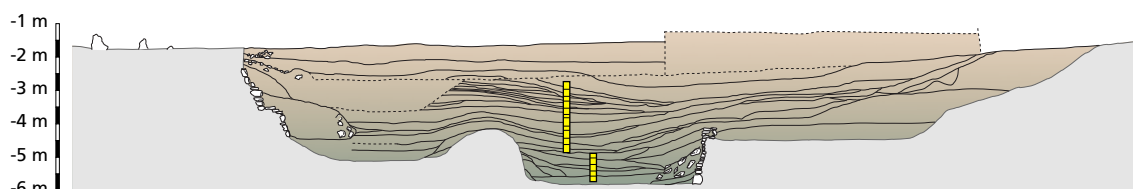


Fig. 62. Archaeological stratigraphy of Els Vialrs moat. Yellow boxes indicate the location of the sampled profiles. (figure re-drawn from the GIP-UdL on-site plans).

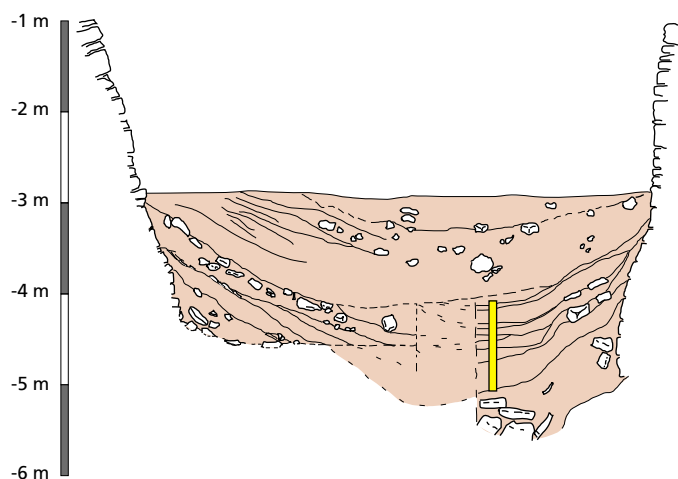


Fig. 63. Archaeological stratigraphy of the well. The yellow box indicates the location of the sample profile. (figure re-drawn from the GIP-UdL on-site plans)

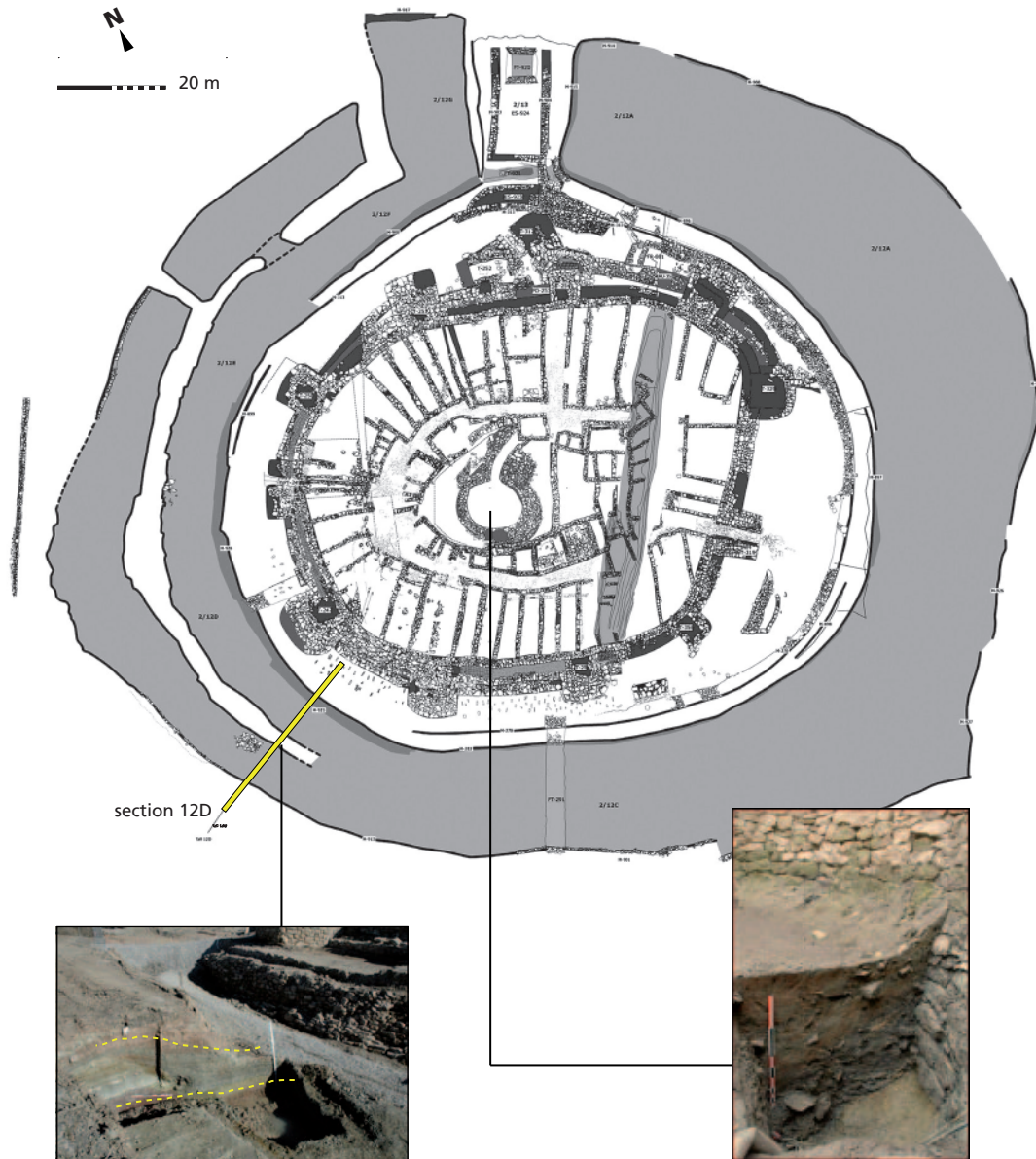


Fig. 64. General planimetry of Els Vilars archaeological site featuring the sampling points. Down on the left, a profile of the moat sediment can be observed. Notice the dotted line showing the bottom and upper limits of the non-oxidized sediments, corresponding to the water level. On the right, the sampled profile from the excavated well.

5. Results

5.1 Somolinos α

Lithological description

The 175 cm thick sediment core of Somolinos α records a marl sediment characterised by a soft texture due to the mixture of calcite micrite and sandy bioclasts. These sediments are pale brown in colour when they are saturated in water, but evolves to a hard white limestone when dry. The occurrence of bioclasts accumulations (mainly charophyte rhizoids, ostracods and molluscs) provides a diffuse textural lamination.

According to the presence of bioclasts and lamination, the following levels have been identified from the top to the bottom:

- lithozone 5:** Massive bioclastic marl containing abundant remains of charophytes, gastropods, and ostracods. At 15 cm depth, a greyish layer of 0.8 cm in thickness shows a high concentration of bioclasts. (0 – 25 cm depth)
- lithozone 4:** Brownish sandy marls with occasional greyish diffuse laminae at 40, 46, and 55 cm depth. (25 – 56 cm depth)
- lithozone 3:** Massive brown marl (56 – 92 cm depth)
- lithozone 2:** Laminated marls showing the alternancy of grey and brown laminae. (92 – 115 cm depth)
- lithozone 1:** Massive brownish marls with sandy bioclastic layers at 138, 141, and 145 cm depth. (115 – 175 cm depth)



Fig. 65 The Somolinos α sedimentary record. The top is on the left.

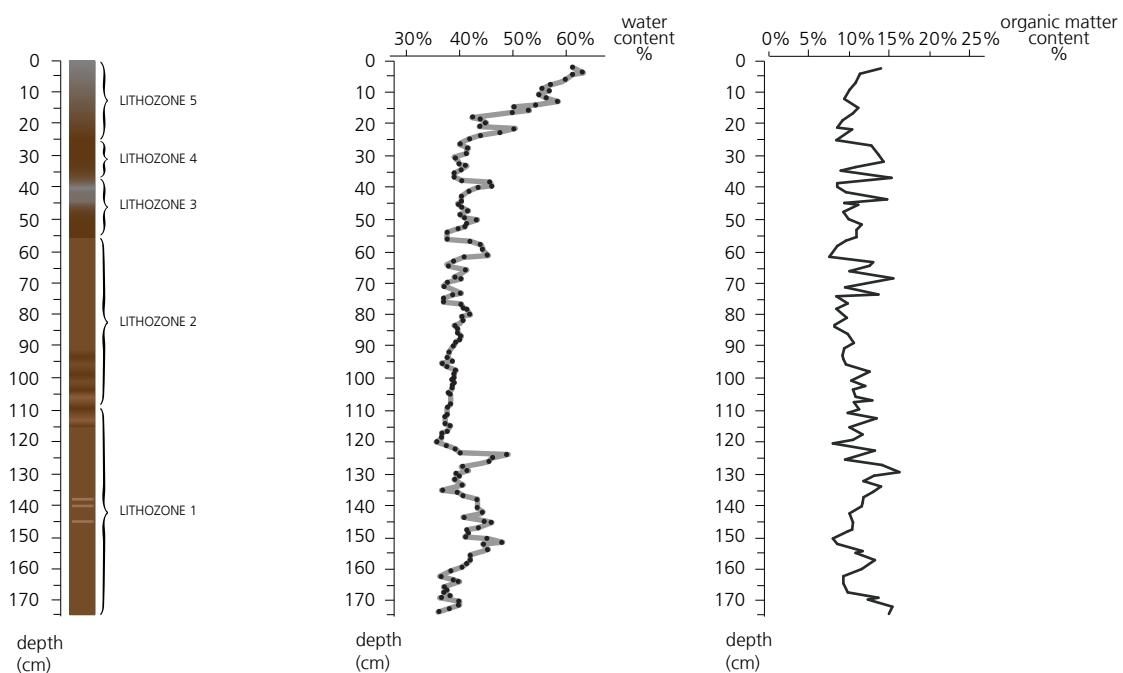


Fig. 66 Lithological units, water content and organic matter values at Somolinos α sequence.

Age-depth model

One radiocarbon date was obtained from the Som- α record, featuring in the table 1. Table 2 displays the results of the ^{210}Pb and ^{137}Cs measurement activity of the upper 37 cm of the sedimentary profile.

core	depth (cm)	lab. ref	dated material	conventional age(^{14}C yr. BP)	calibrated age (2σ)	mean age values (BC/AD)	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$
Som- α	152 - 155	Poz-18769	charcoal	255 ± 55	1620 - 1675	1647 ± 27	not calculated

Table 1 AMS radiocarbon dates at Somolinos α record. This date has been calibrated using CALIB 6.0 software (Reimer *et al.*, 2009).

core	depth (cm)	sample weight (g)	^{210}Pb activity ($\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$)	^{210}Pb minimum detected activity	^{137}Cs activity ($\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$)	^{137}Cs minimum detected activity
Som- α	0 - 1	8,5	0,11	0,03	0,006	0,002
Som- α	4 - 5	5,2	0,07	0,03	0,005	0,003
Som- α	8 - 9	8,3	0,05	0,02	0,003	0,002
Som- α	12 - 13	10,5	0,05	0,02	0,006	0,001
Som- α	16 - 17	10,5	0,06	0,02	0,018	0,001
Som- α	20 - 21	15,4	0,05	0,01	0,02	0,002
Som- α	24 - 25	18,4	0,045	0,013	0,0047	0,0008
Som- α	28 - 29	23,9	0,041	0,01	0,0014	0,0003
Som- α	32 - 33	26,7	0,038	0,009	0,0005	0,0002
Som- α	36 - 37	23,1	0,045	0,011	0	0

Table 2 ^{137}Cs and ^{210}Pb activity measurement in the upper 37 cm of Somolinos α record.

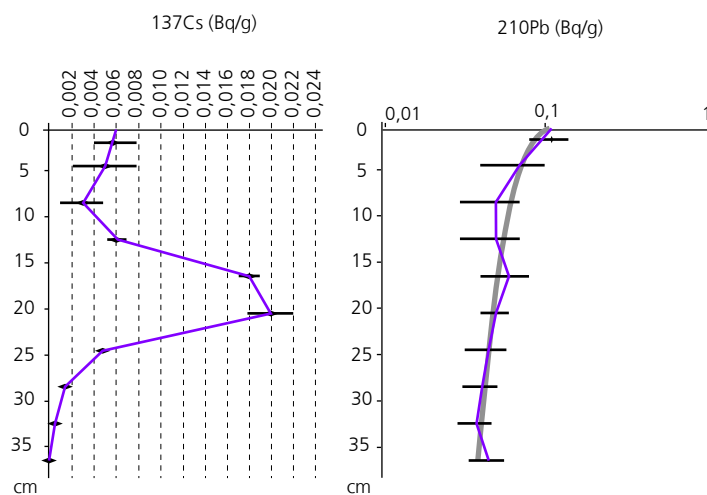


Fig. 61 On the left, ^{137}Cs activity shows two peaks at 17 and 21 cm depth, which correspond to the nuclear weapons test performed between 1950 and 1963. On the right, ^{210}Pb activity is recorded as a constant background signal with no chronological significance.

In addition, measurement of Cu (ppm) in the record provided additional information in order to corroborate the chronology of the record based on radio-measurements. Results of the geochemical analyses performed at the Jaume Almera Institute of Earth Sciences-CSIC (Barcelona) evidence one peak of Cu content (ppm) at 45 cm depth (Currás *et al.*, 2008). This peak is likely the result of the construction of the Somolinos hydroelectric power station in 1905 (Flores y Abejas, 1905), located just a few meters away from the lake .

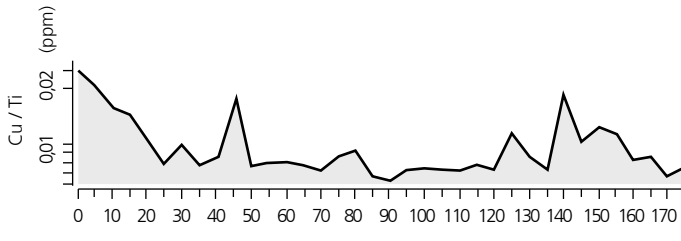


Fig. 62 Cu content at Somolinos α sequence. Notice the peak at 45 cm depth which could be correlated with the onset of the local power station.

Cal. yr

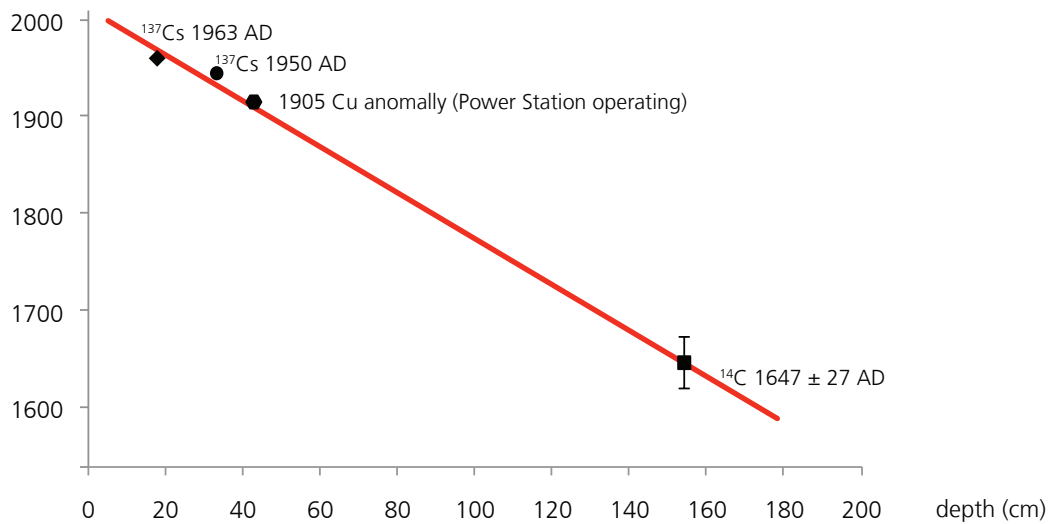


Fig. 63. Age-depth model for Somolinos α sequence constructed using one calibrated ^{14}C date, ^{137}Cs measurements and corroborated by the Cu anomaly.

Age-depth model was obtained by plotting these dates together against depth using a linear regression model (fig. 63). Results at Som- α support continuous sedimentation rate and covers a timespan of ca. 400 yr. from ca. 1600 cal AD to present time between 174 and the top of the core (table 3).

depth (cm)	yr. per sample	yr. between samples
0 – 154	2,41	<21

Table 3. Sedimentation rate at Somolinos α sequence.

Regarding the chronological model (fig. 63) and the resulting sedimentation rate of 4,15 mm/yr., sampling was carried out each 10 cm between 45 and 174 cm depth (21 yr. between samples) and each 5 cm between 1 and 45 cm depth (4,61 yr. between samples) at Som- α , assuming high temporal resolution scopes and intervals between samples (table 3).

Pollen results

Zone $S\alpha$ -IV

174-168 cm depth (ca. 1596 AD-1612 AD cal)

This zone comprises two samples at the bottom of the sequence. They are characterised by *Pinus* getting the highest values (circa 60%) among the tree taxa in the whole record. Shrub pollen values of Ericaceae and *Juniperus* are also noticeable, while herbs and other human-related plants remain scarcely represented.

Coprophilous fungi are reported by the presence of *Sporormiella*, *Sordaria*, *Delitschia*, *Chaetomium* and *Coniochaeta*.

Zone $S\alpha$ -III

168-122 cm depth (ca. 1611 AD-1726 AD cal)

This zone is characterised by a decline in pine values down below 40%. Herbs show an increase, mostly led by Poaceae (circa 40%). As long as shrubs do not show any particular variation, increases are reported in crops (*Cerealia*, *Secale*, *Castanea*, *Vitis* and *Juglans*) and apophytic taxa. The expanding trend becomes remarkable at *Cerealia* (circa 10%), attaining its maximum values and keeping consistent throughout this zone. Oscillating values of *Olea* are reported now and will become constant along the whole profile. Among the apophytes, *Plantago lanceolata*-t is the most recorded taxon.

An increase in most coprophilous fungal spores is recorded, being *Sporormiella* among the most noticeable ones. *Glomus* spores become more frequent through this zone.

Zone $S\alpha$ -II

122-53 cm depth (ca. 1726 AD-1900 AD cal)

This zone records a recovery of tree and shrub pollen values. Percentages of pine attain 50%, in coincidence with *Juniperus* and Cistaceae increases in some samples. A retreat in Poaceae is observed along this unit, with values going below 15%. A slight decrease in *Cerealia* percentages is furthermore observed, likewise noticed for the rest of the cultivated taxa, such as *Castanea*. Values of apophytes also decline, particularly *Plantago lanceolata*-t. Nevertheless, the occurrence of *Polygonum aviculare*-t and *Sanguisorba minor*-t should be noted.

Sporormiella values record a high increase throughout this zone, and reaches its maximum values between 60-50 cm depth. Other coprophilous fungi such as *Sordaria* and *Coniochaeta* are also well documented now. *Glomus*, *Gelasinospora* and *Botryococcus* presence and a sharp peak of *Endophragmiella* is furthermore observed.

Zone S α -I

53-1 cm depth (ca. 1900 AD cal -present-time)

This zone comprises the uppermost samples of the sedimentary profile, where a new decay in *Pinus* pollen occurs, rather depicting an irregular trend with short increasing episodes between at 20 and 30 cm depth. However, other tree taxa such as *Quercus* and particularly *Salix*, and shrub taxa such as Cistaceae and Ericaceae, increase but record irregular values near 10%. The last three samples record a significant raise of *Salix*. No significant changes are observed in Poaceae values, except for the uppermost samples (10 cm depth) where this taxon increases up to 20%. However, an increase among other herbaceous taxa (Apiaceae, Crassulaceae, Scrophulariaceae, Fabaceae and Lamiaceae) is witnessed along this pollen zone. Furthermore, Cyperaceae values expand.

Some minor changes in human related plants are recorded. Whereas Cerealia reports a slight increase, together with *Castanea*, *Vitis* and *Juglans*, a noticeable increase of *Papaver* is also evidenced along this zone. *Olea* records oscillating values along this zone, similar to the general trend observed along the whole pollen sequence. The remaining apophytic taxa follows a similar trend, with moderate increases of *Plantago lanceolata*-t and *Rumex acetosella*-t. Furthermore, a slight increase in Brassicaceae is recorded.

All the coprophilous fungal spores decrease along this zone. However, *Glomus* is still reported and the type 16 HdV increases briefly in these uppermost samples.

diagrama 1.

SOMOLINOS α
pollen and NPP
pollen diagram (%)

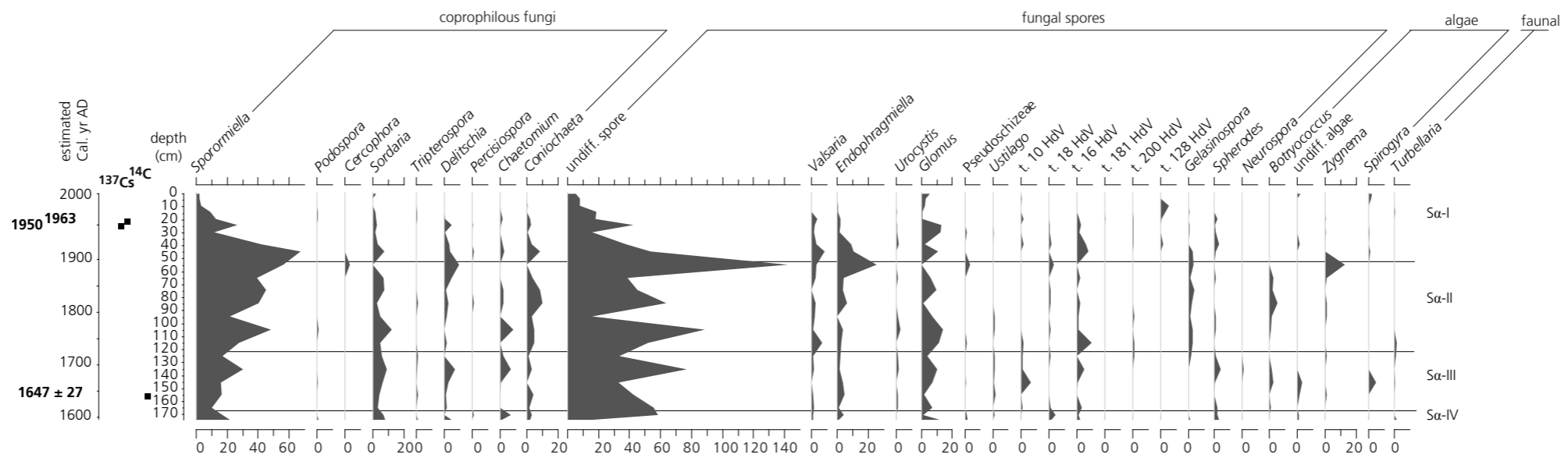
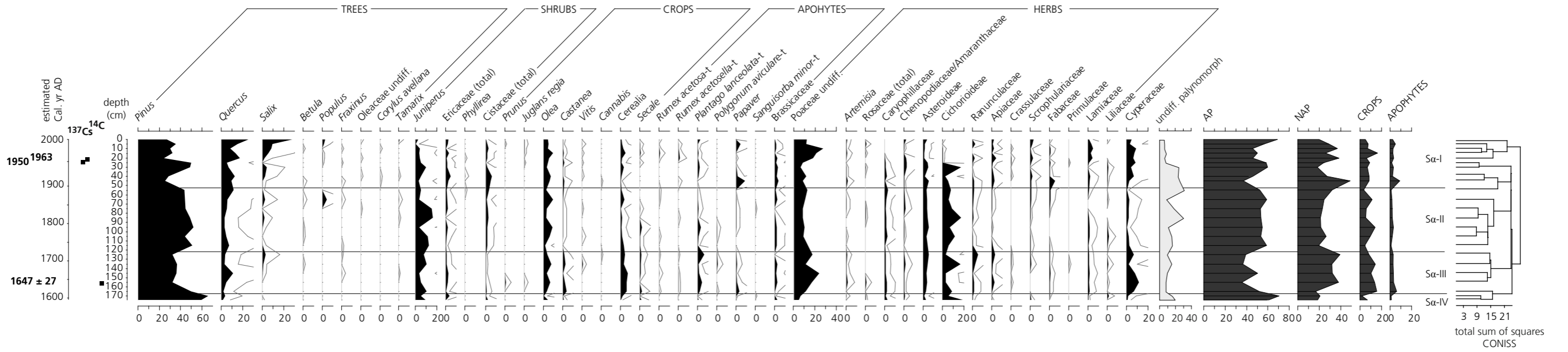
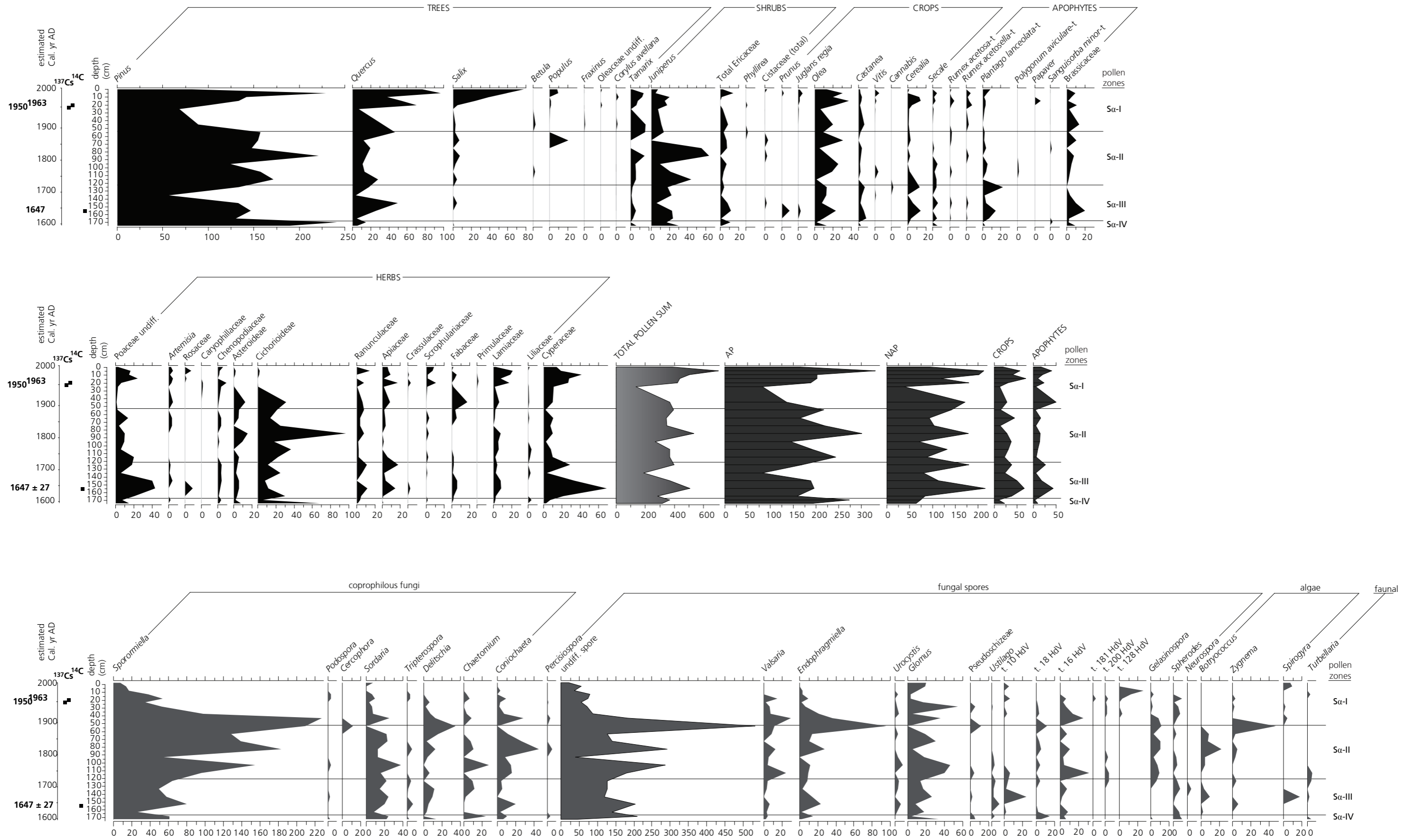


diagrama 2.

SOMOLINOS α
concentration diagram of pollen and NPP
 (grains \times 100/g)

obvs: notice that several scales have been modified
 so graphs may fit into page.



5.2 Somolinos PAS

Lithological description

Somolinos PAS sedimentary record is highly homogeneous, being dominated by white to brown marl, interspersed with rare thin greyish bands. The sediment texture is a fine to coarse-grained carbonate sand (fig. 64). The upper 47 cm of the sequence were discarded for palaeoenvironmental analyses because they corresponded to an arable soil highly altered by agricultural activities.



Fig. 64 Somolinos PAS sedimentary record. The upper part corresponds to the top right and the bottom part to the left.

Five main lithological units were differentiated at Somolinos PAS sedimentary record:

- lithozone 5:** Arable soil (rejected for palaeoenvironmental analysis).
(0 – 55 cm depth)
- lithozone 4:** Higher presence of siliciclastic content and highest content in organic matter.
(55 – 120 cm depth)
- lithozone 3:** Low siliciclastic contribution and a progressive increase in organic matter content.
(80 – 120 cm depth)
- lithozone 2:** Marl lake sediment showing an increase in siliciclastic minerals and organic matter content.
(120 – 237 cm depth)
- lithozone 1:** Marl lake sediment evidencing calcite materials and very low siliciclastic and organic matter content. Between 305 and 308 cm depth a layer with higher siliciclastic content is observed.
(237 – 380 cm depth)

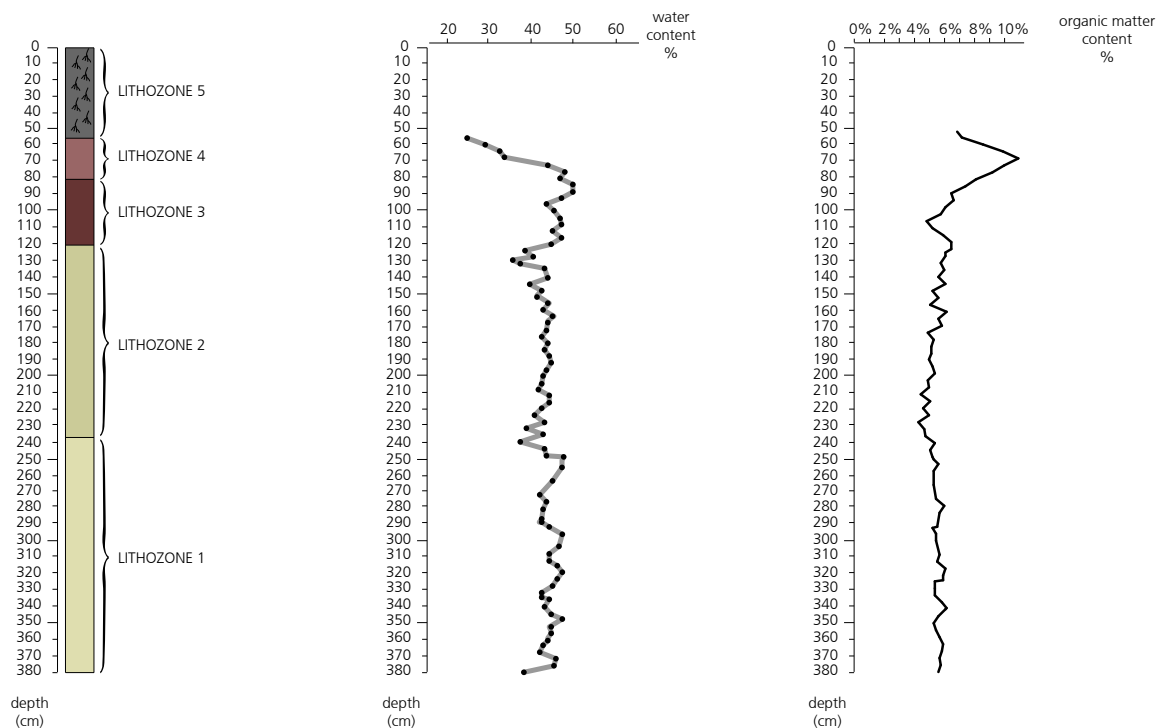


Fig. 65 Lithological units, water content and organic matter values of Somolinos PAS record.

Depth-age model

Four radiocarbon dates were obtained from Somolinos PAS sequence, featuring in table 4.

core	depth (cm)	lab. ref	dated material	conventional yr. BP	calibrated age (2 σ)	mean age (BC/AD)	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$
SomPAS	64 - 65	Poz-22049	peat	1385 \pm 30	605-675 AD	640 \pm 35 AD	not measured
SomPAS	83 - 84	Poz-22033	plant remains	1525 \pm 30	503-604 AD	553 \pm 50 AD	not measured
SomPAS	258 - 260	Beta-238933	charcoal & pollen	2190 \pm 40	383-164 BC	273 \pm 109 BC	-35.4 o/oo
SomPAS	298 - 300	Beta-238934	charcoal & pollen	2410 \pm 40	593-396 BC	494 \pm 98 BC	insufficient sample

Table 4. AMS radiocarbon dates at Somolinos PAS record. Dates have been calibrated using CALIB 6.0 software (Reimer *et al.*, 2009).

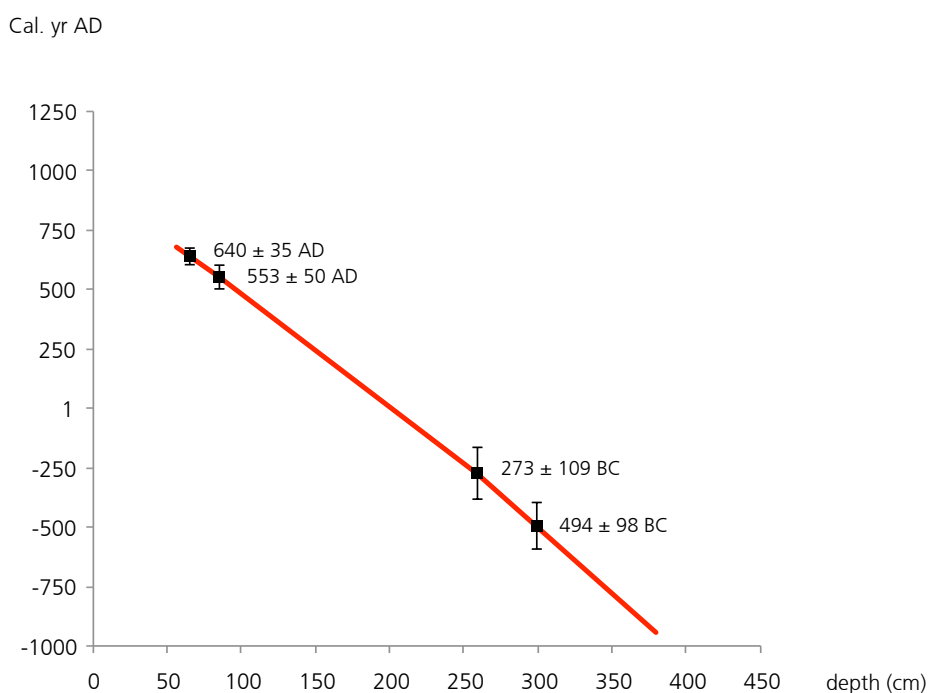


Fig 66. Age-depth model for Somolinos PAS sequence constructed with calibrated ^{14}C dates.

Age-depth model was obtained by plotting calibrated radiocarbon dates against depth using linear interpolation between adjacent pairs of dates (fig. 66). Radiocarbon results at Somolinos PAS support continuous sedimentation along the sequence and covers a timespan of ca. 1600 years from ca. 870 cal BC to 715 cal AD between 384 and 50 cm depth.

depth (cm)	yr. per sample	yr. between samples
66 – 84	5,15	15,45
85 – 259	4,72	14,16
260 – 299	4,95	14,85

Table 5. Sedimentation rate calculation at Somolinos PAS sequence.

Regarding the chronological model (fig. 66) and the resulting sedimentation rate ranging from 2,29 and 1,8 mm/yr., sampling strategy was carried out every 4 cm at Somolinos PAS sequence, assuming high temporal resolution scopes and intervals between samples, featuring on table 5.

Pollen, NPP and charcoal results

Zone SP-I

380-215 cm depth (ca. 940 CB - 65 BC cal)

In this zone the most stable pollen values of the sequence are recorded. Tree values distinctly dominate while shrubs and herbs evidence low percentages. Three distinct sub-zones are identified along this zone:

- lower sub-zone **SP-Ia** (380 - 312 cm), showing the highest arboreal values, with *Pinus* and *Quercus* recording slight variations coeval with minor increases in apophytes, such as *Plantago lanceolata*-t and *Rumex*.
- middle sub-zone **SP-Ib** (312 - 240 cm) shows an increase in Poaceae, other herbs (*Artemisia* and Caryophyllaceae) and Cyperaceae, synchronous with more oscillating values of tree taxa and higher values of *Juniperus*. Cerealia is present between 290 and 270 cm depth, after which higher values of Ericaceae, *Glomus* and *Pediastrum* are witnessed. Macrocharcoal peaks become more frequent.
- An upper sub-zone **SP-Ic** (240 - 215 cm), where *Pinus* partially recovers while *Juniperus*, Poaceae, apophytes such as *Plantago lanceolata*-t, and Cyperaceae retreat. Cerealia is present again, together with the presence of coprophilous fungal spores (*Sporormiella* and *Sordaria*) and an increase in *Pediastrum*. Charcoal peaks reduce.

Zone SP-II

215-122 cm depth (ca. 65 BC - 375 AD cal)

In this zone herbs and shrubs replace trees as the dominant taxa. High values of anthropogenic taxa also characterise this zone, together with an increase of aquatic pollen taxa. Two sub-zones are recognised:

-A lower sub-zone **SP-IIa** (215 - 166 cm), where a sharp retreat of *Pinus* is observed at the very beginning. *Quercus* also decreases. This woodland reduction is coeval with the spread of shrubs (Cistaceae, *Juniperus* and Ericaceae) and most of the herbs, such as Poaceae and *Artemisia*. Human activities are witnessed by the increase of Cerealia and *Secale*, *Olea*, *Castanea*, *Plantago lanceolata*-t, *Polygonum aviculare*-t together with dung-related taxa. This becomes particularly evident since 190 cm depth, with the spread of *Rumex acetosa*-t, *Rumex acetosella*-t, and *Sanguisorba minor*-t. Increased soil erosion (*Glomus*) and lake eutrophication signs (Tecamoebae, *Pediastrum* and *Zygnema*) are reported now.

-An upper sub-zone **SP-IIb** (166 - 122 cm), characterised by a further retreat of *Pinus*, followed by a slight reduction of *Juniperus* and an increase of shrubs such as Cistaceae and Ericaceae. Herbs are reinforced by the increase in *Lamiaceae* and *Apiaceae*, while human-related taxa, such as Cerealia and *Secale*, reach their highest values at 130 cm depth. In addition, a significant peak of coprophilous *Sporormiella* is reported at this sub-zone.

Zone SP-III

122-55 cm depth (ca. 375 AD - 681 AD cal)

This zone records several changes in the tree pollen values, but is mainly characterised by decay in the palynological evidences of agriculture as well as for the presence of pollen signs of transition from the local conditions. Thus, oscillating values of aquatic taxa are reported throughout this zone. Two sub-zone are distinguished:

-A lower sub-zone **SP-IIIa** (122 - 80 cm), where *Pinus* attains its lowest values along the sequence and *Quercus* recovers. Poaceae increases, but many other herbs decrease, a trend also followed by Cerealia and most of the human-related taxa, such as *Artemisia*, *Asterioideae* and *Cichorioideae*. This decrease is also shared by dung-related and soil erosion spores. Evidences of *Pediastrum* are still noticed.

-An upper sub-zone **SP-IIIb** (80 - 55 cm), characterised by the reduction of *Quercus ilex*-t and spread of *Pinus*, a trend which is also followed by *Juniperus*. Signs of cultivation are still reported by an increase in *Castanea* pollen, whereas

apophytes decay. A peak of *Sporormiella* is also reported. The uppermost raise of Cichorioideae reveal the onset of a soil status. Evidences of charcoal peaks become frequent.

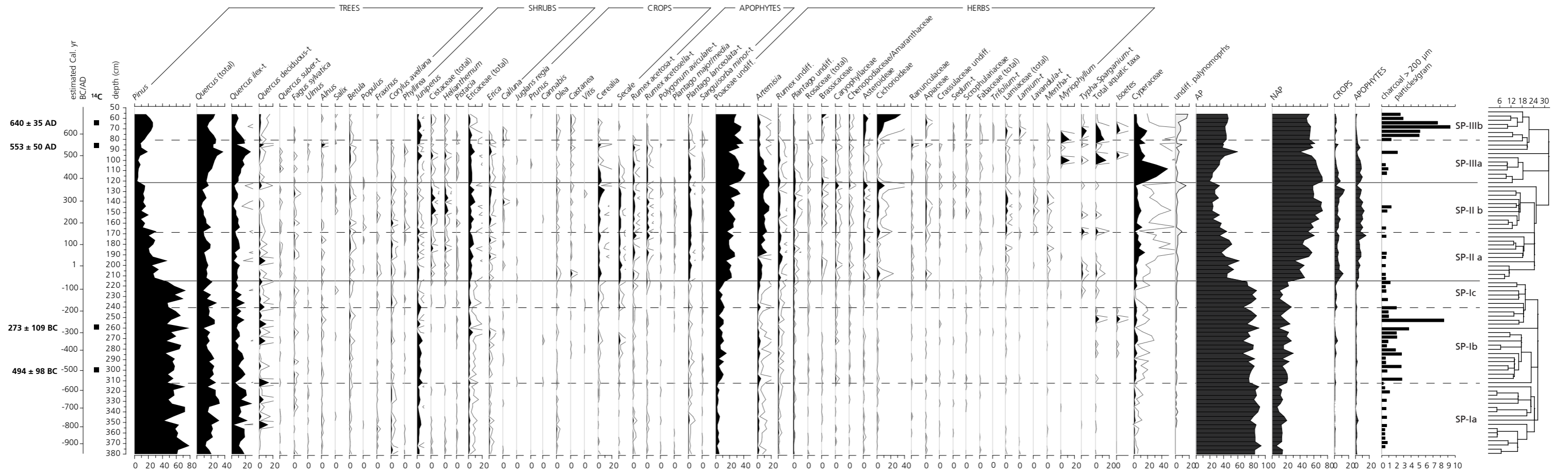


diagrama 3.
SOMOLINOS PAS
pollen and NPP
percentage diagrams (%)

— exaggeration line 5X

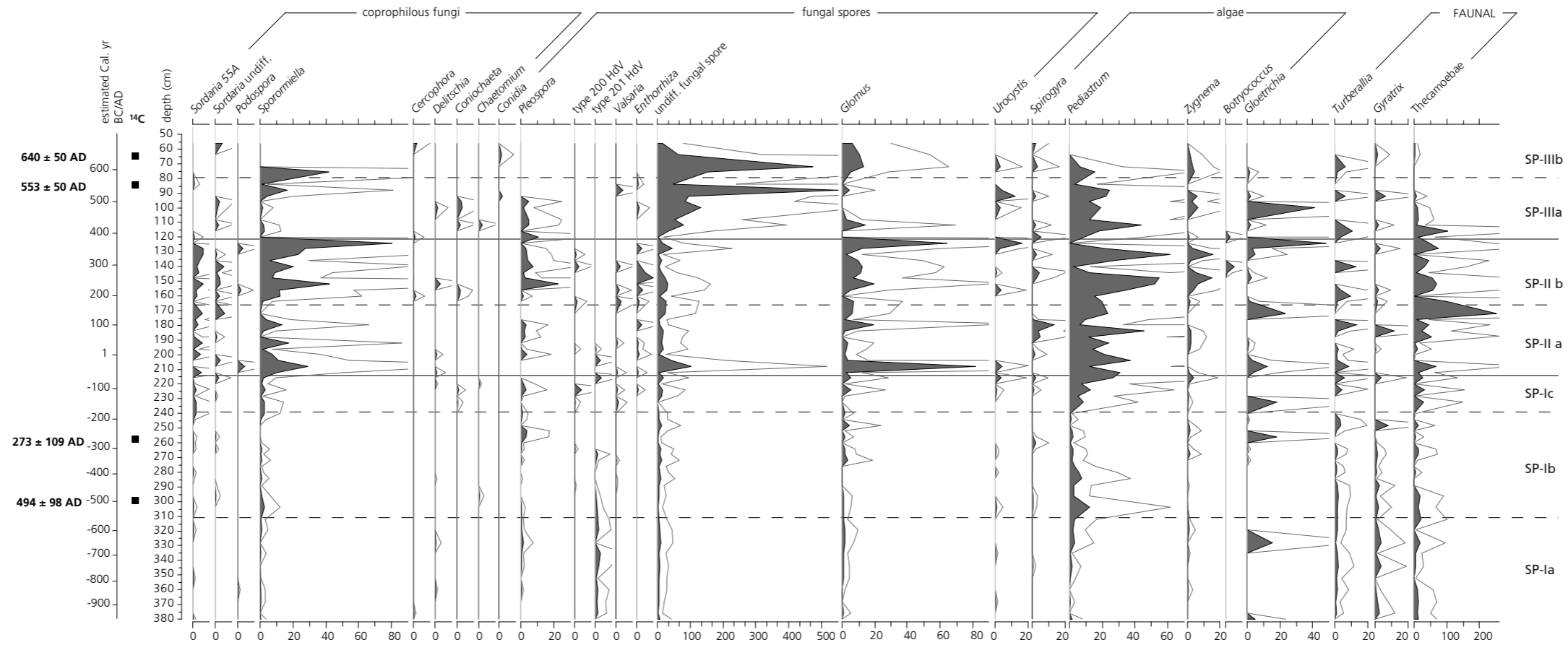
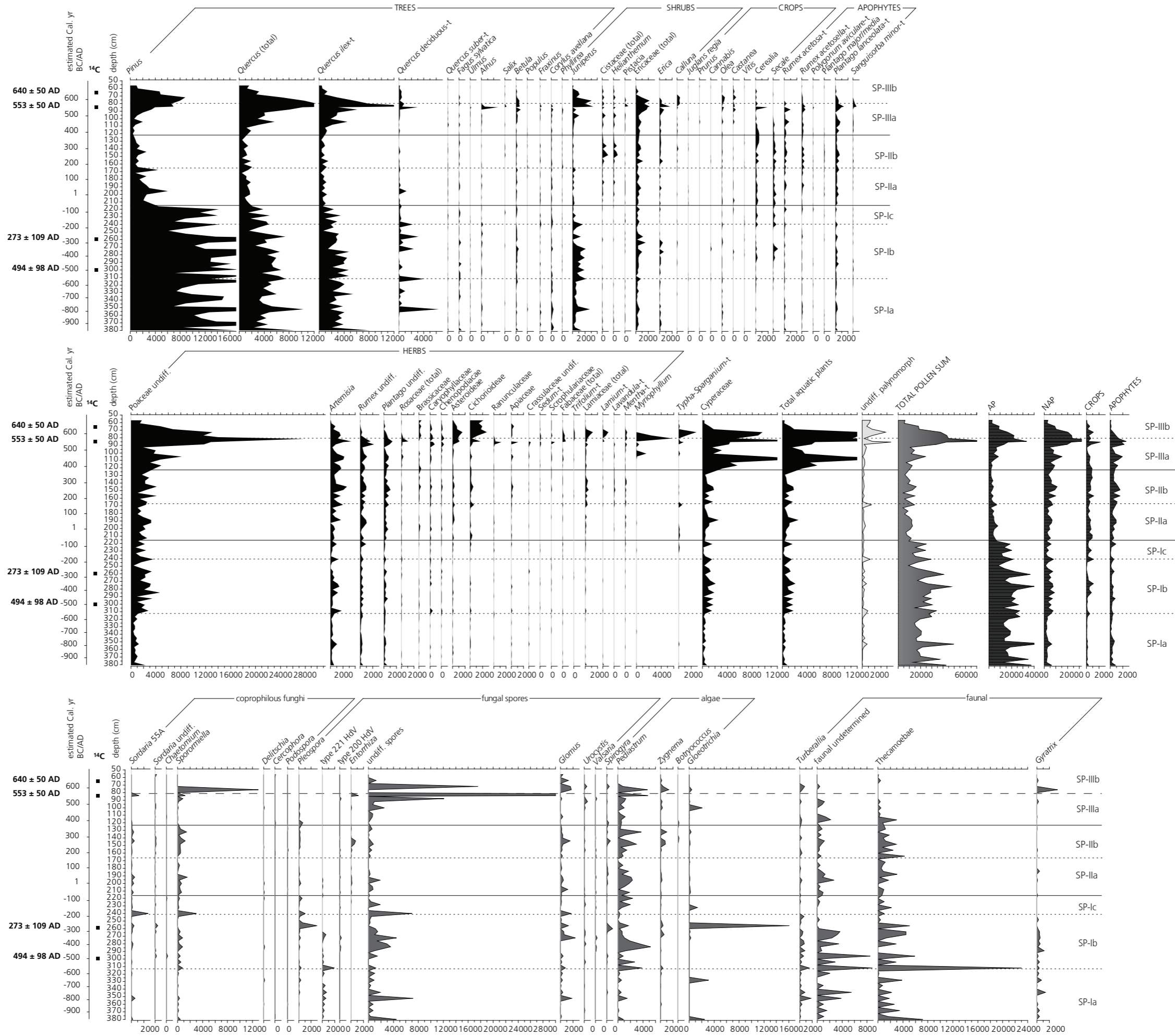


diagrama 4.

SOMOLINOS PAS
pollen and NPP
concentration
diagram (grains / gram)

obs: notice that several scales have been modified so graphs may fit into page



5.3 Cañamares

Lithological description

Cañamares record is formed by an heterogeneous organic sediment with higher content of silt at the bottom, while less compact facies and a more vegetal content is noticed at the upper layers.



Fig. 67 The Cañamares sequence. The top of the sequence can be seen on the right-top, and the bottom is shown on the bottom-left.

Ten lithological units are identified at Cañamares record:

- lithozone 10:** uncompact sediment showing brownish fibers of moss and presence of leaves. (0-10 cm depth)
- lithozone 9:** uncompact dark peat with presence of Cyperaceae fibers and wood fragments. (10-20 cm depth)
- lithozone 8:** light brownish peat with higher lime content. Roots and *Sphagnum* leaves are present. (20-30 cm depth)
- lithozone 7:** silty peat with high content of decayed vegetal debris. (30-38 cm depth)
- lithozone 6:** dark brown peat with low silt content. (38-50 cm depth)
- lithozone 5:** dark brown peat with higher silt content. (50-85 cm depth)
- lithozone 4:** organic peat with low silt content. (85-91 cm depth)
- lithozone 3:** organic peat with silt content. (91-150 cm depth)
- lithozone 2:** organic peat with higher silt content at the bottom. Some gravels are observed at 184 cm depth. (150-195 cm depth)
- lithozone 1:** Peat with silt content and some fiber remains. At 211 cm depth, a mineralised organic layer is witnessed. Below 214 cm, the presence of pale brown limes are reported, with the occurrence of clastic material at 224 cm depth. (195-250 cm depth)

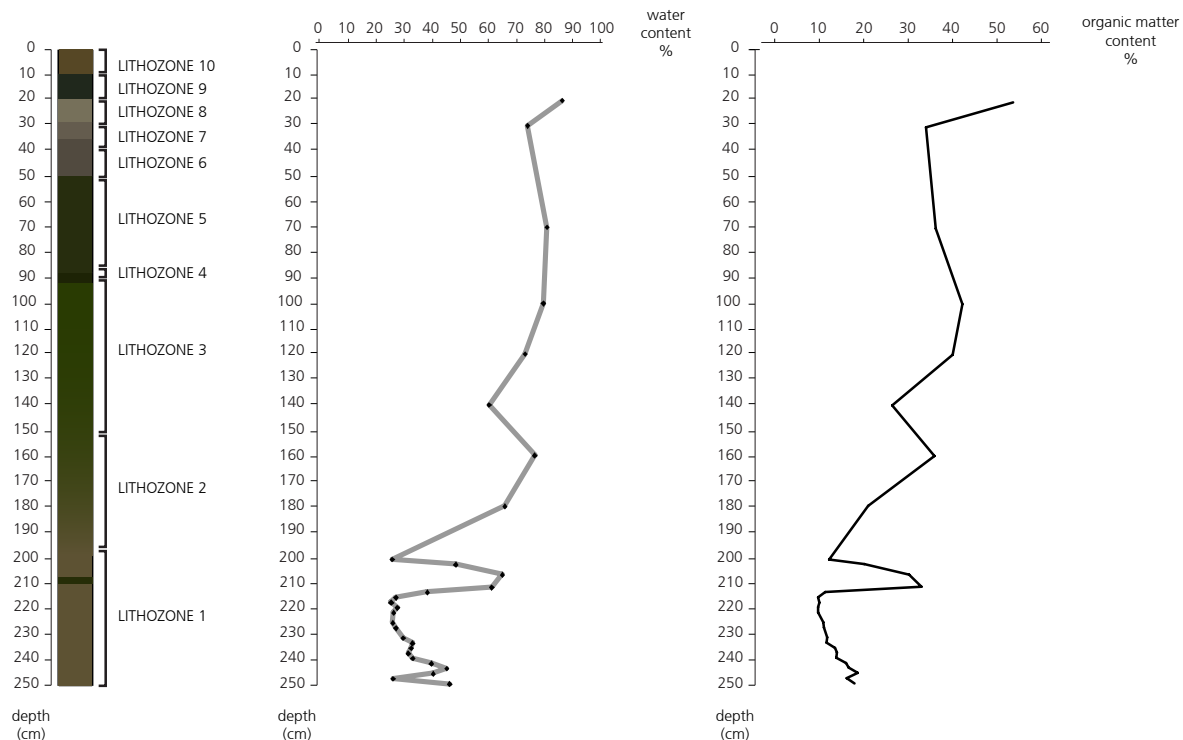


Fig. 68 Lithological units, water content and organic matter values at Cañamares record.

Depth-age model

Four radiocarbon dates were obtained from Cañamares record, featuring in table 6.

core	depth (cm)	lab. ref	dated material	conventional yr. BP	calibrated age (2 σ)	mean age (BC/AD)	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$
CNM	40	beta 253827	peat	90 \pm 40	1818-1782 AD	1860 \pm 68 AD	-24,6 o/oo
CNM	114	beta 253828	peat	410 \pm 40	1611-1407 AD	1529 \pm 102 AD	-24,6 o/oo
CNM	210	beta 253829	peat	630 \pm 40	688-572 AD	1343 \pm 58 AD	-26,7 o/oo
CNM	249	beta 257448	peat	1590 \pm 40	561-393 AD	477 \pm 84 AD	insufficient

Table 6 AMS radiocarbon dates at Cañamares record. Dates have been calibrated using CALIB 6.0 software (Reimer *et al.*, 2009).

Age-depth model has been built plotting these four dates together against depth using linear interpolation between adjacent pairs of dates (fig. 69). Radiocarbon results at Cañamares support continuous sedimentation from ca. 450 cal AD to present time from 250 to 10 cm depth.

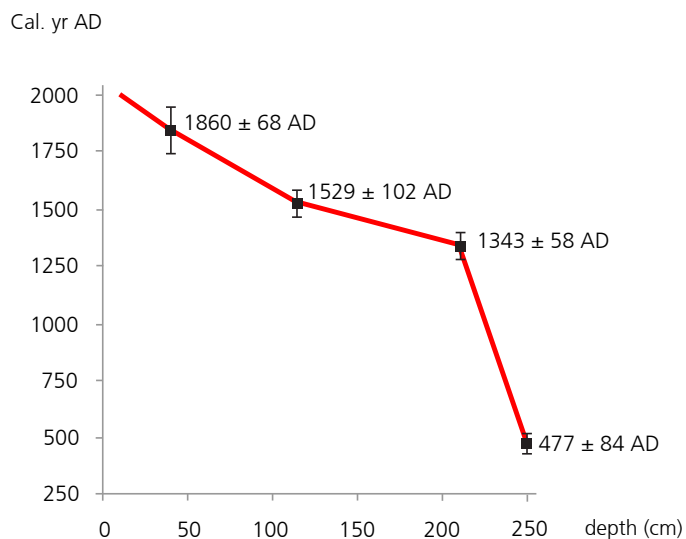


Fig 69 Age-depth model for Cañamares record constructed with calibrated ^{14}C dates.

depth	yr. per sample	yr. between samples
20 - 40	5,26	47,34
40 - 114	4,33	82,27
114 - 210	1,9	38
210 - 250	22,2	22,2

Table 7 Sedimentation rate calculation at Cañamares record.

Regarding the chronological model (fig. 69), sedimentation rate changes along the sequence, ranging from 2 mm/yr. to 51 mm/yr. (table 7). Therefore, sampling strategy has been adapted to the variations in the sedimentation rate, so that similar temporal resolution scopes were obtained between samples. Therefore, samples were analysed each 10 cm between 20-40 cm depth, each 20 cm between 40-210 cm depth and each 2 cm between 210-250 cm depth.

Pollen, NPP and charcoal results.

Zone CNM-I

250 – 214 cm depth (ca. 454 AD – 1254 AD cal)

In this pollen zone low values of tree taxa such as *Pinus* and *Quercus* (both ca. 5%) are recorded. Other trees such as *Salix*, *Fraxinus*, *Corylus* and *Betula* are also reported, but generally record lesser values. A reduced but constant presence of Ericaceae and Cistaceae shrubs are furthermore witnessed. Herbs dominate pollen percentages throughout this zone (ca. 70%), with a noticeable presence of Asteraceae, Cichorioideae, Artemisia and Poaceae, which attains near 50%. However, Poaceae exhibits a deep drop at 215 cm depth.

Close to the upper limit of this pollen zone, between 222 and 214 cm depth, a marked increase in *Artemisia* and Apiaceae values is witnessed. At this depth, a Cyperaceae raise is also observed.

Apophytic taxa record significant values along this zone, as can be observed for *Plantago lanceolata*-t and for *Centaurea solstitialis*-t, particularly relevant between 250 and 236 cm depth. Furthermore, evidences of *Rumex* and *Polygonum aviculare*-t are witnessed. Cultivated plants, however, do not record high values through this zone, even though a constant presence of Ceralia is witnessed and pollen of *Olea* and *Castanea* is occasionally observed. Nevertheless, Ceralia becomes slightly more represented upwards.

Some coprophilous fungal spores such as *Tripterospora*, *Sporormiella* and *Sordaria* are present at this zone, but generally recording low values and decreasing above 230 cm.

Macro-charcoal remains are continuously recorded through this pollen zone, showing a high peak at the lowest sample (250 cm depth).

Zone CNM-II

214 – 20 cm depth (ca. 1254 AD cal – present time)

This pollen zone is characterised by changes in the relationship between arboreal and non-arboreal pollen values, as well as by the overall increase of several anthropogenic pollen indicators. Charcoal evidences are scarce through this zone, even though the occurrence of these particles at the lower zone is noticed. Two sub-zones are distinguished, considering the extent of these changes:

- a lower sub-zone **CNM-IIa** [214 – 119 cm] which records the spread of main tree pollen taxa, rating up to 20%. This increase is firstly recorded on deciduous *Quercus* type, but the total tree recovery consolidates between 180 and 119 cm,

when increases are also observed in *Pinus* and *Quercus ilex*-t. A sharp decay of *Salix* is witnessed, while shrub such as Ericaceae attain more stable percentages.

This sub-zone records a retreat of herbs such as Apiaceae, *Artemisia*, Asteraceae and Cyperaceae. However, a general increase of apophytes is recorded, particularly by *Rumex acetosa*-t. Furthermore, several pollen types of *Plantago* genus are noticed at 170 cm depth. Poaceae pollen values decline below 30%, though an isolated peak is noticed at 160 cm depth. Pollen of Cerealia is recorded to a lesser extent than in the previous zone. However, other cultivated taxa such as *Secale*, *Cannabis*, *Vicia*-t, *Castanea*, and *Olea*, are now present. Coprophilous fungi, mainly *Sporormiella*, *Tripterospora*, sordariaceous types and *Podospora*, increase from 119 cm depth. A slight occurrence of *Zygnema* algae is also observed through this sub-zone.

- an upper sub-zone **CNM-IIb** [119 – 20 cm], which is characterised by a retreat of arboreal pollen that can be first noticed at *Pinus* and further at *Quercus*. This drop of tree pollen taxa is coeval with the rise of shrubs, particularly of Cistaceae, which attains values near 10%. From 70 cm depth upwards, an increase of *Juniperus* values is furthermore observed. Fabaceae also grows through this sub-zone.

Poaceae shows a slight increasing trend, but keeps below stable values of 40% throughout this zone. Other herbs, such as Chenopodiaceae/Amaranthaceae, Cichorioideae, Caryophyllaceae and Lamiaceae increase upwards. This is coeval with the rise of apophytic taxa, such as *Centaurea solstitialis*-t, *Papaver* and *Cirsium*-t. However, a significant drop of *Plantago lanceolata*-t is witnessed in this sub-zone, attaining now the lowest values (circa 7%) of the pollen sequence.

A marked rise of the coprophilous fungal spores is recorded in this sub-zone, becoming specially relevant at *Sporormiella* values. In addition, more diverse NPP are noticed in this sub-zone, being now documented the types 123 HdV, 9 HdV, 65 HdV, *Percisiospora* and *Entorrhiza*.

diagrama 5.

CAÑAMARES
pollen and NPP
percentage diagrams (%)

(plotted against cal. age)

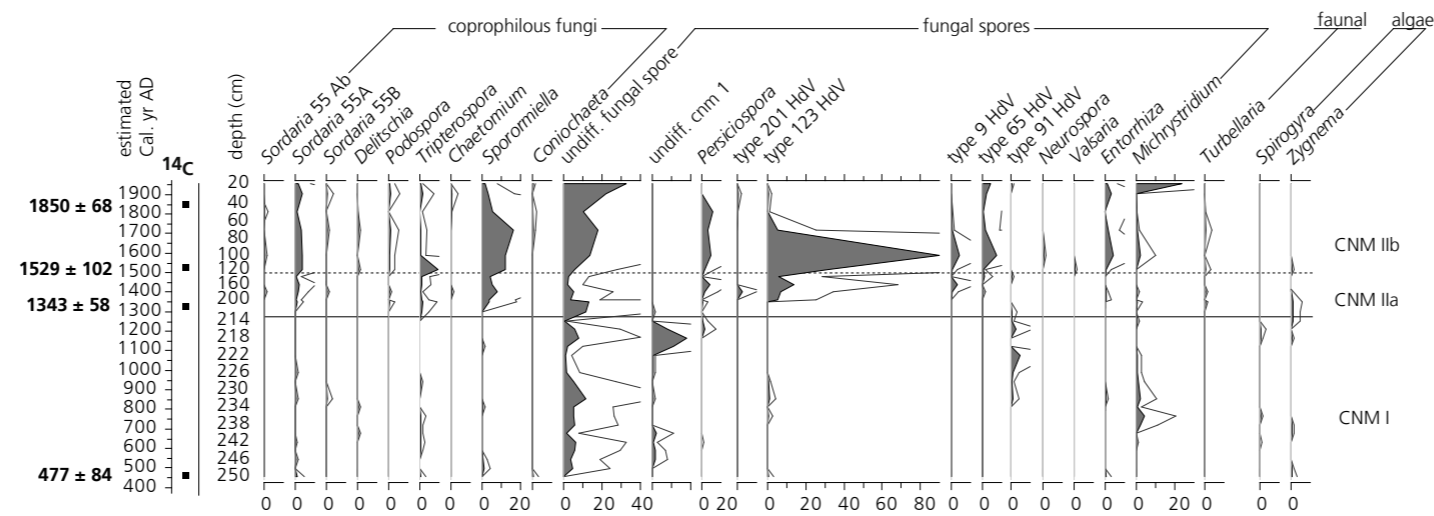
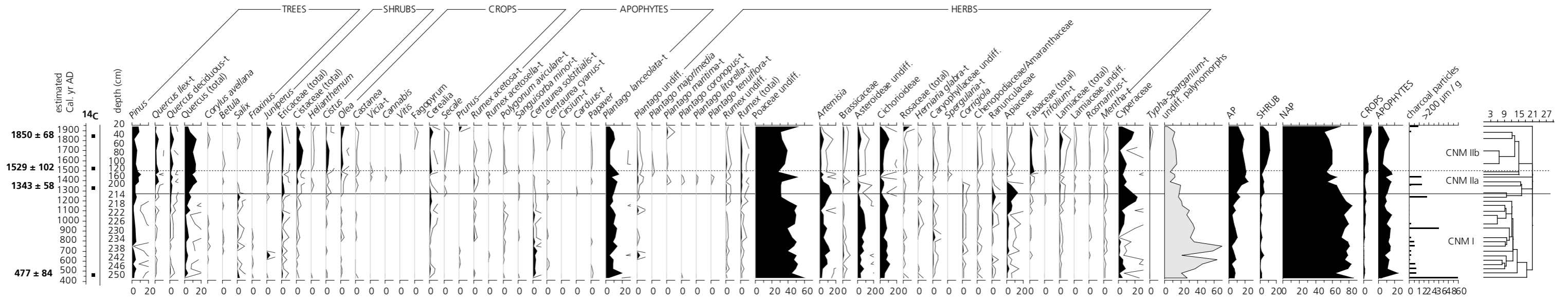


diagram 6.

CAÑAMARES
pollen and NPP
concentration diagrams
(pollen and NPP × 100 / gram)

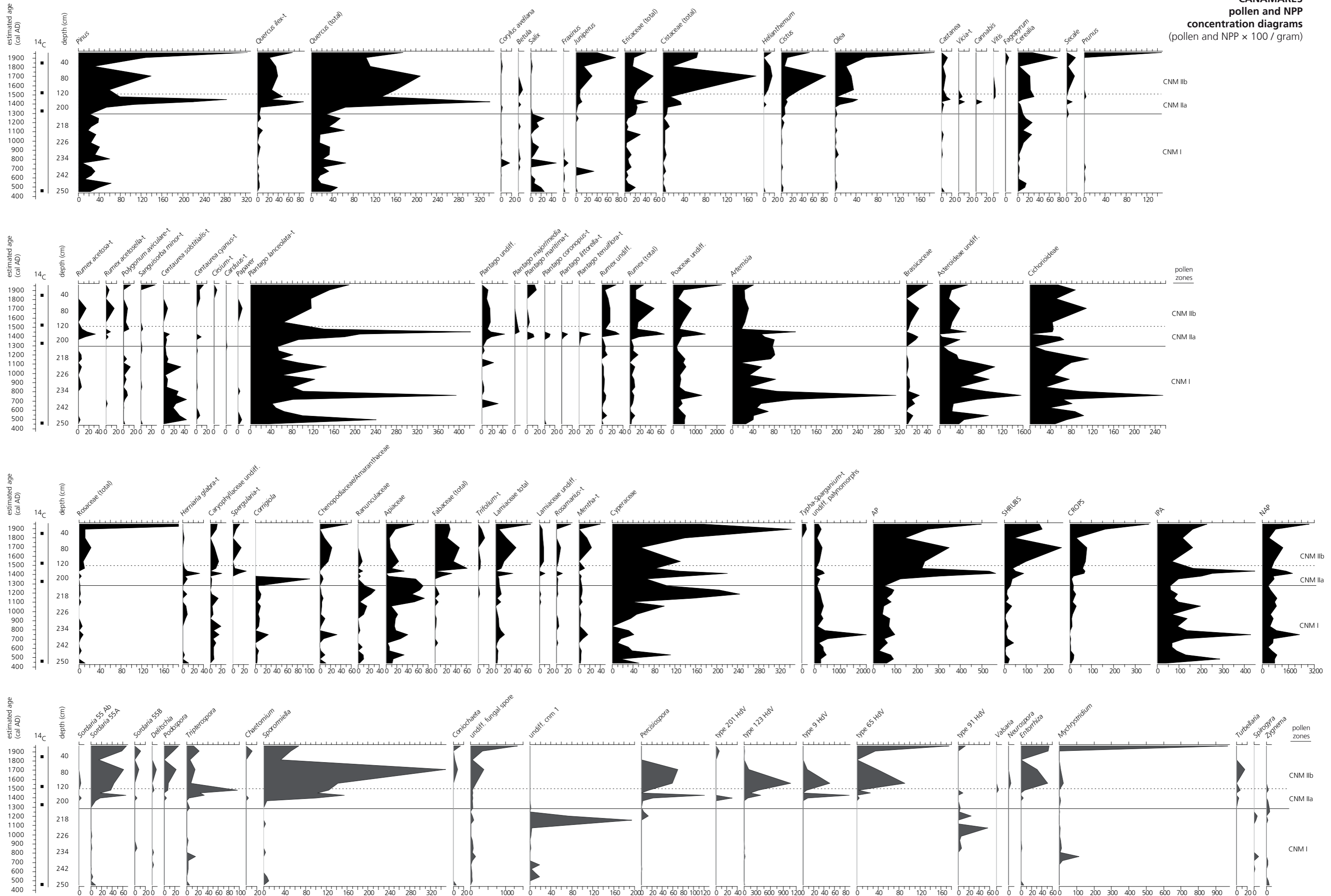


diagram 7.

CAÑAMARES
pollen and NPP
percentage diagrams (%)

(plotted against depth)

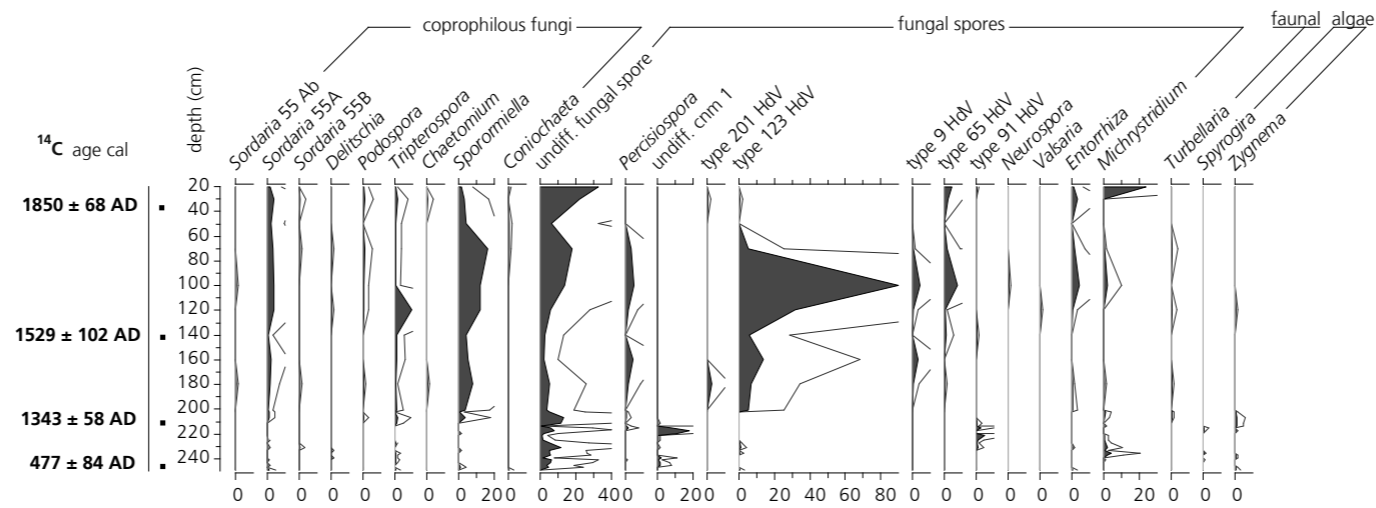
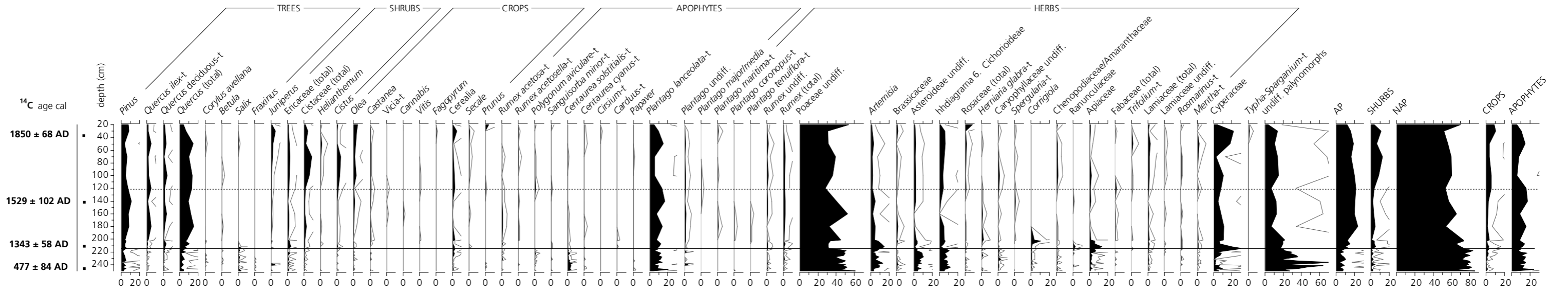
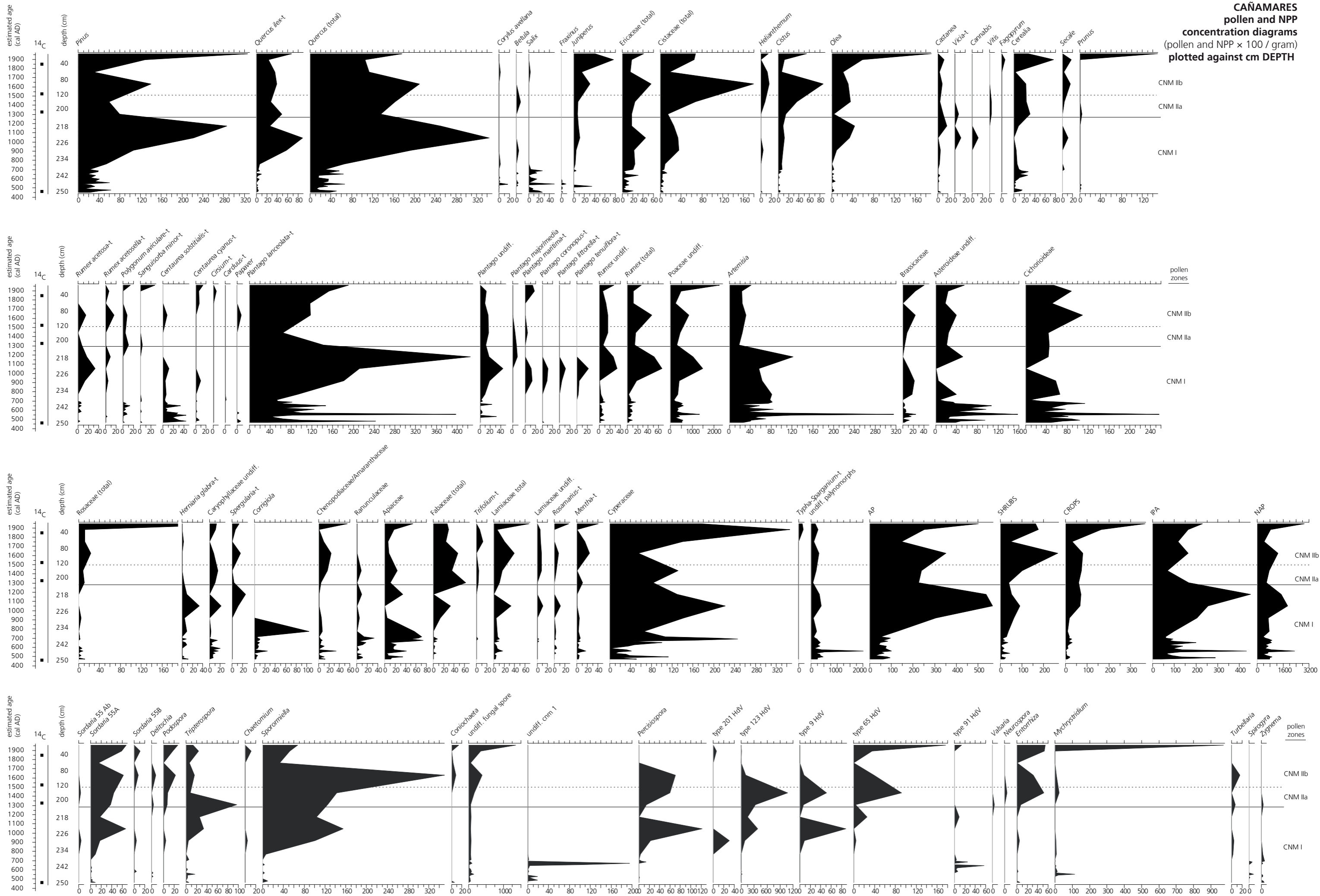


diagram 6.

CAÑAMARES pollen and NPP

concentration diagrams (pollen and NPP × 100 / gram) plotted against cm DEPTH



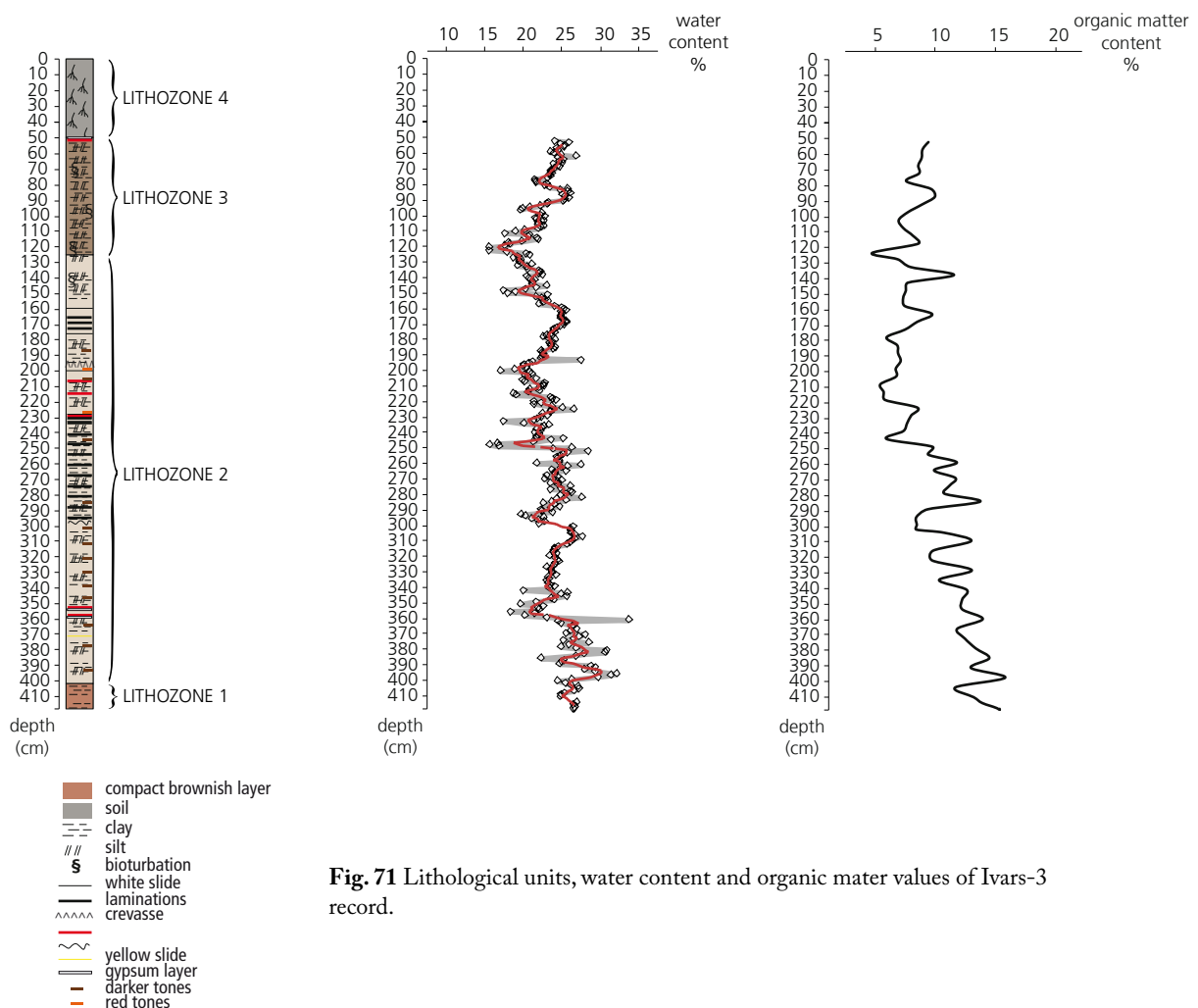
5.4 Ivars

Lithological description of Ivars 3 record

Ivars-3 record mainly consists of a gypsiferous calcitic mud. Most of the sediment is constituted by fine grained siliciclastic minerals such as quartz, clays and feldspars. Beds of gypsarenites are frequent in the upper 2.5 m of the sequence. The sequence shows a general trend in carbonate and sulphate enrichment towards the top while organic content decreases.



Fig. 70 Two pictures of Ivars-3 sedimentary record. On the left, the upper part of the record is shown. On the right, the middle-bottom part is displayed.



Three main lithological units are observed at Ivars-3 record:

- lithozone 4:** arable soil (rejected for palaeoenvironmental analyses).
(0 - 50 cm depth)
- lithozone 3:** silt and brown clays showing reddish dots and diffuse lamination.
(50 - 125 cm depth) Bioturbation evidences and gypsum crystals are present.
- lithozone 2:** laminated clays and silt, with thin light-brown gypsum sandy layers and grey-blue calcite layers interbedded.
(125 - 400 cm depth)
- lithozone 1:** brown compact layers of clays and silt with the presence of reddish and greyish dots.
(400 - 417 cm depth)

Ivars 3 chronology

Five radiocarbon dates were obtained from Ivars-3 record, featuring in table 8.

core	depth (cm)	lab. ref	dated material	conventional age yr. BP	calibrated age (2 σ)	mean age values BC/AD	¹³ C/ ¹² C
IV3	135-137	Beta-217547	plant remains	1250 \pm 50	668-884 AD	776 \pm 108 AD	insufficient
IV3	175-195	Beta-257449	charcoal	1740 \pm 40	212-409 AD	310 \pm 98 BC	insufficient
IV3	269-270	Beta-217545	plant remains	2410 \pm 40	593-396 BC	494 \pm 98 BC	-28,0 o/oo
IV3	349-340	Poz-18773	charcoal	2620 \pm 35	841-762 BC	801 \pm 39 BC	not measured
IV3	388-389	Poz-18825	charcoal	2675 \pm 30	895-799 BC	847 \pm 48 BC	not measured

Table 8 AMS radiocarbon dates at Ivars-3 record. Dates have been calibrated using CALIB 6.0 software (Reimer *et al.*, 2009).

Ivars 2 chronology and lithology

One radiocarbon date was obtained from Ivars-2 record (table 9). The result supports that, between 60 and 25 cm depth, Ivars-2 sequence correlates well the upper part of Ivars-3 record. In consequence, this upper part of Ivars-2 record has been analysed to reinforce the palaeoenvironmental evolution for historical time.

core	depth (cm)	lab. ref	dated material	conventional age yr. BP	calibrated age (2 σ)	mean age values BC/AD	¹³ C/ ¹² C
IV2	49-52	Beta-217544	charcoal	1010 \pm 40	996-1059 AD	1027 \pm 31 AD	29,1 o/oo

Table 9 AMS radiocarbon date for Ivars-2 record, calibrated using CALIB 6.0 software (Reimer *et al.*, 2009).

The analysed sediment of Ivars-2 record is formed by silt and brown clay, with evidences of gypsum crystals, reddish dots and diffuse lamination. The upper 60 cm of Ivars-2 record corresponds with lithozone 3 at Ivars-3 sequence (fig. 70).

Depth-age model

Age-depth model was obtained by plotting both Ivars-3 and Ivars-2 calibrated radiocarbon dates against depth using linear interpolation between adjacent pairs of dates (fig. 72). Radiocarbon results at Ivars-3 support continuous sedimentation and covers a timespan of ca. 2500 years from ca. 870 cal BC to ca. 1575 cal AD between 415 and 52 cm depth.

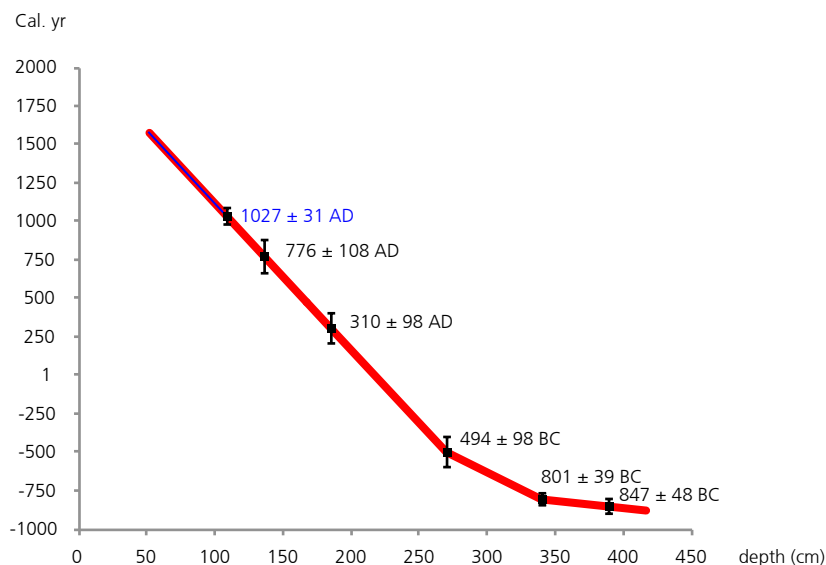


Figure 72 Depth-age model of Ivars record. This model has been constructed on the basis of five Ivars-3 calibrated radiocarbon dates (red line) and one Ivars-2 radiocarbon date (blue line).

depth (cm)	yr. per sample	yr. between samples
136 - 185	9,51	85,59
185 - 270	9,45	85,05
270 - 340	4,38	39,42
340 - 389	0,93	8,37

Table 10. Sedimentation rate at Ivars-3 sequence.

Regarding the chronological model (fig. 72), the resulting sedimentation rates have been calculated and range between 1,05 and 2,28 mm/yr. Nevertheless, a higher rate is observed at the bottom layers, where 10,6 mm/yr. are attained. Sampling strategy has been established obtaining samples each 10 and 5 cm, but a 10 cm interval prevailed along Ivars-3 sequence, assuming high temporal resolution scopes of 40 to 85 yr. between samples for the most part of the record (table 10).

Pollen, NPP and charcoal results

Both IV3 and IV2 sequences provided pollen content, except for one stretch located between 265 and 197 cm depth in IV3 record, where neither pollen nor NPP preserved.

Zone IV3-I

415 - 265 cm depth (ca. 869 BC - 378 BC cal)

This zone is characterised by low percentages of tree pollen taxa and a the dominance of herbs. Among the arboreal taxa, both *Pinus* and *Quercus* show similar values ca. 20%, whereas *Corylus* and *Fraxinus* are slightly recorded. The presence of shrub taxa is recorded at this sub-zone by the evidences of *Ephedra*, Cistaceae and *Juniperus*, together with a low pollen values of Ericaceae. *Artemisia* is the best represented taxon among herbs, with values ca. 50%, followed by Poaceae, Asteroideae, Cichoriorideae and Chenopodiaceae/Amaranthaceae. Evidences of Brassicaceae are furthermore witnessed. Two sub-zones are distinguished within this pollen zone:

- sub-zone **IV3-Ia** (415 - 384 cm depth): cultivated taxa are recorded by Cerealia and *Vitis* pollen, while synanthropics such as *Centaurea solstitialis*-t and *Plantago lanceolata*-t are continuously recorded. Coprophilous fungal spores are abundant, as evidenced by the increasing levels of *Sordaria*, *Coniochaeta* and *Sporormiella*. Occurrences of charcoal macro-remains are also reported generally below 250 particles/g, except for one peak at 405 cm depth.

- sub-zone **IV3-Ib** (384 - 265 cm depth): a temporary decrease of *Pinus* is recorded in the lower samples, while *Corylus* disappears. *Tamarix* is reported now. These changes occur at the same time that *Artemisia* attains the highest values of the sequence (80% at 344 cm depth), whereas Poaceae drops but recovers upwards. Asteraceae and Chenopodiaceae/Amaranthaceae show certain instability at the uppermost samples, coincident with an increase of Cyperaceae. A minor decline of Cerealia and *Vitis* is witnessed at this sub-zone, but this trend is not recorded by other human-related taxa, such as *Sanguisorba minor*-t or *Polygonum aviculare*-t, which keep stable or even increase. However, a consistent increase of *Plantago lanceolata*-t is reported at the uppermost samples.

The main coprophilous fungal spores decline, specially *Sporormiella* and *Coniochaeta*. However, at the uppermost samples these spores recover, together with the occurrence of *Urocystis* and the undifferentiated spores.

The charcoal particles are now more frequently recorded, but they show lower values than in the previous sub-zone.

Barren zone**256 - 197 cm (ca. 378 BC - 190 AD cal)**

No evidences of pollen or NPP preserved from 197 to 256 cm depth. Nevertheless, charcoal remains were recorded in these samples, though a lower concentrations are observed.

Zone IV3 - II**197 - 165 cm depth (ca. 190 AD - 486 AD cal)**

The lower samples record a considerably high percentage of *Pinus* pollen, attaining values of 50%. Nevertheless, this taxon declines abruptly upwards. On the contrary, *Quercus* pollen progressively increases up to 20%. No changes are observed in the remaining trees, except for the disappearance of *Salix*. Shrubs are still represented by the occurrence of Ericaceae and Cistaceae, with no variations reported.

Herbs show low percentages in the first preserved pollen samples, with the dominance of *Artemisia*, but it is Chenopodiaceae/Amaranthaceae that experiences the highest increase through this zone, achieving noticeable values of 40%. Poaceae and Asteraceae progressively recover, whereas Brassicaceae declines through this zone.

Crops are also present with similar values than in the previous zones. However, the synanthropic taxa are not recorded now, except for *Plantago lanceolata*-t, which is present at the uppermost samples. The NPP reduce, specially the coprophilous fungal spores. Macro-charcoal remains also rate low concentration values.

Zone IV3-III**165 - 52 cm depth (ca. 486 AD - 1530 AD cal)**

This pollen zone shows similar values to those of the preceding one, but record a general decrease of the tree taxa. This zone also features high values of Chenopodiaceae/Amaranthaceae, over 30%, and records a more frequent presence of anthropic-related taxa, such as *Cerealia*, *Olea*, *Castanea* and several apophytic taxa. Two sub-zones are witnessed:

- sub-zone **IV3-IIIa** (165 - 115 cm): *Quercus* records a marked decline and attains now the minimum values along the sequence. Other trees, such as *Betula*, *Alnus* and *Corylus*, slowly reduce, whereas shrubs, and notably *Ephedra*, expand. Poaceae shows a constant percentage of 10%. *Plantago lanceolata*-t increases near 5% in this sub-zone, while other apophytic taxa such as *Centaurea solstitialis*-t, *Cirsium*-t and

Polygonum aviculare-t are also reported. At the same time, an increase of *Cerealia* pollen is recorded.

Whereas coprophilous fungal spores are poorly recorded throughout this subzone, an increase of *Glomus*, *Urocystis* and undiff. fungal spores is noticed. The charcoal macro-remains attain the highest values in the whole sequence, recording three successive peaks.

- sub-zone **IV3-IIIb** (115 - 52 cm): no significant changes are observed in tree pollen through this sub-zone. Notwithstanding, a marked increase of Poacea and Brassicaceae is reported. *Juniperus* records a noticeable expansion throughout this sub-zone. Among the crops, *Olea* and *Cerealia* increases at the uppermost samples. Other human-related taxa, such as *Centaurea solstitialis*-t and *Plantago* undiff., are well recorded. A considerable increase in all the coprophilous fungal spores, and particularly of *Chaetomium*, is observed from 90 cm depth and upwards. This increase also occurs in the undifferentiated fungal spores and algae. The macro-charcoal remains record low values at this sub-zone.

Zone IV2

60 - 27 cm depth

Low values of tree pollen are recorded in this sequence, mainly between 60 and 40 cm depth. *Pinus* and *Quercus* are the dominant tree taxa, and both increase at the uppermost samples, specially *Quercus*. From 40 cm depth upwards other arboreal taxa, such as *Betula*, *Alnus*, *Corylus* and *Fraxinus*, are also reported. Shrub taxa such as Ericaceae, Cistaceae and *Juniperus*, also increase.

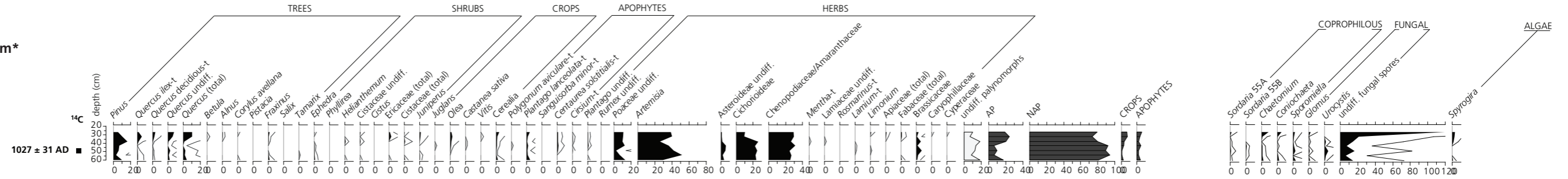
Artemisia values rate around 40%, but a decline trend through this record is witnessed. Asteroideae and Cichorioideae decrease at the uppermost samples, whereas Chenopodiaceae/Amaranthaceae increases. Brassicaceae and Poaceae are present through all samples.

Cultivated taxa such as *Olea*, *Castanea*, *Vitis* and *Cerealia*, are constantly recorded, rather more evidenced at the uppermost samples. This trend is also observed among the synanthropic taxa, such as *Centaurea solstitialis*-t and *Cirsium*-t. *Plantago lanceolata*-t pollen is however well recorded from the bottom samples.

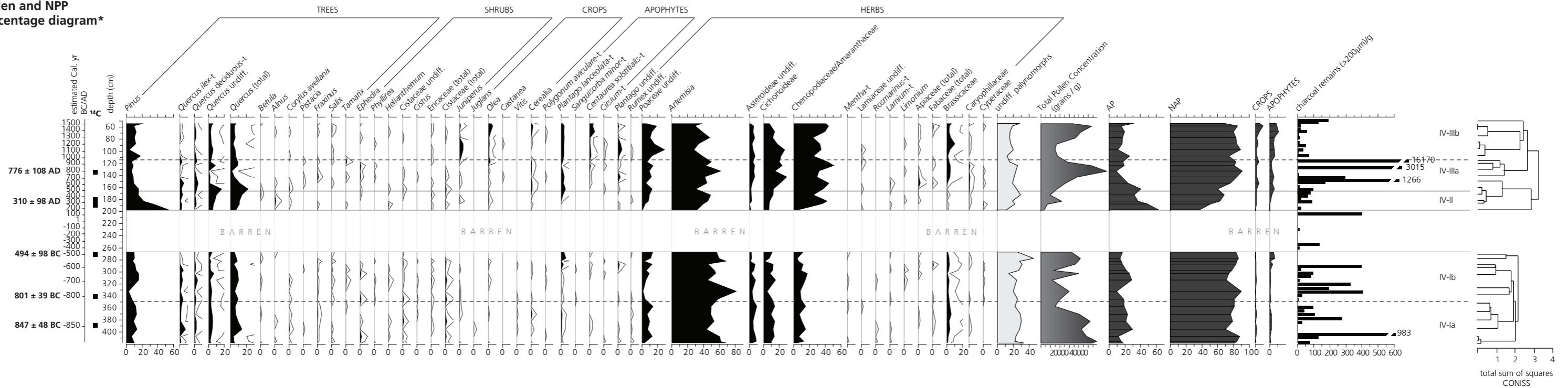
Some coprophilous fungal spores such as *Sordaria*, *Sporormiella*, *Chaetomium* and *Coniobeta* are reported through this sequence.

diagram 9.

IVARS-2
pollen and NPP
percentage diagram*



IVARS-3
pollen and NPP
percentage diagram*



— exaggeration line 5X

* Chenopodiaceae excluded from the pollen sum

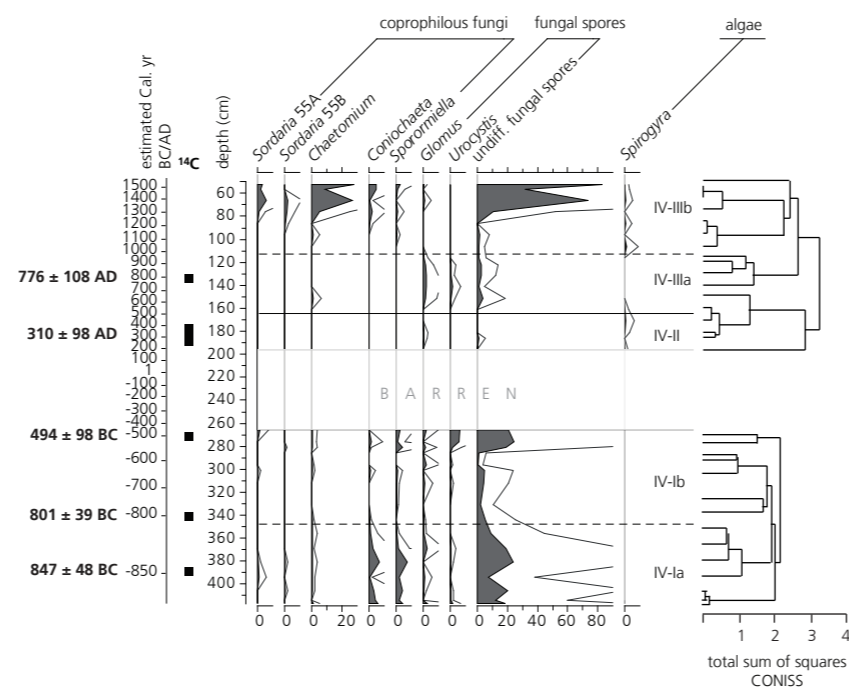
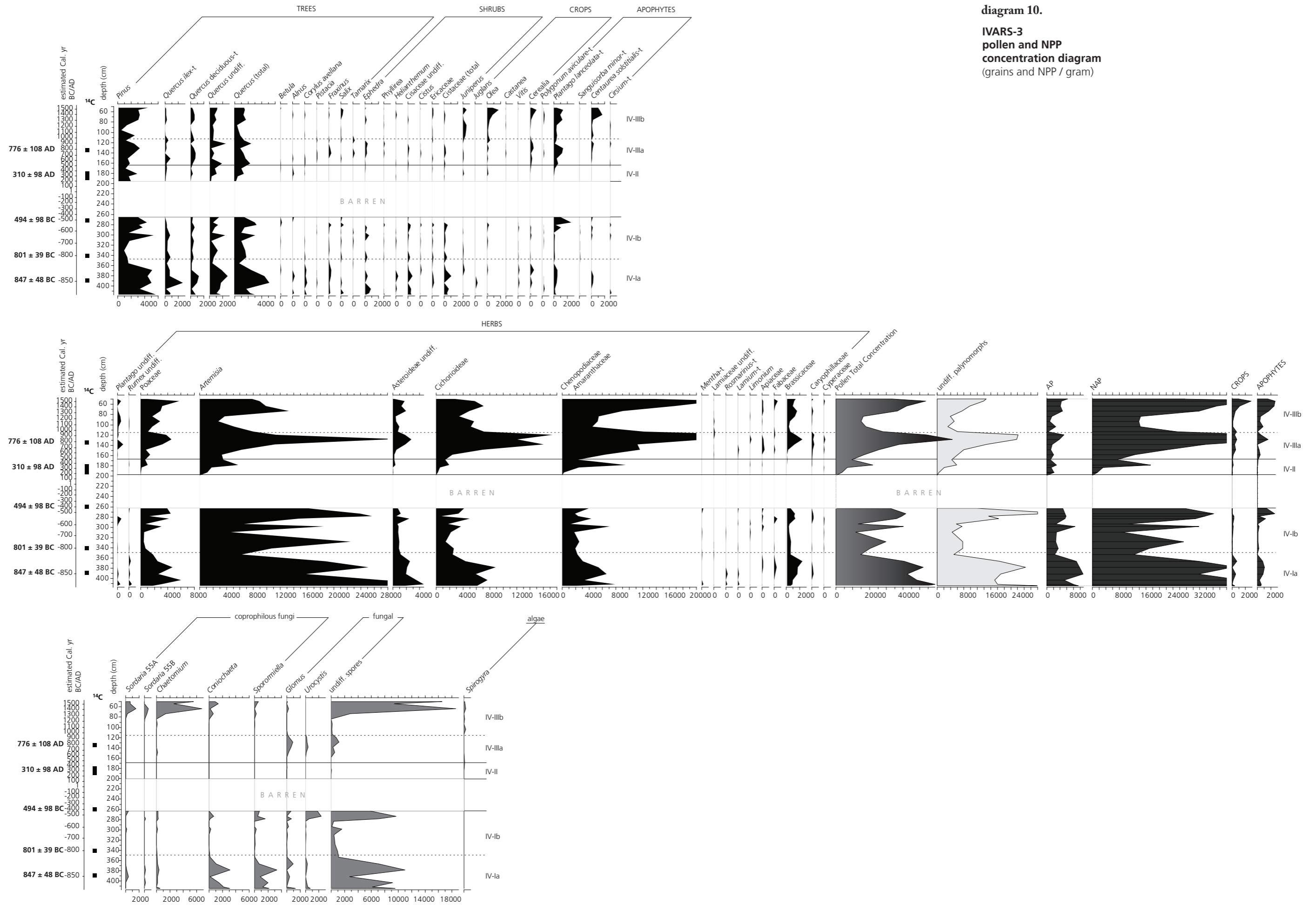


diagram 10.
 IVARS-3
 pollen and NPP
 concentration diagram
 (grains and NPP / gram)



5.5 Els Vilars d'Arbeca

Lithological description

Moat sediment: The 171 cm thick sediment from the moat consists of clay which shows layers from grey to green. Evidences of reduction and oxidation are reported upwards, indicating a progressive reduction of water shortage conditions above 400 cm depth beneath the surface.



Fig. 73 Sedimentary profile at Els Vilars moat.

Well sediment: The 81 cm thick sediment collected at the well is a brown silty clay. Diffuse lamination is observed. Occurrence of carbonated particles and charcoal fragments dispersed in the sediment are furthermore noticed.

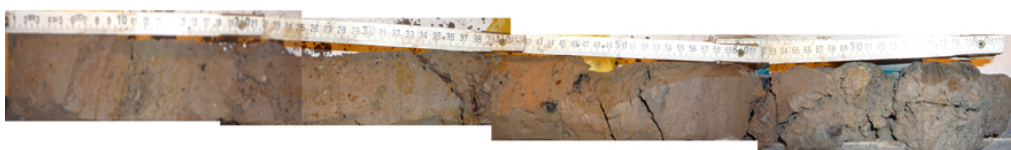


Fig. 74 Sedimentary profile at Els Vilars well. The top is on the left.

Chronology

One single AMS radiocarbon date was obtained from the moat sediment and three AMS radiocarbon dates were obtained from the well sediment. Results are shown in table 11.

In the moat, the sedimentation rate and the years comprised in each sample still remain unknown, as only one single radiocarbon date is available. However, considering that the sedimentation process started after the construction of the moat (450 cal BC, following Junyent & Moya, 2011) and that the uppermost sample has been successfully dated, a likely temporary

core	depth (cm)	lab. ref	dated material	conventional age (yr. BP)	calibrated age (2 σ)	mean age values (BC/AD)	¹³ C/ ¹² C
moat	407 - 410	beta 267445	charcoal	2220 \pm 40	378 – 197 BC	292 \pm 95 BC	-24.9 o/oo
well	16 -20	beta 287975	charcoal	2140 \pm 40	356 – 50 BC	203 \pm 153 BC	insufficient
well	35 - 36	beta 267446	charcoal	2210 \pm 40	385 – 185 BC	285 \pm 100 BC	-23.7 o/oo
well	75 - 76	beta 267447	charcoal	2280 \pm 40	403 – 348 BC	375 \pm 27 BC	-23.5 o/oo

Table. 11 Radiocarbon dates at Els Vilars profiles

range for the samples can be estimated between 450 cal BC and 292 ± 95 cal BC, which means that this record covers a timespan of ca. 150 yr.

Samples analysed at the moat are located at 571, 541, 511, 481, 441 and 410 cm depth. Above this uppermost sample, the record was barren of neither pollen nor NPP.

Regarding the well sedimentary sequence, the three radiocarbon dates support that sedimentation probably occurred around the abandonment of the site ca. 325 cal BC (Junyent & Moya, 2011). Subsequently, the pollen record comprises a short time-lapse of ca. 50 yr.

Samples analysed at the well are located at 81, 76, 71, 66, and 56 cm depth. Above this uppermost sample the record was barren of neither pollen nor NPP.

The chronological relationship between the Els Vilars archaeological site, the moat and the well sedimentary sequences and the Ivars lake is displayed at figure 75:

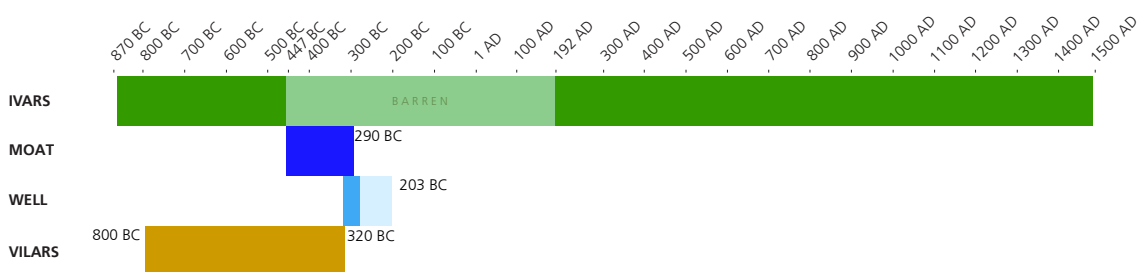


Fig. 75 Chronological relationship between Els Vilars dwelling, Els Vilars moat and well sediments and Ivars lake record.

It is important to underline that, in the context of the moat and the well, pollen deposition processes are not completely controlled by natural parameters, but a strong human bias may influence the representation of certain taxa (Mercuri, 2008).

Results of pollen and NPP analysis

The **Moat** diagram shows low values of arboreal pollen, with *Pinus* and *Quercus* as the main tree taxa recording values below 10%, except for the uppermost sample (407–410 cm depth) where a higher percentage of pine is reported. *Quercus* types follow a decreasing trend throughout the profile.

The values of shrubs are also low, but a higher diversity is noticed at the bottom samples (*Ericaceae* and *Cistaceae*). However, at the uppermost samples only *Ericaceae* pollen is reported. Herbs are dominant with percentages near 80%. Their abundance is evidenced throughout the whole profile, due to the constant prevalence of *Artemisia*. However, this taxon declines at 441 cm depth, probably as a consequence of the mathematical effect produced by the sharp increase of *Brassicaceae*, which attains a remarkable peak of 60%, synchronous with the drop of the remaining taxa. *Poaceae* and *Chenopodiaceae* record a lower presence in the upper half of the profile, rather than in the lower one.

Cerealia is the only crop taxa recorded, with one minor evidence at 571 cm depth. However, anthropic pollen indicators such as *Plantago lanceolata*-t are consistently recorded throughout the whole profile. Other apophytic plants, such as *Sanguisorba minor*-t, *Polygonum aviculare*-t and several herb taxa are better represented at the lower layers.

No NPP were found in this sedimentary profile, with the exception of the very slight presence of *Sporormiella* at 541 cm depth.

The pollen record of the **Well** profile reveals low tree values. This is specially represented in *Pinus*, with values generally below 5%. A moderate decline trend is furthermore witnessed in *Quercus* pollen, even though slight oscillations are noticed at the bottom samples. A minor but constant occurrence of shrubs such as Cistaceae and Ericaceae is also recorded. However, these taxa become more frequent at the bottom samples. The herbs values are stable and attain ca. 80% in all the five samples. These unchanged values can be specially traced in Chenopodiaceae/ Amaranthaceae and Poaceae, whereas *Artemisia* depicts a more oscillating pattern. A strong peak of Cichrioideae occurs at 70 cm depth. This increase is synchronous with an overall decline of the main pollen taxa, except for *Plantago*.

Signs of crops are scarce but consistent throughout the profile, as evidenced by Cerealia pollen in all the samples. Diverse pollen types of *Plantago* are abundant, and together attain near 10% percentages, partially due to the presence of *Plantago lanceolata*-t. Other human-related taxa such as *Polygonum aviculare*-t and *Rumex*, record a slight presence at the uppermost samples.

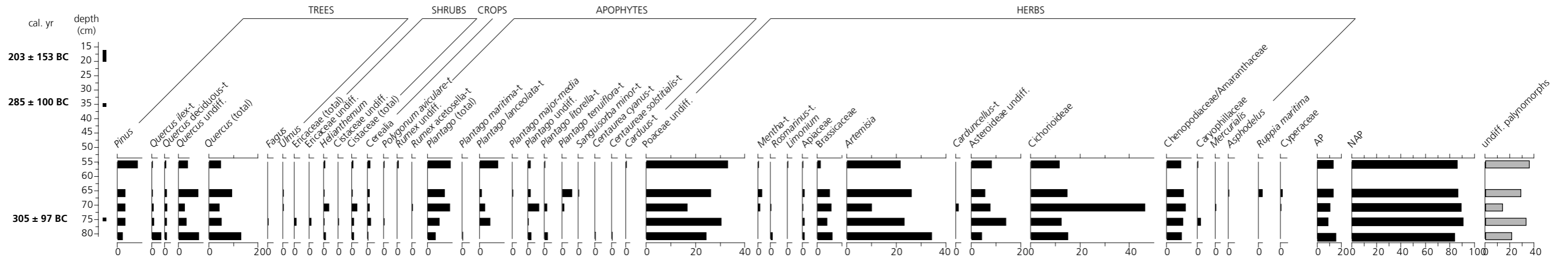
At 66 cm depth, occurrence of aquatic flora such as Cyperaceae and *Ruppia* are reported.

No NPP were recorded in this profile.

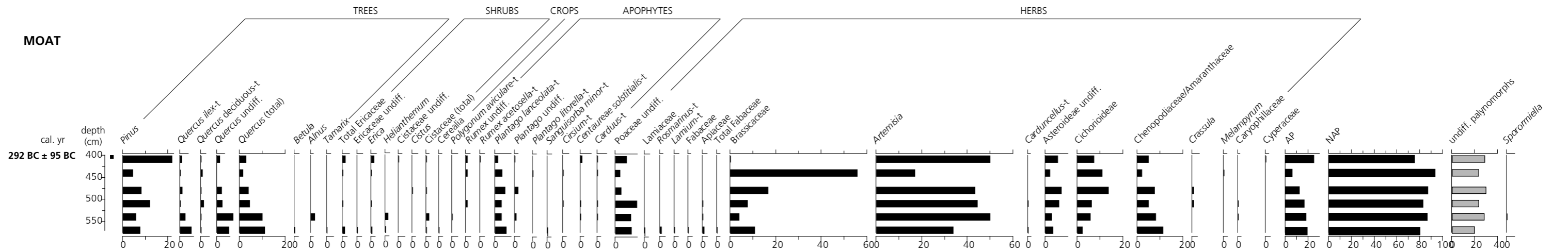
diagram 11.

Els Vilars d'Arbeca
percentage pollen diagram of the analysed structures:
the **moat** and the **well**

WELL



MOAT



6. Evolución del paisaje en el sector N de Guadalajara

6. Evolución del paisaje en el sector N de Guadalajara

El estudio del registro sedimentario lacustre de Somolinos PAS ha permitido determinar los cambios ambientales y la evolución paisajística del sector en el cual se ubica el Macizo de Pela y las depresiones de Miedes y Tiermes, de manera continua desde el comienzo del I milenio cal aC hasta el final del s. VI cal dC. A partir de esta fecha, el registro sedimentario finaliza presentando un perfil edáfico, que pone de manifiesto el proceso de colmatación de la laguna ocurrido en esta época. En este tramo superior se constata la existencia de remociones de carácter agrícola, poniendo fin a las condiciones necesarias para un adecuada preservación del material esporopolínico que permita una interpretación paleoambiental.

El registro polínico de Somolinos PAS indica que el sector se encontraba densamente forestado durante la primera mitad del primer milenio cal aC. Los elevados valores de polen arbóreo revelan la existencia de importantes masas forestales formadas fundamentalmente por pinares y por bosques de *Quercus*. De acuerdo con los datos disponibles sobre la vegetación del Sistema Central (Martínez García, 2002), el pinar estuvo compuesto por *Pinus sylvestris*. La extensión de los pinares probablemente se dio en los lugares de mayor exposición a las condiciones frías. Así, en el sector estas comunidades podrían haberse extendido por las Sierras de Bulejo y de los Llanos. La elevada representación *Pinus* en el espectro polínico de Somolinos PAS, con valores superiores a 60%, permiten pensar en la proximidad de la masa forestal al punto de sondeo, según demuestran algunos estudios polínicos referenciales (Court-Picon *et al.*, 2005). No obstante, el pinar bien podría haber ocupado todo el Altiplano de Campisábalos (fig. 76) hasta el flanco N del Macizo de Pela, situado en torno a los 1400 m. Las condiciones climáticas de acusada continentalidad, así como el régimen de vientos que se registran en esta elevación, probablemente perfilaron un escenario más apto para la extensión de estos bosques que en los sectores ubicados a menor altitud, más favorables para desarrollo del encinar. Por otra parte, no se puede descartar que las formaciones de pinares localizadas en la Sierra de Alto Rey, situadas 7 km al S de Somolinos (fig. 15) y documentadas polínicamente en Pelagallinas a inicios del I milenio aC (Franco Múgica *et al.*, 2001), pudieran haber contribuido también a la representación de *Pinus* en el registro de Somolinos PAS. En este sentido, esta secuencia corrobora la existencia de un paisaje forestado en esta región durante este período.

Entre las diferentes especies del género *Quercus*, el registro evidencia la presencia de tipos perennifolios, correspondientes a encinas y carrascas, y caducifolios, probablemente quejigos y melojos (de la Cruz, 1994). A diferencia del pinar, las formaciones de encinares y de otras frondosas probablemente ocuparon sectores ubicados a menor altitud (fig. 76). Estas áreas están menos expuestas al rigor de las condiciones climáticas frías del Macizo de Pela y que reúnen características más favorables para su desarrollo. De acuerdo a estos requerimientos, se podría apuntar el sector del Valle de Miedes, situado a 1200 m entre las poblaciones de Condemios y Albendiego (fig. 2), como el espacio donde podría haberse extendido el encinar. En este contexto, el *Quercus* tipo caducifolio (probablemente *Quercus faginea*) ocuparía los suelos más húmedos, localizados en los fondos de valle y ambientes riparios. Más allá de esos hábitats, el bosque estaría dominado por comunidades de *Quercus ilex*. El área situada al N de Sierra de Pela,

en el sector de Tiermes, ubicado aproximadamente a 1200 m de altitud, podría también haber acogido parte del encinar, teniendo en cuenta que las condiciones climáticas son más cálidas en este sector que en el piso serrano (Archilla y Muñoz, 1987).

Estudios de vegetación actual realizados en esta zona (de la Cruz y Peinado, 1996) señalan una distribución de las formaciones forestales que reafirman la distribución apuntada, atribuyendo un carácter natural a las comunidades de pino albar (*Pinus sylvestris*) de la Sierra de Alto Rey y reconociendo una mayor presencia del encinar conforme la temperatura aumenta. Los datos polínicos de Somolinos PAS apoyan, en este sentido, las hipótesis propuestas por otros autores (Martínez García, 2002; Andrade y González-Jonte, 2007; Gómez González *et al.*, 2009b; Franco Múgica *et al.*, 1998; Carrión y Fernández, 2009; Rubiales *et al.*, 2007), que sugieren la extensión del pinar en sectores de media montaña del Sistema Central durante el Holoceno.

El paisaje reflejado en el diagrama polínico de Somolinos PAS no parece registrar cambios significativos durante la primera mitad del primer milenio. Si bien se puede hablar de una estabilidad del tapiz forestal, la presencia humana en el sector se detecta desde el inicio de la sedimentación, en el s. X cal aC, a partir de una débil señal de cultivos cerealísticos que persiste sin experimentar cambios hasta el VII cal aC. El registro de esporas coprófilas, fundamentalmente formado por *Sporormiella*, *Podospora* y *Delitschia*, indica, además, la presencia de ganado, aunque de manera muy testimonial. A estas evidencias se añaden otras, de carácter puntual, como la coincidencia de valores de *Rumex* y *Plantago lanceolata*-t con reducciones del pinar y del encinar, que sugieren ligeras perturbaciones transitorias durante del s. VIII cal aC sin que éstas implicasen un cambio en las características generales del paisaje a largo plazo, ya que el bosque se regenera posteriormente a estos impactos humanos.



Fig. 76 Comunidades de *Pinus sylvestris* en Campisábalos. (autor: Matías Mayor).

Cabe tener en consideración que, si bien la presencia de comunidades humanas está bien documentada en el territorio de la meseta central oriental a comienzos del primer milenio aC (Burillo, 2007), las evidencias arqueológicas no revelan la existencia de un poblamiento completamente asentado en el sector oriental del Sistema Central durante este período. En su lugar, los asentamientos parecen concentrarse en sectores más orientales, próximos a la comarca

de Molina (Cerdeño, 2010). En este sentido, el registro polínico de Somolinos confirma que este sector no formaba parte de las áreas de actuación humana preferente durante la primera mitad del I milenio cal aC, registrando tan sólo evidencias leves de actividades antrópicas que no tuvieron una especial incidencia a nivel paisajístico. Diversas prospecciones arqueológicas, realizadas en el marco del proyecto HIDRAM4000 en el área del Macizo de Pela (Currás *et al.*, 2012) no han aportado evidencias sobre la presencia antrópica en este área durante la Edad del Hierro, reforzando en este sentido la interpretación de los datos polínicos, que evidencian un escaso impacto antrópico en esta época.

Durante el s. VI cal aC se produjo un primer cambio en el paisaje, materializado en un aumento de las formaciones herbáceas y arbustivas a expensas del bosque, que retrocede. Concretamente, el registro indica no tanto una reducción del pinar como el inicio de una etapa de mayor inestabilidad de las comunidades forestales. En el área de Alto Rey se produjo un retroceso del pinar en fechas similares (Franco Múgica *et al.*, 2001), que podría ser un reflejo de la misma dinámica de impacto en el territorio. En Somolinos, no obstante, la tendencia regresiva del bosque también se pudo haber producido en zonas de altitud media, ya que el encinar, que venía ocupando estos sectores altitudinales, también experimenta una ligera reducción. La apertura paisajística se plasma en la extensión de las comunidades herbáceas, según indica el crecimiento de Poaceae. El retroceso arbóreo coincide con el incremento de algunos taxones apofíticos y heliófilos, como *Rumex*, *Plantago lanceolata*-t, *Artemisia* y Lamiaceae, paralelamente a una presencia más sólida de cereal, cuyo cultivo aumenta en el s. IV cal aC, cuando destaca sobre todo el cultivo de centeno. Estas evidencias de agricultura pudieron haber favorecido el desarrollo de otros taxones indicadores de espacios perturbados, como Cichorioideae y Asteroideae, cuyo aumento es constatable ahora. Por otra parte, la actividad agrícola es contemporánea al incremento de *Sordaria* y *Sporormiella* registrado principalmente en torno a 500 aC, el cual podría reflejar una intensificación de las actividades ganaderas (Blackford y Innes, 2006; Cugny *et al.*, 2010; Mazier *et al.*, 2009; van Geel y Aptroot, 2006).

Estas evidencias permiten interpretar que desde mediados del I milenio cal aC, el sector de Somolinos experimentó un mayor impacto antrópico destinado a abrir espacios en la vegetación arbórea, con objeto de poner en práctica cultivos cerealísticos y acoger actividades ganaderas. La incidencia antrópica a nivel paisajístico no resultó muy significativa, más allá de la generación de prados a costa de algunos espacios anteriormente forestados. No obstante, el aumento de los procesos erosivos en la cuenca, evidenciados en el incremento de los valores de *Glomus* (Anderson *et al.*, 1984; Marinova y Atanassova, 2006), confirma la perturbación del entorno.

Este incremento de la erosión podría ponerse en relación con el registro de macrorrestos de carbones, el cual mantiene valores elevados precisamente desde mediados del I milenio cal aC, indicando un posible aumento en la frecuencia de los incendios a nivel local (Carcaillet *et al.*, 2001b). Sin embargo, una relación biunívoca entre ambas señales, de incendios y erosión, no es descartable, teniendo en cuenta que, si bien la desaparición del tapiz vegetal aumenta la erosión, el mayor aporte detrítico derivado puede contribuir a un mejor registro de los incendios, por el arrastre de partículas de carbón (Whitlock y Millspaugh, 1996) sin que su frecuencia hubiese

aumentado necesariamente. En este sentido, durante la segunda mitad del I milenio aC, en sectores meridionales como los de Pelagallinas (Franco Múgica *et al.*, 2001) también parece detectarse una mayor repercusión de los procesos de antropización, implicando allí una reducción del pinar, mayor que en Somolinos. No obstante, es probable que pese al diferente grado de incidencia antrópica observada, los registros de Somolinos y Pelagallinas estén reflejando por igual la extensión de las actividades que algunos grupos celtibéricos llevaron a cabo en esta zona (fig. 78), a la cual podrían estar llegando en este momento tras desplazarse desde la zona de Molina de Aragón durante el s. V aC (Ruiz Zapatero y Lorrio, 2005; Arenas Esteban, 1999).

Coincidiendo con estas dinámicas antrópicas, en la secuencia de Somolinos PAS se reconocen algunos indicios que podrían poner de manifiesto la existencia de una fluctuación climática, según indican algunos *proxies* que sugieren una evolución hacia condiciones más áridas documentados aproximadamente entre 550 y 300 cal aC. Esta fluctuación viene sugerida por una menor representación de *Quercus* tipo caducifolio y de *Corylus* en el tramo 310 - 275 cm, posiblemente relacionada con una menor disponibilidad hídrica que, en cambio, pudo haber favorecido el desarrollo de un género más resistente al estrés hídrico y condiciones continentales como *Artemisia*, cuya extensión se documenta ahora. La evolución de *Fagus* constituye otro posible indicio de esta variabilidad climática. Su representación en el espectro polínico del Sistema Central oriental probablemente obedece a la influencia de las poblaciones localizadas en el actual Hayedo de Tejera Negra (Franco Múgica *et al.*, 2001). Entre 450 y 350 cal aC se constata un leve retroceso de *Fagus*, circunstancia que podría estar relacionada con el advenimiento de unas condiciones climáticas menos húmedas. Por otra parte, *Pistacia* también experimenta un retroceso en este momento. La exigencia térmica de este taxón (de la Cruz, 1994) permite pensar que su retracción es un resultado del incremento de la continentalidad en el sector, circunstancia coherente con una menor disponibilidad hídrica.



Fig. 77 Comunidades de encinar en un cerro del sector de Atienza. (autor: Matías Mayor).

Estos indicios paleoecológicos no constituyen por sí solos una evidencia sólida de fluctuación climática, pero cabe considerar que desde 550 cal aC el registro evidencia en primer lugar un

aumento de Cyperaceae, lo que podría resultar de una mayor influencia de la vegetación litoral que pondría de manifiesto una reducción de la columna de agua (Valero Garcés *et al.*, 2008). Además, el aumento experimentado por *Pediastrum* entre 550 y 350 cal aC podría ser el resultado de una mayor concentración de nutrientes en el medio acuático (Patterson *et al.*, 2002; van Geel, 2001), circunstancia posible ante un balance hídrico negativo. No obstante, no es descartable que el aumento de productividad en la laguna pudiese haber sido consecuencia de una mayor fertilización relacionada con el incremento de la actividad ganadera y de los procesos erosivos documentados. Esta variabilidad climática reflejada en el diagrama polínico de Somolinos se encuentra corroborada por la información proporcionada por otros indicadores paleoambientales (Currás *et al.*, 2012), cuyo estudio se ha llevado a cabo en el marco del proyecto HIDRAM4000.

Diversos sectores de la Península Ibérica cuentan con registros que evidencian condiciones de reducción de disponibilidad hídrica desde 500 cal aC (Gil García *et al.*, 2007; Dorado Valiño *et al.*, 2002; Benito *et al.*, 2008; Gutiérrez Elorza y Peña Monné, 1998). La cercana turbera de Pelagallinas (Franco Múgica *et al.*, 2001) experimenta un avance colonizador del abedul durante el s. IV cal aC como consecuencia de una reducción de la humedad y, por tanto, del descenso del nivel freático. A nivel regional, la segunda mitad del I milenio aC ha sido observada una evolución hacia condiciones de menor humedad tanto en África noroccidental (Roberts *et al.*, 1994) como en diversos sectores montañosos de Europa occidental (Magny, 2004), donde esta tendencia climática ha sido considerada como la causa de la reducción de los niveles de agua de algunos lagos.

En la Península Ibérica existen no obstante otros registros que, al contrario que en este caso, indican fases de incremento de humedad a partir de 500 cal aC (Martín Puertas *et al.*, 2008, 2009; Roca y Julià, 1997), hecho que evidencia tanto la heterogeneidad regional como la compleja relación entre la variabilidad hídrica, la interacción antrópica y la respuesta paisajística (Carrión *et al.*, 2010).

Esta fase de menor disponibilidad hídrica parece extenderse hasta inicios del s. III aC, momento a partir del cual se observan algunas evidencias que ponen de manifiesto condiciones más húmedas en Somolinos. Entre ellas cabe destacar la recuperación del robledal caducifolio, o el aumento de Ericaceae, que pudo verse favorecido por la instalación de un clima menos continental (Franco Múgica *et al.*, 2001; de la Cruz, 1994). Resultado de este aumento de la humedad podría ser la leve recuperación de *Corylus* o de taxones arbóreos riparios como *Alnus* o *Betula*. Este incremento coincide, de hecho, con un retroceso de taxones de tendencia más xerófila, como *Juniperus* o *Artemisia*, sugiriendo unas condiciones menos secas. En el siglo III cal aC se observa una disminución de la población de *Pediastrum*, que sugiere la existencia de un cambio en el medio lacustre. El retroceso de estas algas podría haberse producido por un descenso en la concentración de nutrientes que, ante un aumento de la columna de agua, podrían haber experimentado una dilución (Boudreau *et al.*, 2005; Patterson *et al.*, 2002). No obstante, la disminución de nutrientes en el medio podría obedecer también a una moderada retracción de la

actividad ganadera, posible fuente de fertilizantes, cuyo retroceso se observa durante el s. III cal aC a partir del descenso del hongo coprófilo *Sporormiella*.

En el s. III aC, no solamente la presión ganadera se reduce, sino que esta desintensificación también se observa en la señal de cultivos, lo que podría constituir una muestra tanto del carácter itinerante de las prácticas agrícolas y pastoriles, como de una escasa estabilización territorial por parte de las comunidades humanas que frecuentaron el sector desde el s. V aC. En este sentido, la oscilante señal del pinar registrada a lo largo de esta fase, que revela la sucesión de etapas de retroceso y posterior recuperación del bosque, contribuye a sustentar la hipótesis de que la



Fig. 78 Fragmento de un ajuar celtibérico de la necrópolis de Carratiermes. (fuente: LIFE Tiermes).

presencia humana es itinerante en torno a los siglos V - III cal aC. Además, el uso de incendios posiblemente destinados a abrir espacios, que se documenta en Somolinos PAS a partir de las partículas de macrocarbones, podría estar evidenciando estas estrategias de gestión mediante prácticas de *slash-and-burn*, hecho que ha sido apuntado en la zona de Pelagallinas (Franco Múgica *et al.*, 2001) y en otros contextos prehistóricos y protohistóricos peninsulares (Carrión *et al.*, 2003, 2007; López-Merino *et al.*, 2009b, López-Sáez *et al.*, 2010; Kaal *et al.*, 2011).

La actividad antrópica detectada hasta este momento (s. III cal aC) en el sector, podría ponerse en relación con los diferentes núcleos de población documentados arqueológicamente a distancias no superiores a los 10 km de Somolinos (fig. 11), correspondientes a los

yacimientos de Hijes, Las Matanzas, Castro o Carratiermes, cuya ocupación tuvo lugar durante la segunda mitad del I milenio cal aC (Heras Fernández, 2000; Mangas y Martínez, 2005).

Desde el s. II cal aC, el territorio asistió a un incremento de las actividades agrícolas, constatadas a partir del aumento y estabilización de los valores polínicos de cereal. El aprovechamiento antrópico del territorio también tuvo un carácter ganadero, según evidencia la presencia constante de esporas coprófilas como *Coniochaeta*, *Sordaria* y *Sporormiella* (Blackford y Innes, 2006; Cugny *et al.*, 2010). En este momento se evidencia además un incremento de Cichorioideae y Asteroideae, que ponen de manifiesto la apertura del medio.

Las evidencias de incendios, en cambio, resultan ahora de poca consideración, lo que podría sugerir su menor frecuencia. Este dato podría interpretarse como resultado de un uso agropecuario más estable en el espacio. El mayor impacto antrópico en el área de Somolinos probablemente plasman la consolidación definitiva de las comunidades humanas en el área

oriental del Sistema Central, reflejando la consolidación del poblamiento celtibérico en este sector.

En general, pese a que la estabilización de la presencia humana parece ser ya evidente, ésta no implicó cambios profundos en la estructura del paisaje. Así, el área del Macizo de Pela se mantuvo todavía como un espacio eminentemente arbolado, ocupado por pinares que incluso parecen recuperarse ante la menor recurrencia de los incendios. El bosque de encinar y melojar continuó ocupando las cotas altitudinales inferiores, en los espacios con mejor disponibilidad hídrica, aunque ha reducido su superficie en comparación con los comienzos del I milenio cal aC. Este hecho posiblemente guarda relación con la proliferación de asentamientos humanos en los sectores de llano, donde se desarrollan preferentemente el encinar y el melojar. El aumento de *Spirogyra* (van Geel, 2001), *Pediastrum* (Boudreau *et al.*, 2005; Patterson *et al.*, 2002), *Thecamoebae* y *Glomus* (Anderson, 1984; Marinova y Atanassova, 2006) pone de manifiesto la existencia de condiciones de mayor productividad en el lago. Precisamente, estos datos son coherentes con la respuesta de otros indicadores paleoambientales estudiados en el registro de Somolinos PAS tales como diatomeas, los ostrácodos y la sedimentología, han sido interpretados como evidencias de la reducción de la columna de agua (Currás *et al.*, 2012), hecho que podría relacionarse con unas condiciones climáticas más secas. En este mismo sentido ha sido explicada la reducción de los niveles lagunares detectados en otros sectores peninsulares, como en la laguna de Zóñar (Córdoba), con cronologías similares entre 195 ± 56 cal aC y 153 ± 76 cal dC (Martín Puertas *et al.*, 2009).

En el s. I cal aC se produjo un cambio de gran magnitud en la configuración paisajística del entorno de Somolinos. El registro polínico revela una importante deforestación del pinar, que hasta el momento ocupaba las elevaciones del Macizo de Pela. El encinar también experimentó una reducción significativa. El cambio aparece registrado desde la cota 216 cm, datada en torno a ca. 70 cal aC (ver cap. 5.2), y se plasma de forma muy evidente en el diagrama de concentración polínica, que indica una notable reducción del aporte polínico de *Pinus*. La configuración vegetal registrada en la muestra inmediatamente anterior, situada a 220 cm, evidencia un pinar desarrollado, indicando que esta reducción forestal pudo haberse producido en un lapso temporal inferior a los 15 años. La rapidez con la cual que se produce la retracción forestal permite pensar que este evento fue consecuencia una actuación de origen antrópico. En este sentido, se observa una sincronía entre la deforestación del Macizo de Pela y el inicio de la administración romana en Tiermes desde el año 98 aC, según Apiano (Iber., 99).

El carácter antrópico de la deforestación viene corroborado, además, por la señal de taxones apofíticos como *Rumex acetosa*-t, *Rumex acetosella*-t, *Plantago major/media*-t y especialmente *Plantago lanceolata*-t, taxones que se extienden desde este momento, indicando la existencia de perturbaciones antrópicas. A estas evidencias se añade el incremento experimentado por algunos taxones indicadores de la apertura del medio, como Cichorioideae, Asteroideae, Brassicaceae y Lamiaceae y Poaceae, así como de otros que, en este sector, pueden verse favorecidos por las actividades pastoriles, como *Artemisia* o *Trifolium* (de la Cruz, 1994).

El incremento de las actividades ganaderas se encuentra reflejado tanto en la expansión de los mencionados taxones como en la proliferación de esporas de hongos coprófilos *Sordaria*, *Sporormiella*, *Delitschia* y *Podospora* (Blackford y Innes, 2006; Cugny *et al.*, 2010; Mazier *et al.*, 2009; van Geel y Aptroot, 2006). Este desarrollo ganadero posiblemente aprovechó los espacios abiertos en la sierra, donde ahora se extienden herbazales y pastizales, para llevar a cabo sus actividades.

La generación de espacios deforestados favoreció la extensión de algunas comunidades vegetales de sustitución (de la Cruz, 1994), representadas en este sector por la presencia de Lamiaceae, así como por el matorral de Ericaceae y de Cistaceae. Sin embargo, la expansión de los cultivos es el dato que mejor evidencia la intensificación de la explotación humana del sector desde el s. I cal aC. A partir de esta fecha la señal polínica de cereal experimenta un importante incremento. La explotación del castaño (*Castanea sativa*), que ya había sido documentada anteriormente, también aumenta a partir del episodio de deforestación. Por otra parte, se asiste a un incremento de *Olea*, reflejando la expansión regional del olivo durante época roma en las zonas meridionales, climáticamente más favorables. La expansión del olivar ha sido documentada también en otros sectores de la meseta (López-Sáez *et al.*, 1999).

En este contexto de cambio paisajístico, los valores de concentración absoluta del registro polínico permiten analizar con mayor precisión la evolución del conjunto de la vegetación. De este modo es posible discriminar algunos incrementos porcentuales de determinados taxones, que resultan apenas relevantes en sus valores de concentración (ver capítulo 2.4.1). Así, por ejemplo, las poáceas experimentan un marcado incremento porcentual posterior a la deforestación del pinar, cuando en realidad las gramíneas se extendieron por la sierra a un ritmo lento, según sugieren sus valores de concentración polínica.

El inicio del período romano en Tiermes (fig. 79) alteró significativamente el espacio situado en el entorno de Somolinos y en el Macizo de Pela, produciendo un paisaje abierto donde anteriormente se extendía una masa forestal. Este cambio paisajístico desencadenó diversos procesos que produjeron cambios en las condiciones lacustres. Las evidencias de un mayor contenido en materia orgánica coinciden con un aumento de la erosión, reflejado en el incremento de *Glomus* (Marinova y Atanassova, 2006), que sugiere la procedencia exógena de nutrientes de probable origen antrópico y zoógeno. Estos aportes contribuyeron a una mayor fertilización del medio lagunar, como sugiere el desarrollo de algas como *Spirogyra* y *Pediastrum* o de protozoos como Thecamoebae (van Geel, 2001; Boudreau *et al.*, 2005; Patterson *et al.*, 2002).

Los cambios paisajísticos y de los usos del suelo registrados en Somolinos, difieren en algunos aspectos de la evolución documentada en el sector de Pelagallinas (Franco Múgica *et al.*, 2001), situado tan sólo a 5 km al S-SO. En este registro, el impacto antrópico de época romana está también documentado, aunque allí no se aprecia un desarrollo de las actividades antrópicas tan significativo como en Somolinos. Esto se comprueba especialmente en el desarrollo de la agricultura cerealística, que en Pelagallinas no aumenta significativamente hasta el s. V cal dC, momento en la cual también lo hacen otros indicadores de perturbación antrópica como

Plantago lanceolata-t. De la comparación entre ambos registros es posible inferir que la intensificación agraria y ganadera tuvo lugar preferentemente al Norte de Somolinos, probablemente en las inmediaciones de Tiermes, es decir, en las llanuras que se extienden al N de Sierra de Pela, en el sector de Caracena. En el Valle de Miedes, al Sur de la laguna, el sector pudo haber sido explotado, pero en menor grado. La ausencia de asentamientos humanos conocidos en esta zona meridional apoya esta hipótesis. Entre la laguna de Somolinos y Tiermes se erigió un espacio nuevo, generado por la acción antrópica, cuyo principal aprovechamiento probablemente consistió en su uso como zona de pasto.

Algunas fuentes históricas pueden contribuir a explicar la rapidez del episodio de deforestación ocurrido en el Macizo de Pela. En este sentido, las fuentes clásicas aportan información acerca de los diferentes episodios relacionados con la conquista romana de la Celtiberia durante los siglos II y I aC. Por una parte, según narra Diodoro Sículo (BH. 33, 16), una de los mecanismos de establecer la paz con los habitantes de las ciudades como Numantia y Tiermes, acordaba que «una y otra ciudad entregaría a los romanos 3000 rehenes, 9000 sagos, 3000 pieles de buey, 800 caballos de batalla y todas las armas». Diodoro sitúa esta imposición en 140-139 aC, a la cual los numantinos se negaron y decidieron resistir militarmente, prolongando la conquista bélica hasta la fecha de capitulación definitiva de ambos núcleos, que ocurrió en 133 aC y 98 aC, respectivamente.

Las exigencias de bienes materiales descritas por el autor siciliano, de cumplirse, debieron representar una significativa intensificación de la actividad ganadera para satisfacer las cantidades de piel estipuladas. En este sentido, el pago de este *tributo* pudo haber requerido la ampliación de la extensión de pasto disponible, para poder así soportar la presión de dicha actividad y proveer de pasto a una cabaña ganadera de notables dimensiones.

Las fuentes romanas documentales explican, por otra parte, que durante las Guerras Sertorianas, que transcurrieron entre 80 y 72 aC, Tiermes formó parte del conjunto de ciudades adheridas al bando rebelde sertoriano, entre las cuales figuraban además Huesca, Clunia, Valencia, Uxama y Calagurris (Floro, 2, 10, 9). La derrota de Sertorio frente al ejército de Pompeyo implicó un nuevo sometimiento de éstos núcleos al poder romano.

Según el modelo cronológico de Somolinos PAS, el evento de deforestación podría haberse produce con posterioridad al episodio bélico sertoriano. Si bien en la actualidad no se dispone de ninguna evidencia documental o arqueológica que directamente revele la demanda romana de una compensación de guerra a la ciudad de Tiermes, su existencia como práctica habitual por parte de Roma con los pueblos conquistados en este territorio podría estar avalada por el ejemplo mencionado en Diodoro en BH. 33, 16 y datado entre 140-139 aC. En este sentido, existe algún trabajo que ha sugerido la existencia de una posible situación de contracción de deuda por parte de los habitantes de Tiermes, obligación a la cual éstos se encontrarían jurídicamente sujetos y de la cual podría dar cuenta una inscripción epigráfica procedente del foro termestino (Gómez-Pantoja, 2007). No obstante, este documento epigráfico ha sido interpretado de manera diferente. En concreto, se ha propuesto que la inscripción podría aludir implícitamente a la existencia de una fundación alimentaria imperial patrocinada por el estado

romano (Mangas y Martínez, 2003) y que estaría fundamentada en un gran desarrollo agrícola. En todo caso, pese a las diferentes interpretaciones de este documento epigráfico, ambas revelan las dimensiones políticas de la presencia romana en el territorio de Tiermes y de la expansión de las actividades ganaderas y/o agrícolas.

La extensa intervención humana documentada en el Macizo de Pela no es exclusiva de este sector, ya que el Sistema Central cuenta con ejemplos de impacto antrópico sobre pinares altimontanos datados también en época romana. Además del ya mencionado impacto en la turbera de Pelagallinas (Franco Múgica *et al.*, 2001), se conocen deforestaciones en Gredos y Ávila (Andrade *et al.*, 1994), las documentadas en el Macizo de Peñalara en el s. II y III dC (Gómez González *et al.*, 2009a), así como las evidencias de deforestación sin datar pero de posible cronología romana en Hayedo de Montejo (Gil García *et al.*, 1993a). En Loma de Peñas Crecientes (1770 m) (Vázquez y Zapata, 1992) también ha sido documentada una deforestación del pinar asociada a un uso agropecuario durante época romana, poniendo de manifiesto la incidencia antrópica en el ámbito de la Sierra de Guadarrama en torno al cambio de era (Andrade *et al.*, 1997). En Rascafría (Franco Múgica *et al.*, 1998) también se registra un retroceso forestal posterior a 2000 BP, aunque este evento no está datado con suficiente resolución.

En contraste con lo que venía sucediendo en la etapa anterior a la conquista romana, en el registro de Somolinos PAS no se dispone de evidencias de incendios relacionados con la apertura paisajística del s. I cal aC. Este hecho podría constituir una muestra más de los cambios en la gestión del medio y de los recursos sucedidos después de la conquista romana, que conllevó



Fig. 79 Fotografía aérea de la ciudad romana de Tiermes (detalle del foro).

una estabilidad de los usos. En este sentido, se ha propuesto que el modelo administrativo y económico romano impuesto en el territorio celtibérico conquistado buscó incrementar notablemente la productividad de las comunidades locales en términos agrícolas, ganaderos o industriales, a través de fórmulas impositivas diversas, orientadas a satisfacer un mercado muy extenso (Burillo, 2007), hecho que implica un punto de inflexión respecto al modelo de explotación territorial de raíz celtibérica. La

deforestación del Macizo de Pela constituye un elemento muy representativo a nivel paisajístico que sintetiza el profundo cambio experimentado en este territorio, dedicado ahora a una explotación generalizada en agrícola y ganadera, pero también reestructurada a nivel de poblamiento, como demuestra la red de asentamientos de cronología romana (Heras Fernández,

2000) distribuidos paralelamente a la Sierra de Pela, a lo largo de la Depresión de Tiermes (fig. 11).

La explotación del territorio y los recursos iniciada en época romana fue diversa, como demuestra la coexistencia de actividades agrícolas y ganaderas. Este uso diversificado del medio ha sido corroborado también por la señal geoquímica de la secuencia de Somolinos PAS, que revela un incremento de actividades mineras a escala regional (Currás *et al.*, 2012) coincidiendo con la administración romana del territorio (fig. 80).

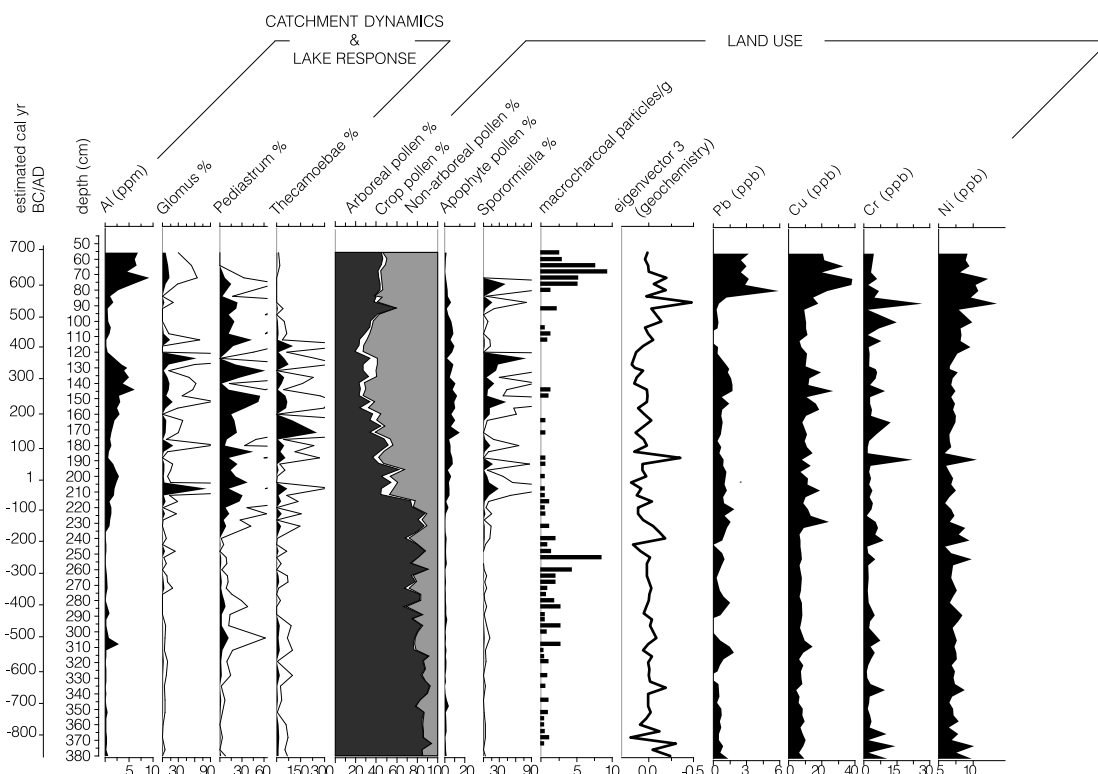


Fig. 80 Diferentes indicadores geoquímicos (Pb, Cu, Cr, Ni) y bióticos analizados en el marco del proyecto HIDRAM 4000.(Currás *et al.*, 2012).

La presión sobre el territorio se intensificó nuevamente entre la segunda mitad del s. II cal dC y el s. III cal dC, cuando se produjo una segunda deforestación del pinar y posteriormente también del encinar. Esta segunda fase de apertura forestal, visible desde el inicio de la subzona polínica SP-IIb, se caracteriza por la estabilidad de los cultivos cerealísticos, con presencia de centeno y *Vitis*.

En este momento se produce un aumento generalizado de la presión ganadera, tal como indica el aumento de esporas coprófilas *Sordaria*, *Cercophora*, *Delitschia* y *Coniochaeta*. Destaca especialmente el incremento registrado por *Sporormiella* desde la cota 165 cm, a partir de 170 cal dC. La estricta asociación de esta espora con la presencia de ganado (Blackford y Innes, 2006; Cugny *et al.*, 2010; Davis y Shafer, 2006) se añade al incremento de taxones polínicos nitrófilos y ruderales como *Rumex acetosa-t*, *Rumex acetosella-t*, *Polygonum aviculare-t* y, posteriormente en el s. III cal dC, de *Plantago major/media-t* o *Sanguisorba minor-t*. El incremento de *Trifolium*, taxón propio de espacios elevados de pasto (de la Cruz, 1994), se suma a las evidencias de intensificación de la actividad ganadera. Todas estas evidencias sugieren la existencia de una

significativa actividad pastoril en el entorno de Somolinos y en el Macizo de Pela. En estos sectores somitales se produjo a partir del s. III cal dC una notable extensión de las lamiáceas, que probablemente reflejan la importancia que alcanzaron los tomillares como resultado de una continua degradación vegetal.

Durante los siglos III y IV cal dC (subzona SP-IIb) el paisaje vegetal del Macizo de Pela y su entorno estuvo formado por extensiones de matorral mediterráneo, brezales y pastizales. El pinar y el matorral de *Juniperus* se redujo mucho, poniendo de manifiesto un apertura general en las cotas altas. Los mínimos valores que registra ahora el encinar (en 145 cm) indican la existencia de un retroceso acusado del bosque también en los sectores llanos. La perturbación del medio fue muy alta durante esta época, e implicó el desarrollo de comunidades vegetales de sustitución del pinar y encinar (de la Cruz, 1994; de La Cruz y Peinado, 1996; de la Cruz *et al.*, 1997), manifestada en una extensión de las formaciones de jaral (*Cistus*), de brezal (*Erica*) y de rosáceas, probablemente localizadas en las zonas de mayor humedad. Los sectores más secos fueron probablemente ocupados por matorral de Lamiaceae y también por Fabaceae. La apertura del medio iniciada durante los siglos I y II dC adquiere ahora un mayor alcance, y puede relacionarse tanto con un auge de la ganadería como con una consistente expansión de la agricultura.



Fig. 81 Panorámica del Macizo de Pela, actualmente desprovisto de vegetación arbórea.

En el s. IV cal dC, el cultivo de cereal alcanzó su máxima representatividad en el registro polínico (125 cm), evidenciando una amplia extensión de la actividad agrícola por el territorio. Es interesante comprobar cómo mientras el cultivo de centeno se mantiene estable, el tipo polínico *Cerealia* experimenta un marcado incremento. El elevado grado de antropización del espacio se manifiesta además en la diversidad de taxones característicos de ambientes perturbados, como Cichorioideae, Asteroideae, Brassicaceae o *Artemisia*, que si ya formaban parte de la flora herbácea desde el inicio de la deforestación en el s. I cal aC (216 cm), en el s. IV cal dC experimentan un notable incremento como consecuencia de la nueva expansión de las actividades antrópicas en el sector.

Durante los siglos III y IV cal dC, se registra el máximo grado de incidencia humana en el sector situado entre las actuales provincias de Guadalajara y Soria. La amplia extensión de las actividades antrópicas debió alcanzar el sector meridional del Valle de Miedes. En esta zona, la secuencia de Pelagallinas (Franco Múgica *et al.*, 2001) evidencia ahora un aumento de los cultivos y de la perturbación antrópica en el s. IV cal dC, que son un reflejo probable de la extensión meridional de los usos del suelo en el territorio, un proceso que también está documentando en la secuencia de Somolinos.

La intensificación de este proceso de antropización del medio, que se plasma en la apertura total del medio (fig. 81) en los siglos III y IV cal dC, posiblemente guarda relación con el inicio de una dinámica socioeconómica nueva, de larga duración, que dio comienzo en el s. III dC y comportó una progresiva pérdida de importancia política de algunos sectores de Hispania en el mundo romano, entre los cuales se incluía la meseta (García Merino, 2007). En el marco de este proceso, la ciudad de Tiermes experimentó un cierto estancamiento (Martínez Caballero, 2006; Gómez Santa Cruz, 1992, 1994) que favoreció el desarrollo del *ager* territorial. De esta forma, el ámbito rural se vio revalorizado políticamente frente al anterior centro de poder, de carácter urbano, en virtud de su potencialidad económica. Este proceso, ampliamente documentado en el occidente romano (Fuentes Domínguez, 2006), puede ser considerado como un factor que contribuyó decisivamente a generar un paisaje ampliamente deforestado en el entorno de Tiermes, donde tuvo lugar un importante incremento de las explotaciones agropecuarias.

La consolidación de este modelo económico basado en la extensa explotación del medio rural se manifiesta arqueológicamente en la expansión de las *villae* de época bajoimperial (s. III, IV y V dC). La dispersión de este tipo de núcleos por el sector de Tiermes y de Caracena (Heras Fernández, 2007; García Merino, 2007) ha sido constatada arqueológicamente, y puede relacionarse con la intensa gestión del medio documentada en la secuencia de Somolinos PAS en las mismas fechas.

A finales del s. IV cal dC, el diagrama de Somolinos PAS registra una tercera fase de deforestación del pinar. La alta productividad y elevada capacidad de dispersión polínica de *Pinus* (Calcote, 1995; Cañellas-Boltà *et al.*, 2009; Court-Picon *et al.*, 2006) sugiere que la débil representación que este taxón muestra en el tramo comprendido entre 120 y 90 cm, es el resultado de la contribución de la lluvia polínica regional, indicando la procedencia lejana de la fuente emisora. De aquí se deduce que durante esta fase, que cubre aproximadamente todo el s. V cal dC, el pinar desapareció en el entorno del Macizo de Pela. La ausencia de cubierta forestal en las zonas somitales serranas se contraponen a la evolución en los sectores de llano, donde existen claros indicios de recuperación de la población de *Quercus*, al mismo tiempo que se constata una progresiva desaparición del matorral de lamiáceas. El encinar pudo recuperar además parte de su sotobosque, proceso que podría estar evidenciado por el aumento de *Pistacia* (de la Cruz, 1994).

El desarrollo del bosque en ambientes de valle está estrechamente vinculado en el área de estudio al retroceso del cultivo de cereal, documentado en la secuencia a finales del s. V cal dC. Las

prácticas agrícolas, sin llegar a desaparecer completamente, fueron reduciendo su extensión y con ello la superficie antrópicamente perturbada, favoreciendo la regeneración del bosque

Una consecuencia de este cambio en los usos del suelo puede ser observada en la reducción de taxones indicadores de ambientes perturbados, tales como Cichorioideae, Asteriodeae o *Artemisia* y ruderales como *Polygonum aviculare*-t. Entre los cambios registrados en esta época destacan sobre todo los asociados a la ganadería, actividad cuya presencia en el entorno de la laguna descendió abruptamente, según indica la reducción de valores de esporas coprófilas como *Sporormiella* y *Sordaria*. No obstante, la presencia de otros indicadores antrópicos como *Plantago lanceolata*-t y *Sanguisorba minor*-t, así como la continuidad en el cultivo de castaño, ponen de manifiesto que, pese a soportar ahora una menor presión, el territorio todavía se mantuvo explotado aunque bajo nuevos usos e intensidades.



Fig. 82 Actividades de pastoreo documentadas actualmente en el entorno del yacimiento de Tiermes.

La configuración paisajística del sector es coherente con la propia evolución del núcleo romano de Tiermes. Esta ciudad, que ya había experimentado los efectos de un cierto estancamiento durante el siglo III dC (Martínez Caballero, 2006), evolucionó lentamente hacia el abandono. Este proceso condujo a la desintegración de las estructuras socioeconómicas tradicionales romanas en este sector, que tuvo repercusiones en el ámbito rural, cuya red de explotaciones en forma de *villae* comenzó a decaer a partir de esta época (Heras Fernández, 2007). Durante los siglos V y VI cal dC, el paisaje experimentó una importante transformación, resultado del hecho de que el territorio se viese sometido a una menor presión en los valles de Miedes y de Tiermes. Este cambio se materializa en la desaparición del uso agropecuario extenso y la regeneración del estrato arbóreo. A pesar de todo, es posible considerar que en los sectores más elevados tuviesen lugar algún tipo de prácticas, presumiblemente ganaderas, que aprovecharan la existencia de herbazales en un extenso espacio deforestado en altura (fig. 82). El grado de deforestación en el siglo V cal dC y la primera mitad del VI cal dC es todavía notable, y sugiere la conservación de dicho espacio abierto, con una limitada regeneración forestal. Aún así, las evidencias polínicas que apoyan un uso ganadero en este sector son escasas, documentándose apenas un incremento de hongos coprófilos (*Sporormiella*) poco antes del siglo VII cal dC.

En todo caso, la ciudad de Tiermes y su área de influencia seguían siendo lugar de hábitat, como demuestra el uso continuado de su necrópolis y la dispersión de estelas visigóticas por el territorio, datadas hasta el s. VIII dC (de la Casa y Doménech, 1983). Dicha ocupación podría haber mantenido la explotación de los sectores altitudinales. En este sentido, la señal geoquímica de la secuencia de Somolinos PAS evidencia una mayor incidencia de las prácticas mineras durante este período (Currás *et al.*, 2012), aunque la naturaleza regional de la señal geoquímica no permite constatar que esta actividad se esté produciendo a escala local (fig. 80).

Durante el final del siglo VI y parte del VII cal dC se produjo una recuperación moderada del pinar en los sectores elevados, donde se documenta la regeneración del matorral de *Juniperus* en detrimento de las formaciones herbáceas, lo que indicaría una desintensificación de su uso ganadero. En el siglo VII cal dC el bosque de *Quercus* fluctuó levemente, con tendencia a retroceder, mientras las actividades agrícolas disminuyeron, a excepción de la explotación del castaño. En líneas generales, el paisaje de la zona durante este período conserva su carácter abierto, especialmente en sectores llanos. Por otra parte, en este momento se documenta un incremento de partículas de macrocarbones, que podría indicar la presencia de incendios. Estos fuegos podrían haber tenido alguna relación con la retracción del encinar, aunque estos datos por sí solos no permiten asegurar esta hipótesis. No obstante, conviene tener presente que en sectores orientales del Sistema Central han sido detectados incendios durante época visigótica que afectaron notablemente los pinares (López-Merino *et al.*, 2009b), y a los que se han atribuido causas antrópicas.

En esta zona de la Península Ibérica los datos arqueológicos e históricos para el período delimitado entre los siglos V y VIII dC son escasos, en comparación con los períodos anteriores y posteriores. En este sentido, los mecanismos de transformación de las estructuras sociales siguen sin poder definirse con precisión, pero las consecuencias derivadas de esta evolución se reflejaron en los cambios de la configuración paisajística, que indican una desintensificación de las actividades humanas. En este contexto de cambio paisajístico, se documenta una oscilación del litoral de la laguna, evidenciado por el acercamiento de las comunidades de ciperáceas hacia el interior de la misma, que pone de manifiesto una reducción de la columna de agua. Posteriormente, la secuencia registra la desecación y colmatación del lago, mientras que el incremento de *Glomus* indica la existencia de un mayor aporte detrítico (Anderson, 1984; Marinova y Atanassova, 2006). La colonización del medio por la vegetación terrestre, representada por Cichorioideae, es paralelo al retroceso de la vegetación higrófila (*Typha-Sparganium* y *Myriophyllum*). Este cambio vegetal a escala local indica el desarrollo de un horizonte edáfico en la cubeta. Este cambio litológico es visible en la litozona 4 (80-55 cm), donde se constata un aumento del material siliciclástico y un mayor contenido en materia orgánica.

La colmatación de la laguna de Somolinos constituye el final de un proceso de desecación que comenzó en el siglo V cal dC. Así lo indican diferentes indicadores bióticos, como el registro de ostrácodos, de gasterópodos y de diatomeas (Currás *et al.*, 2012). Estas evidencias indican una menor disponibilidad hídrica y una reducción de la laguna. En la Península Ibérica no abundan

los registros analizados a alta resolución que cubran de manera fiable este período, aunque se dispone de evidencias que indican el predominio de un ambiente más seco desde 350 dC en Zóñar (Córdoba) (Martín Puertas *et al.*, 2008), o en La Cruz (Cuenca) (Julià *et al.*, 1998) donde se ha comprobado la existencia de una fase árida en torno al siglo VII dC.

El análisis de la secuencia turbosa de Cañamares ha permitido caracterizar la evolución del paisaje durante los últimos 1500 años en el entorno de las poblaciones de Cañamares y La Miñosa, un sector de relieve suave situado entre la Sierra de Bulejo (sector oriental del Macizo de Pela) y el Corredor Atienza-Sigüenza (fig. 47, 48). Esta secuencia permite completar el período posterior al s. VII dC, momento en el que finaliza el registro paleoambiental de Somolinos PAS.

Cabe tener presente que a diferencia de las secuencias lacustres como Somolinos PAS, las turberas registran mejor el aporte polínico de la vegetación local (Sugita, 1993, 1994; Prentice, 1988; Davis, 2000). Como resultado, el componente polínico del *background* regional posee una menor representación. Por este motivo, es preciso señalar que la secuencia de Cañamares evidencia la evolución de la vegetación de un ámbito geográfico más reducido que el registrado en Somolinos PAS, de carácter más regional. Así, en el registro polínico de Cañamares adquiere mayor relevancia (Sugita, 1994) la evolución de la vegetación adscrita al área definida por la cuenca del Arroyo de la Cañada y el curso medio del río Cañamares (fig. 46), mientras que probablemente hay una menor representación de los sectores más montañosos, ubicados hacia el O e inscritos en la sierra de Alto Rey, así de las zonas situadas hacia el E, en el corredor Atienza-Sigüenza.

El sector de Cañamares se caracteriza en torno al siglo V cal dC por ser un paisaje deforestado. Los bajos valores que presentan los taxones arbóreos indican que esta configuración del tapiz vegetal se mantuvo estable y el estrato arbóreo no experimentó ningún proceso de regeneración hasta el s. XII cal dC. La escasa cobertura forestal documentada se compone de pinares, cuya débil representación en el diagrama posiblemente pone de manifiesto la presencia de pequeños grupos de pinares a escala regional (Calcote, 1995; Cañellas-Boltà *et al.*, 2009; Court-Picon *et al.*, 2006), mientras que estas comunidades forestales probablemente estaban ausentes en el entorno de la cuenca del río Cañamares. Este sector, ubicado en una zona húmeda y menos expuesta al frío que en las parameras de la región (de la Cruz, 1994), posee condiciones climáticas más favorables para la extensión del encinar y el melojar. Sin embargo, la representación de estos taxones es también escasa en este momento. El matorral, representado por el jaral (*Cistus*) y el brezal (*Erica*), también presenta una escasa expansión en este momento, confirmando el estado de intensa deforestación general de esta zona.

En la secuencia de Cañamares han sido documentadas, no obstante, evidencias de *Salix* y de *Fraxinus*, indicando una probable presencia local (Cañellas-Boltà *et al.*, 2009) de estas comunidades riparias. Los elevados valores de gramíneas presentes en la zona polínica CNM-I indican el carácter abierto del paisaje que predominó en este sector durante el período cronológico entre los siglos V a XII cal dC. En este contexto, *Artemisia* presenta valores en aumento, sugiriendo una posible incidencia de condiciones climáticas más continentales y secas,

ya documentadas en la laguna de Somolinos con esta misma cronología. En sectores de llanura ubicados en la submeseta, como las Tablas de Daimiel, también se ha podido documentar una fase árida entre 270 y 950 cal dC (Gil García *et al.*, 2007).

Las prácticas antrópicas se ponen de manifiesto a partir de la actividad agrícola, según indica la presencia de cereal. Además, las evidencias puntuales de *Castanea* indican la existencia de una explotación moderada del castaño. En general los valores de cultivos cerealísticos son de escasa entidad, lo que sugiere una presencia limitada de esta actividad agrícola en el entorno de Cañamares. En una línea similar, es posible proponer la presencia de actividad ganadera en el sector. Su observación se basa en la presencia de esporas coprófilas como *Sordaria* y, de manera más constante, *Tripterospora* (Blackford y Innes, 2006; van Geel *et al.*, 2003) en el tramo 250-234 cm de profundidad. No obstante, la ausencia de esporas de hongos estrictamente coprófilos como *Sporormiella* (Davis y Shafer, 2006), de la cual sólo consta una presencia puntual a 248 cm, no permite asegurar la existencia de una ganadería local entre los siglos V y VII cal dC.

La presencia de taxones apofíticos asociados a ambientes antropizados, como Cichorioideae y sobre todo *Plantago lanceolata*-t, sugiere que el sector de Cañamares era un espacio altamente perturbado por la acción antrópica. Los muy elevados valores de *Plantago lanceolata*-t no parecen corresponderse con una actividad agrícola o ganadera local. Esta circunstancia, junto a la buena dispersión polínica de este taxón (Hjelle, 1999; Ejarque *et al.*, 2011), permite interpretar su representación como reflejo de una antropización de carácter extralocal. Sin embargo, destacan los valores de *Centaurea solstitialis*-t en el tramo 250-235 cm, taxón que suele estar vinculado a la alteración de suelos por actividades agrícolas (Bottema y Woldring, 1990; Brun, 2009; Djamali *et al.*, 2009). La coincidencia de estos taxones apofíticos con las débiles evidencias de actividades agropecuarias locales es un hecho a tener en cuenta, ya que no permite identificar con claridad las actividades responsables de dicha perturbación ni su área de actuación. No obstante, una hipótesis que diese cuenta de la abundante presencia de *Centaurea solstitialis*-t podría ser explicada a partir de su capacidad de dispersión polínica, un rasgo conocido al menos para el tipo *Centaurea cyanus*-t (Makohonienko *et al.*, 1998). Esta característica contrasta con el mecanismo autopolinizador de los cereales (Diot, 1999), el cual implica su infrarrepresentación en los registros polínicos. Teniendo en cuenta estos condicionantes, es posible que la señal polínica de *Centaurea solstitialis*-t refleje la presencia de una actividad antrópica en un entorno no inmediato a la turbera.

En relación a *Centaurea solstitialis*-t, es preciso indicar que este taxón alcanza sus valores máximos durante el período de dominio visigótico en la región (250-238 cm, siglos V, VI y VII dC). La arqueología y la documentación histórica han permitido documentar la continuidad de la ocupación del territorio durante época visigótica (Gamo Parras, 2006), sobreviviendo a la desarticulación progresiva de las estructuras sociopolíticas originadas en época romana. Pero sin embargo, la escasa documentación sobre el poblamiento altomedieval en el sector de Cañamares dificulta poder adscribir una determinada estrategia de gestión del medio. En todo caso, las actividades humanas estuvieron presentes y tal vez puedan explicar la persistencia de un paisaje

deforestado desde mediados del s. V cal dC, en el cual los elevados valores de gramíneas ponen de manifiesto una significativa extensión de los pastizales en todo el sector.

Desde un punto de vista regional, la secuencia de Cañamares documenta una configuración paisajística similar a la registrada en Somolinos en los siglos V y VI cal dC. Los datos indican que este sector de la región noroccidental de Guadalajara se encontraba deforestado durante época tardoantigua y el inicio de la Edad Media, aunque las evidencias de actividades antrópicas son moderadas en ambos registros. Esta situación se prolonga durante toda la segunda mitad del I milenio cal dC, al menos en el entorno de Cañamares.

Posteriormente a la conquista musulmana del s. VIII dC y a la integración de este territorio en la administración califal (Manzano Moreno, 1991), se documenta una menor presencia de *Centaurea solstitialis*-t, reducción que coincide con un aumento de *Plantago lanceolata*-t. Del mismo modo, es significativa la desaparición de los cultivos cerealísticos por un breve lapso temporal (236 cm), datado en ca. 765 cal dC, y asociado cronológicamente al inicio del período musulmán, fechado en 711 dC. La variabilidad mostrada por estos taxones indicadores de actividad antrópica posiblemente refleja un cambio en los usos del suelo del sector de Cañamares, hecho que coincide con la variabilidad política de este sector durante este momento. Estas evidencias podrían apuntar hacia un abandono transitorio de la agricultura, como posible resultado de la inestabilidad generada por el nuevo contexto político. Así, el retroceso de *Centaurea solstitialis*-t podría ser una manifestación de la interrupción de un modelo anterior de uso y gestión de origen visigótico, así como de la adopción de nuevas estrategias en la gestión del medio.

Desde los siglos IX y X cal dC se detecta una mayor influencia de las actividades humanas, cuyos efectos se ponen de manifiesto en la recuperación de taxones cultivados y el desarrollo de taxones ruderales como *Rumex acetosa*-t o de medios abiertos, como Asterioideae. Se registra también un aumento de *Olea*, que podría poner de manifiesto la extensión del olivar a nivel regional. La secuencia revela la presencia de otros indicadores, en ocasiones vinculados a espacios de pastos en ecosistemas mediterráneos, como *Polygonum aviculare*-t (Carrión *et al.*, 2003; Carrión y van Geel, 1999; Carrión, 2002). El carácter indicador de presencia ganadera de este taxón se encuentra reafirmado, en este caso, por un incremento leve de los valores de la esporas coprófilas como *Sordaria* y con la presencia puntual de *Sporormiella*, *Tripterospora* y *Delitschia* (Blackford y Innes, 2006; Cugny *et al.*, 2010; Mazier *et al.*, 2009; van Geel y Aptroot, 2006), que corroboran la existencia de una ganadería local. No obstante, el reducido valor porcentual de los tipos polínicos y de NPP relacionados con esta actividad aconseja matizar las hipótesis acerca del uso ganadero de este sector durante época musulmana. Cabe considerar la posibilidad de que esta actividad o bien no se llevase a cabo en el entorno de la turbera y su reflejo polínico sea marginal, o bien que sí tuvo lugar localmente, pero con una menor continuidad que la actividad agrícola, la cual parece más estable durante esta fase. La actividad ganadera en época islámica ha sido apuntada en sectores llanos de la Mancha, como Tablas de Daimiel (Gil García *et al.*, 2007), así como en sectores altimontanos de Guadarrama (Gómez González *et al.*, 2009b).

Por el contrario, los indicadores de cultivos revelan un uso del suelo estable durante los siglos X y XI cal dC. Para estas cronologías, aunque si bien los datos históricos y arqueológicos disponibles en el territorio próximo a Cañamares son escasos, ha sido posible constatar el desarrollo de una densa red de poblamiento andalusí en la vecina cuenca del Río Salado (Malpica Cuello y



Fig. 83 Salinas de Imón, situadas 20 km al E de Cañamares.

García-Contreras, 2009) (fig. 83). Estos grupos, supuestamente caracterizados por llevar a cabo una actividad económica de tipo mixto, reflejan la estabilización del poblamiento a nivel regional posterior a la conquista musulmana del s. VIII. En este contexto, Atienza y su área de influencia adquieren un papel destacado en el territorio (García-Soto, 2005). Las evidencias registradas en la secuencia de Cañamares podrían estar relacionadas con el impacto de este poblamiento en la zona.

Por otra parte, se documentan evidencias de retracción de la vegetación higrófila local, en la cual Cyperaceae es el taxón mejor representado, que podría reflejar un cambio en las condiciones hídricas locales durante los siglos VIII y IX cal dC. En este sentido, un incremento de la superficie inundada podría haber facilitado el alejamiento de Cyperaceae, de la misma forma que permitiría el desarrollo de algas zygnematales y *Spirogyra* (van Geel, 2001), documentadas en la secuencia entre ca. 650 y 850 cal dC. Durante este período cronológico se observa una mayor presencia de taxones arbóreos de preferencias húmedas, como *Quercus* tipo caducifolio, *Betula* o *Corylus* (de la Cruz, 1994). El desarrollo de estos árboles coincide con la desaparición y retroceso de otros taxones xerófilos y adaptados a condiciones más continentales, como *Juniperus* o *Artemisia*. Estas evidencias de variabilidad vegetal podrían reflejar un aumento de la disponibilidad hídrica ocurrido posteriormente a la conquista musulmana, durante el siglo VIII cal dC. Este posible evento más húmedo podría estar relacionado con el período frío altomedieval en la Península Ibérica (Desprat *et al.*, 2003).

No obstante, esta interpretación no está exenta de complejidad ya que, al contrario de la hipótesis propuesta para Cañamares, una significativa parte de los estudios paleoclimáticos realizados en la península coinciden en reconocer el predominio de condiciones más secas en este período (Riera *et al.*, 2004; Martín Puertas *et al.*, 2008, 2009; Corella *et al.*, 2010). Estos trabajos interpretan la señal paleoambiental en consonancia con las características de la Anomalía Climática Medieval (MCA), cálida y árida, cuyo inicio suele detectarse en el último

tercio del I milenio dC, incluyendo con frecuencia los siglos VIII y IX. Existen, sin embargo, estudios realizados en Europa Central que ponen de manifiesto un aumento de humedad en momentos anteriores al desarrollo de la MCA, cuyo comienzo ha sido en ocasiones datado en el siglo XI (Büntgen *et al.*, 2011). En los Alpes, un aumento de los niveles lagunares en el período 650-850 cal dC ha sido interpretado como un aumento de la humedad (Magny, 2004). En la Península Ibérica, el análisis de espeleotemas ha evidenciado un evento frío de corta duración (ca. 700 cal dC) que supone una excepción breve dentro de la fase cálida y seca MCA (Martín-Chivelet *et al.*, 2011). Las evidencias sobre un aumento de la humedad documentadas en Cañamares presentan un cierto paralelismo con una fluctuación húmeda registrada en Tablas de Daimiel (Gil García *et al.*, 2007), que ha sido datada también en torno a 850 cal dC. Estos episodios húmedos constituyen un ejemplo de la compleja variabilidad paleoambiental documentada en la Península Ibérica durante época medieval, idea que está siendo apuntada en recientes trabajos (Moreno *et al.*, 2012).

En Cañamares los efectos de la MCA parecen observarse con posterioridad. Durante el s. IX cal dC la presencia del microfósil tipo 91 HdV, ocasionalmente vinculado a descensos del nivel de agua (Holmes *et al.*, 2007), sugiere un cambio en las condiciones locales como consecuencia de una reducción hídrica. Esta evolución continúa en el s. XII cal dC, cuando se registra un avance colonizador de Cyperaceae, mientras que, en este momento, el aumento de la población de *Artemisia* podría indicar la instalación de condiciones más secas. El incremento de este taxón xerófilo pudo haberse producido en detrimento de Poaceae, cuyo retroceso se documenta aproximadamente entre 1200 y 1400 cal dC.

Por otra parte, en la secuencia se hace evidente un cambio litológico en torno a 214-211 cm de profundidad (ca. 1250 - 1320 cal dC), momento en el que el sedimento presenta un perfil con un mayor contenido en materia orgánica que en el tramo inferior, lo que podría estar poniendo de manifiesto una transición hacia un medio turboso. Coincidiendo con este cambio, se observa el incremento de algas zygnematales. Su desarrollo (López-Sáez *et al.*, 1998; van Geel, 2001) podría ser el resultado de un posible cese en la evacuación hídrica fluvial del Arroyo de la Cañada. Esta interrupción del drenaje habría favorecido la acumulación de agua estancada en un contexto cada vez más meso-eutrófico, configurando las condiciones para la formación de una turbera, cuyo registro sedimentario se constata plenamente desde la cota 195 cm (s. XIV cal dC). Un factor capaz de alterar las condiciones hidrográficas locales podría haber sido una reducción del caudal, posibilidad relacionada con la instalación de condiciones climáticas más secas en este sector. La confluencia de las evidencias de cambio vegetal y la posible evolución del medio local se encuentran en consonancia con la Anomalía Climática Medieval (Bradley *et al.*, 2003; Mann *et al.*, 2009), cuyos efectos han sido documentados durante esta época en diversos registros paleoclimáticos de la Cordillera Ibérica (Moreno *et al.*, 2008; Burjachs, 1996), en el Valle del Ebro (Valero Garcés *et al.*, 2000b; Davis, 1994), en el Sur peninsular (Martín Puertas *et al.*, 2008), y en algunas zonas del Prepirineo (Riera *et al.*, 2004; Morellón *et al.*, 2009a, 2009b; Rull *et al.*, 2010). Pese a todo, no es descartable que otros factores facilitasen el desarrollo de la turbera, como por ejemplo un desplazamiento del curso fluvial original, que podría haber favorecido la creación de una zona húmeda a escasos metros y el posterior desarrollo de una turbera.

A finales del s. XIII cal dC, la configuración vegetal que hasta el momento había definido el paisaje del sector de Cañamares experimenta una transformación. El resultado es una nueva fase (zona polínica CNM-IIa) en la cual se registra una reducción de algunos taxones indicadores de perturbación antrópica, como Cichorioideae, Ateroideae o *Polygonum aviculare*-t, que evidencian cambios en la gestión antrópica del entorno. Pese a todo, los cultivos se mantienen, documentándose además evidencias que sugieren cierta diversificación agrícola, como la introducción de la explotación del castaño y del centeno. La secuencia también revela un incremento de *Olea*, aunque su origen podría ser regional, indicando la extensión del olivar en sectores menos elevados y de clima más suave (Anderson *et al.*, 2011). El encinar y el melojar se regeneraron desde los inicios del s. XIII cal dC, partiendo de una situación anterior en la cual su presencia era muy escasa. Por el contrario, el pinar no experimentó cambios significativos y continuó ocupando sectores reducidos. Esta evolución forestal podría estar revelando diferencias entre las zonas más elevadas, con condiciones ambientales más apropiadas para las coníferas pero desprovistas de tapiz forestal, frente a zonas de menor altitud, de características más aptas para el desarrollo de frondosas (de la Cruz y Peinado, 1996), donde sí se constata una ligera recuperación del bosque desde finales del s. XIII cal dC. Una situación similar ya se había documentado en Somolinos durante el s. V cal dC. Considerando el marco territorial del sector, esta dicotomía está representada por el relieve accidentado que predomina en el sector occidental y suroccidental, en contacto con la Sierra de Alto Rey (ca. 1250 m) y el sector N y E, de menor altitud (ca. 1060 m) (fig. 33). En consonancia con esta regeneración, las formaciones arbustivas también experimentan una recuperación, evidenciado en el incremento de las comunidades de ericáceas y de cistáceas.

Paralelamente a la variabilidad climática anteriormente apuntada, el contexto histórico pudo contribuir a las transformaciones paisajísticas de este sector de Guadalajara en esta época, teniendo en cuenta que durante el período central de la Edad Media, este espacio fue escenario de los episodios bélicos vinculados a la expansión meridional de los reinos cristianos de la submeseta Norte (Blázquez, 1985). La coincidencia entre los cambios registrados en el paisaje y el avance meridional de los reinos cristianos podría no ser casual, habiendo sido posible la introducción de nuevas prácticas y usos que favorecieron el desarrollo de un paisaje más forestado. Este sector peninsular se manifiesta de nuevo como un área sensible a la evolución de la coyuntura histórica, proceso que ya fue detectado en el área de Pela con motivo de la conquista romana y las transformaciones paisajísticas asociadas.

La apropiación cristiana del espacio definido por la zona fronteriza entre las actuales provincias de Guadalajara y Soria fue completada durante el primer cuarto del s. XII (Blázquez, 1985). A partir de entonces, el territorio experimentó el proceso repoblador cristiano y fue organizado a partir de la comunidad de Villa y Tierra (García-Soto, 2005). La secuencia de Cañamares revela que este nuevo modelo de gestión territorial no supuso una interrupción de la actividad cerealística mantenida época musulmana. Este dato matiza la idea de una discontinuidad traumática por motivos militares, al contrario de lo que parece suceder en el contexto de la expansión califal del s. VIII, cuando sí hubo un breve retroceso agrícola. Sin embargo, la nueva gestión del territorio por parte de las comunidades cristianas implantadas sí pudo haber

implicado un cambio a nivel paisajístico, representado en la recuperación del bosque. Esta recuperación pudo ser el resultado de una menor presión antrópica sobre el medio, pero también es posible explicar este cambio paisajístico como consecuencia de una actuación antrópica deliberada y de una nueva gestión de los recursos.

Con frecuencia se alude a la dinámica política y económica de la conquista cristiana para explicar una parte relevante de los cambios paisajísticos sucedidos durante la época medieval en la Península Ibérica. En varios sectores de media montaña del Sistema Central, como Rascafría (Ruiz Zapata *et al.*, 1997; Franco Múgica *et al.*, 1998), Navarredonda (Franco Múgica *et al.*, 1997) o Puerto de Serranillos, (López-Merino *et al.*, 2009b), la expansión de las monarquías cristianas estuvo ligada a importantes episodios de deforestación vinculados al desarrollo de una economía ganadera. Sin embargo, varios registros paleobotánicos han permitido documentar situaciones en las que, con posterioridad a la conquista cristiana, las formaciones de bosque se expanden (Ruiz Zapata *et al.*, 1997; Franco Múgica, 1995; Ariño *et al.*, 2002). Estos registros parecen constituir el reflejo de una diferente gestión del espacio y de los recursos naturales, que favorece los usos agrosilvopastoriles relacionados con una economía ganadera en expansión (Klein, 1981). El aprovechamiento del bosque como recurso económico, contrapuesto al modelo que genera y aprovecha espacios deforestados, ha sido reivindicado para sectores orientales del Sistema Central, tales como Sepúlveda (Segovia) durante época medieval (Madrado, 2007). A juzgar por los datos polínicos del s. XIII cal dC, este tipo de actuación en el medio podría haberse dado también en el sector de Cañamares, aproximadamente 150 años después de la conquista de Sigüenza. En este momento se podría haber adoptado una estrategia económica basada en una progresiva adaptación del entorno a prácticas ganaderas con un peso cada vez mayor, que acabarían cristalizando en un breve lapso de tiempo en el desarrollo de la trashumancia a escala peninsular.

El uso ganadero del sector de Cañamares comenzó a ser relevante desde el s. XIV cal dC, según evidencia el incremento de hongos coprófilos como *Sporormiella*, *Sordaria*, *Tripterospora* y *Podospora* (Blackford y Innes, 2006; Cugny *et al.*, 2010; Mazier *et al.*, 2009; van Geel y Aptroot, 2006), cuya presencia parece indicar ahora un desarrollo del pastoreo local. Paralelamente, la regeneración del espacio forestal continuó y alcanzó su máxima extensión en este sector a finales del s. XIV y durante el s. XV cal dC. El diagrama polínico pone de manifiesto el avance del encinar pero ahora también del pinar, aunque de levemente, indicando una recuperación del bosque tanto en las zonas llanas orientales de Cañamares y Atienza, como posiblemente en el área occidental de Alto Rey. La extensión de las masas forestales también ha sido documentada en este momento en sectores altimontanos del Sistema Central como en el Puerto de la Morcuera (Gil García *et al.*, 1996). Al mismo tiempo que se produjo este avance forestal, se registra un leve retroceso del cultivo de cereal, aunque por otra parte se documenta un aumento de *Secale*, que podría indicar un mayor peso de la agricultura del centeno en este momento, quizás en detrimento del trigo, en un contexto en el que también se registran evidencias de *Castanea* y *Vicia-t*. Por otra parte, se constata por primera vez la presencia de polen de *Cannabis*, una evidencia que podría ser significativa en relación con el topónimo *Cañamares* del núcleo habitado más próximo a la turbera analizada. Las evidencias de antropización se ponen de

manifiesto también en el incremento de taxones ruderales, como *Rumex acetosa*-t y sobre todo de los diversos tipos de *Plantago*, como *P. maritima*-t, *P. litorella*-t, *P. tenuiflora*-t, *P. coronopus*-t, a comienzos del s. XV cal dC. Estos incrementos indican que, pese a la extensión forestal, la actividad antrópica no disminuye durante este período en la zona. Al contrario, se detecta una sincronía entre un paisaje más forestado y algunos cambios en las prácticas antrópicas, definidas ahora por un mayor peso de la ganadería y una diversificación de las prácticas agrícolas.

La evolución de las actividades antrópicas reflejada en la secuencia pudo estar vinculada a la integración de este sector en el circuito de cañadas de la Mesta (fig. 32). En este contexto, la regeneración forestal podría haber consistido en un mantenimiento del encinar, configurando así un recurso que podría tener sentido en el marco de una economía mixta, en la que se combina la gestión de diversos recursos agroforestales y ganaderos. Estos usos vienen complementados por una mayor diversidad de taxones indicadores de cultivos documentados en este momento (cereales, centeno, castaño, cáñamo y, probablemente, legumbres). Estas prácticas agrícolas se habrían complementado con el aprovechamiento ganadero extensivo a gran escala de la Mesta (Ruiz y Ruiz, 1986), práctica que en el sector está evidenciada por los valores de hongos coprófilos. En este sentido, la extensión de las actividades ganaderas en el interior de la Península Ibérica durante el final de la época Medieval ha sido documentada ampliamente en registros polínicos como los de Berrueco (Ruiz Zapata *et al.*, 2009b), Morcuera (Gil García, 1992), Peñalara, Peñas Crecientes y Hoyos de Pinilla (Vázquez, 1992) y Rascafría (Franco Múgica, 1995).

El registro polínico evidencia desde el siglo XIV cal dC se produjo un retroceso de *Artemisia*, que puede sugerir una menor incidencia de las condiciones de aridez que habían predominado en el sector, ocurrido en el contexto de la Anomalía Climática Medieval. Este cambio coincide cronológicamente con la instalación de la Pequeña Edad del Hielo en la península, período caracterizado generalmente por un descenso de las temperaturas y de las precipitaciones (Luque y Julià, 2002; Desprat *et al.*, 2003) pero también por una gran variabilidad intrapeninsular (Font-Tullot, 1988). En el interior peninsular, el advenimiento de una época fría está documentada a partir de diferentes fuentes históricas documentales y por registros paleoambientales. Algunos de ellos evidencian un aumento de la humedad aproximadamente desde el s. XV en la cuenca del Tajo (Benito *et al.*, 2003a, 2003b), en la Cordillera Ibérica (Moreno *et al.*, 2008; Julià *et al.*, 1998), el Prepirineo (Riera *et al.*, 2004; Morellón *et al.*, 2009a) o en La Mancha (Gil García *et al.*, 2007). En el sector de Cañamares la influencia de la Pequeña Edad del Hielo puede observarse tanto en la reducción de *Artemisia* como en el aumento de *Juniperus* y de *Betula*, que indican condiciones más frías y de menor evapotranspiración. Estas condiciones han sido documentadas también en este mismo período en otros sectores del Sistema Central, como el Collado del Berrueco (Ruiz Zapata *et al.*, 2009b) y Peñalara (Gómez Gozález *et al.*, 2009a).

La instalación de unas condiciones climáticas más frías podrían resultar poco favorables para el desarrollo del encinar. Sin embargo, la recuperación del encinar documentada en Cañamares a partir del s. XIV cal dC, sugiere que, pese al posible control climático, la extensión de este bosque pudo haber sido estimulada en por usos antrópicos.

El pinar se extendió durante el s. XV cal dC, aunque posteriormente, desde el s. XVI cal dC y en adelante, experimenta un retroceso. Pese a todo, los reducidos valores de polen arbóreo presentes en este momento indican que en los momentos finales de la época medieval, los pinares se localizaban a cierta distancia del sector de Cañamares.

Desde finales del s. XV cal dC se constata una recuperación de la agricultura cerealística. En el s. XVI cal dC se documenta además el cultivo de vid. A partir de este siglo, la reducción del pinar permitió el desarrollo del matorral, según pone de manifiesto el incremento de cistáceas y de ericáceas. Coincidiendo con este cambio, la población de *Juniperus* experimentó un aumento, a la vez que se extendieron las formaciones de fabáceas y lamiáceas. El encinar se mantuvo estable, aunque con una ligera tendencia hacia el retroceso. En este contexto se observa un incremento muy significativo de los indicadores de actividad ganadera, bien reflejado en los hongos coprófilos y especialmente en *Sporormiella* (Blackford y Innes, 2006; Cugny *et al.*, 2010; Davis y Shafer, 2006), cuyas evidencias se suman a la mayor presencia de indicadores polínicos de actividades ganaderas, como *Polygonum aviculare-t* o *Trifolium* (de la Cruz *et al.*, 1997, Carrión *et al.*, 2003). La confluencia de estos indicadores sugiere que la actividad ganadera debió comportar una apertura generalizada de espacios, encaminada a la obtención de pastos .

La comparación entre los valores que poseen las gramíneas en el período anterior y posterior al auge ganadero, definido por la transición entre las subzonas CNM-IIa y CNM-IIb, podría sugerir que los pastizales ocupaban un área mayor antes de la expansión local de la actividad pastoril, documentada por el incremento de los hongos coprófilos. No obstante, la menor representación de Poaceae en el caso de Cañamares podría estar evidenciando una situación de pastoreo intensivo con repercusiones para la vegetación local, ya que las gramíneas constituyen una parte fundamental de la dieta del ganado. Así, el descenso de Poaceae podría ser el resultado de las prácticas pastoriles intensivas, cuya actividad puede conllevar el consumo de pasto en un momento previo a la época de floración de las gramíneas, reduciéndose por tanto su producción polínica (Groenman-van Waateringe, 1993). Este fenómeno ha sido documentado en múltiples estudios de lluvia polínica referencial (Ejarque *et al.*, 2011, Mazier *et al.*, 2006, 2009; Court-Picon *et al.*, 2005, 2006) y en Cañamares coincide con un significativo incremento de hongos coprófilos, que apunta a la presencia local del ganado pastando en las inmediaciones de la turbera. En este sentido, no debe pasar desapercibido el topónimo *Arroyo de la Cañada*, que da pone de manifiesto la estrecha relación de este valle con las vías pecuarias y evidencia su posible integración en la economía ganadera trashumante (fig. 84). De hecho, es preciso indicar que es a partir de esta época, en el XVI, cuando se documenta la máxima expansión de la Mesta (Ruiz y Ruiz, 1986; Le Flem, 1972).

Un taxón asociado a las actividades antrópicas como *Plantago lanceolata-t*, experimenta en este momento una reducción en sus valores, algo que en principio no cabe esperar en un medio caracterizado por un su apertura y en el que tienen lugar importantes actividades pastoriles y agrícolas (Behre, 1981). La posibilidad de que esta planta forme parte de la dieta de los herbívoros no es descartable. De hecho, algunos estudios de polen referencial sobre excrementos han demostrado su consumo por el ganado herbívoro (Ejarque *et al.*, 2011), aunque su tallo no

constituye la parte preferentemente ingerida de la planta (Stewart, 1996). Este dato permite considerar la hipótesis de que su menor representación en el espectro polínico, registrada desde el s. XVI cal dC, obedezca también a un descenso de su población por sobrepastoreo, similar al fenómeno experimentado por las gramíneas. Por otra parte, algunos trabajos han puesto de



Fig. 84 Cañada del Horteuelo, a su paso por El Picachón (2 km al SO de la turbera sondeada en el Arroyo de la Cañada) (fuente: Fotos SIOSE del IGN, fotografías de campo georreferenciadas).

manifiesto la compleja relación existente entre este taxón y la actividad antrópica, evidenciando que no existe una correlación directa entre las actividades pastoriles y su representación (Court-Picon *et al.*, 2005; Ejarque *et al.*, 2011). En este sentido, la alta capacidad de dispersión polínica de *Plantago lanceolata* (Hjelle, 1998) permite apuntar la hipótesis de que, previamente al auge ganadero del s. XVI cal dC, la secuencia de Cañamares registró el desarrollo de un determinado tipo de gestión y usos del suelo a escala regional que habría favorecido la representación polínica de taxones ruderales como *Plantago lanceolata*-t. Es posible, en cambio, que desde el s. XVI cal dC se esté detectando la respuesta vegetal a la implantación de un modelo de explotación con una orientación menos heterogénea y más unidireccional, definida por la actividad ganadera extensiva, que podría haber repercutido en una menor representación de este taxón indicador de perturbación.

El registro polínico refleja la transformación paisajística ocurrida entre los siglos finales de la Edad Media y la Edad Moderna. El desarrollo de la ganadería documentado desde finales del s. XIII cal dC había favorecido un paisaje parcialmente forestado en el cual se pudo llevar a cabo algún tipo de sistema de explotación agrosilvopastoril. Este sistema y el paisaje asociado mantuvieron su vigencia en el área de Cañamares hasta el siglo XVI cal dC, momento en el cual una expansión sustancial de la actividad pastoril transforma los usos del suelo, que pasan a ser menos variados que en la fase anterior y generan un paisaje más abierto. No obstante, la secuencia de Cañamares registra también la pervivencia de los cultivos cerealísticos. En este

contexto de cambio, la documentación histórica de la época contiene referencias a la protección del bosque, concretamente de las dehesas (Layna Serrano, 1945), poniendo de manifiesto que la ampliación del espacio roturado estaba teniendo una fuerte repercusión en las masas forestales de la región, provocando conflictos bien documentados en época histórica entre los sectores agrícola y ganadero.

Esta configuración paisajística, representada por un medio abierto y basada en un uso extenso del territorio mediante prácticas ganaderas y agrícolas, se documenta en el tramo superior de la secuencia de Cañamares hasta el s XIX cal dC. La caída de *Sporormiella*, muy evidente en este siglo, constata el descenso de las actividades ganaderas, hecho que se explica en función de la desarticulación de la Mesta en 1835 (Klein, 1981) y, por tanto, de la abolición de la trashumancia española. El abandono de la ganadería a gran escala hizo posible un incremento del espacio cultivado mediante el *rompimiento* de tierra anteriormente reservada a pastos de rebaños trashumantes, hecho documentado por las fuentes históricas (López Estébanez y Sáez Pombo, 2002) y corroborado polínicamente en el sector de Cañamares, donde la presencia de *Cerealia* y *Fagopyrum* (alfarfón o trigo sarraceno) indican una extensión de la agricultura, mientras el aumento de los valores de *Juniperus*, *Pinus* y *Rosaceae* evidencian el proceso de regeneración de la vegetación arbustiva y forestal en detrimento de los pastizales.

El registro de la actual laguna de Somolinos (Somolinos α), resulta mucho más detallado que el de Cañamares para analizar los cambios ambientales de últimos 400 años, debido a la alta resolución cronológica de esta secuencia lagunar (cap. 5.1).

La secuencia permite observar que, desde el s. XVII hasta mediados del XVIII cal dC, el paisaje en este sector se mantuvo abierto, mostrando unas características similares a las documentadas en Cañamares, de lo que se deduce la existencia de un paisaje relativamente homogéneo en el territorio. En Somolinos, esta fase de apertura del paisaje se corresponde muy especialmente con la práctica de la agricultura, evidenciada por los elevados valores de *Cerealia*, *Castanea* y *Vitis*. También se documenta en este momento la presencia de ganadería, evidenciada por los valores de hongos coprófilos. No obstante, al establecer la relación entre esta secuencia polínica y la de Somolinos PAS, que había registrado por última vez la configuración vegetal en el s. VII cal dC, se observa que durante este largo lapso cronológico de 1000 años, el pinar se ha regenerado en este sector más montañoso, aunque sin alcanzar los niveles previos a la ocupación romana.

Coincidiendo con la evidencias de actividad antrópica mencionadas, el estudio de otros indicadores paleoambientales ha revelado que durante el período 1625-1730 existió una actividad minera en el entorno de Somolinos (Currás *et al.*, 2008).

Durante el s. XVIII cal dC se documenta un descenso de las actividades antrópicas, que ocurre en un contexto de progresiva recuperación forestal representada por el avance del pinar, el cual probablemente ocupó nuevamente espacios a cierta altitud en el Macizo de Pela. Durante este siglo, las evidencias aportadas por el registro de diatomeas, estudiado en el marco del proyecto HIDRAM 4000, sugiere la existencia de un descenso de la productividad del lago, que podría

haber sido una respuesta al descenso de temperaturas ocurridas en uno de los episodios de la Pequeña Edad del Hielo (Currás *et al.*, 2008).

La dinámica paisajística y de usos del suelo deducida del diagrama polínico y que sugiere la existencia de una época de mayor actividad antrópica en el s. XVII cal dC y una desintensificación en el XVIII cal dC, no es coincidente con la documentación histórica disponible, que pone de manifiesto un retroceso poblacional y una contracción económica como consecuencia de la crisis castellana ocurrida precisamente durante el s. XVII cal dC (Ortiz García, 2006). No obstante, la existencia de una expansión agrícola en el sector somoliense, por un lado, y las evidencias de una evolución similar en Cañamares, por otro, pueden aportar información sobre el alcance de la crisis en este ámbito septentrional de Guadalajara. En este sentido, no sería descartable que el sector de Somolinos se hallase al margen de las coyunturas que definieron esta época de crisis en ámbitos más urbanos, núcleos generadores de mayor volumen de fuentes documentales. Algunos trabajos apuntan precisamente (Llopis *et al.*, 2010) a la variabilidad de las consecuencias de la depresión económica y demográfica del XVII en determinadas comarcas montañosas de Guadalajara, apuntando que en estos sectores, en los que se incluye Somolinos y Cañamares, el período de recuperación se produjo en fechas más

tempranas. Estas interpretaciones históricas son más coherentes con la información aportada por la secuencia paleoambiental de Somolinos α .

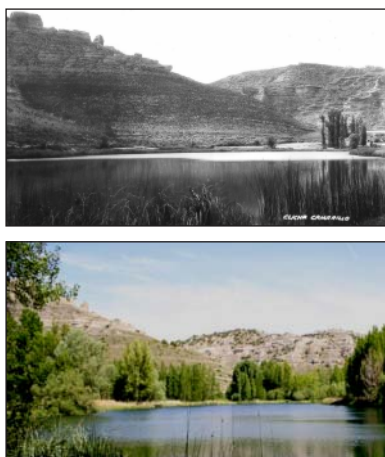


Fig. 85 Comparación entre una fotografía de ca. 1930 (superior) y una fotografía de 2006 (inferior) de la Laguna de Somolinos, en la que se aprecia el desarrollo de la vegetación local.

A diferencia de lo que sucedió en el sector de Cañamares, donde se registró una expansión agrícola paralela a la desaparición de la trashumancia en el s. XIX, en Somolinos las actividades agrícolas no parecieron experimentar un nuevo impulso posterior al s. XVII. Sin embargo, es preciso destacar la persistencia de las actividades pastoriles en este sector durante toda la Edad Moderna. La existencia de una ganadería durante la época moderna y contemporánea en el sector de Pela está sólidamente documentada por los valores de esporas de hongos coprófilos como *Sporormiella*, *Sordaria*, *Delitschia*, *Chaetomium* y *Coniochaeta*. Cabe subrayar aquí la consistente presencia de *Sporormiella*, un buen marcador de presencia de ganado (Blackford y Innes, 2006; Cugny *et al.*,

2010; Davis y Shafer, 2006) que indica una actividad sostenida hasta finales del siglo XIX. En este sentido, estas evidencias contrastan con la desaparición de los indicadores de ganadería en Cañamares después de la abolición de la Mesta (1835). El hecho de que en Somolinos la ganadería continuase teniendo importancia hasta el inicio del s. XX, podrían poner de manifiesto que en este sector esta actividad no se vio afectada por la desarticulación de la trashumancia. Esto podría resultar del hecho de que el sector de Somolinos se encontrase asociado a usos ganaderos locales, no vinculados a los sistemas de trashumancia gestionados por la Mesta. Pero por otra parte, estas evidencias podrían también obedecer a la presencia de otro tipo de cabaña animal no vinculada a la explotación de la lana, aunque sí a otros recursos. En este sentido, la

documentación histórica menciona reiteradas veces la orientación arriera del núcleo de Somolinos en los siglos XVIII y XIX (Pascua, 2007), dato que podría sugerir la presencia constante de ganado equino en torno a la laguna. También existen referencias a un importante auge de la ganadería en torno al porcino y al asno (Madoz, 1846-1850; Miñano, 2001), cuya actividad también podría haberse documentado en el registro de Somolinos α .

Durante el siglo XX el diagrama polínico refleja un cambio paisajístico en Somolinos, documentándose una regeneración del encinar que podría estar produciéndose en sectores de llanura, a la vez que se constata un retroceso del pinar. Este retroceso se interrumpió a mediados de siglo, según evidencia el incremento de los valores de *Pinus*, reflejando probablemente las políticas de repoblación forestal del franquismo en este sector (Fernández Muñoz, 1999).

Durante la segunda mitad del siglo XX, el registro muestra también la extensión del bosque ripario, visible en los aumentos de *Populus* y *Salix*, evolución que es posible seguir a partir de la fotografía histórica con la plantación de estas poblaciones en el litoral de la laguna (fig. 85).

7. Evolución del paisaje en el Llano Occidental Catalán

7. Evolución del paisaje en el Llano Occidental Catalán.

La secuencia sedimentológica obtenida en el Estany d'Ivars i Vila-sana ha resultado polínicamente fértil salvo en el tramo situado entre los 256-197 cm de profundidad, en el cual no se preservó el material esporopolínico. La secuencia permite por lo tanto analizar la evolución del paisaje de Llano Occidental Catalán desde ca. 875 cal aC hasta aproximadamente el año ca. 1500 cal dC con la excepción de un período aproximado de 700 años, correspondiente al mencionado tramo estéril, comprendido entre ca. 450 cal aC y ca. 150 cal dC. El análisis polínico del registro posterior al siglo XV dC no fue posible, ya que el tramo de sedimento correspondiente a este período cronológico (los últimos 500 años) se localiza en los 50 cm superiores de la secuencia, que fueron descartados debido a las alteraciones producidas por las actividades agrícolas que tuvieron lugar después de la desecación de la laguna (Costa, 2007).

El registro de Ivars presenta un grado de preservación polínica más deficiente que el resto de secuencias estudiadas en esta tesis. Este hecho repercute directamente en las posibilidades de determinación taxonómica de un número elevado de palinomorfos, resultando en una menor precisión a la hora de identificar algunos tipos polínicos y microfósiles no polínicos. Esta situación es común a otras secuencias paleoambientales analizadas en lagunas salinas endorreicas de la Depresión del Ebro (Davis, 1994), caracterizadas por una alta variabilidad en la columna de agua y desecaciones estacionales, que puede implicar una conservación diferencial de algunos tipos polínicos. Este fenómeno implica que algunos morfotipos resistan mejor los efectos de los agentes oxidantes, la acción de algunas sales (Campbell y Campbell, 1994; Campbell, 1999), o el elevado nivel de alcalinidad del sedimento. En el registro de Ivars, los morfotipos que más se ajustan a estas características son *Artemisia*, algunas compuestas (Asteroideae y Cichorioideae) y la mayor parte de Chenopodiaceae/Amaranthaceae. Un hecho similar ocurre con *Pinus*, un tipo que, por sus características morfológicas y tamaño, puede ser identificado en los análisis (Kwiatkowski y Mianowska, 1957) independientemente de su estado de conservación. En la secuencia polínica de la laguna de Ivars predominan los tipos polínicos más resistentes, hecho que puede evidenciar la existencia de una conservación polínica desigual. Aún así, si bien la existencia de un cierto sesgo representativo no debe ser del todo excluida, los resultados evidencian la conservación de un espectro polínico amplio y rico, comprendiendo morfotipos degradables y resistentes, registrando una evolución coherente de la vegetación y exhibiendo un porcentaje relativamente constante de polen indeterminable. Estos datos permiten llevar a cabo un interpretación del registro polínico en términos de evolución paisajística.

La elevada tasa de sedimentación de los 55 centímetros inferiores de la secuencia (415 - 340 cm) ha permitido el registro a alta resolución de la configuración vegetal y su evolución en este sector del Valle del Ebro durante el s. IX cal aC. En este momento, el territorio del Llano Occidental Catalán se caracteriza por ser un medio vegetal abierto, en el cual se observa un escaso desarrollo del estrato arbóreo, fundamentalmente formado por comunidades de *Pinus* y *Quercus*.

Es necesario indicar que, anteriormente a la existencia del Canal de Urgell, la laguna debió poseer una extensión variable, oscilando su columna de agua en función de diferentes factores ambientales, de una manera similar a las actuales lagunas endorreicas del sector del Bajo Aragón

(Pedrol *et al.*, 2007). En todo caso, su extensión siempre fue inferior a la alcanzada antes de la desecación de 1951, estimadas en 2400 × 800 m (Margalef, 1946). Por este motivo no es posible precisar hasta qué punto la secuencia registró homogéneamente la lluvia polínica regional (Sugita, 1993, 1994; Prentice, 1988; Davis, 2000). En relación con este aspecto, conviene destacar el significado de los bajos porcentajes de representación del pinar, cuya elevada producción y dispersión polínica (Calcote, 1995; Cañellas-Boltà *et al.*, 2009; Court-Picon *et al.*, 2006) indica una presencia marginal de estas comunidades en este sector del Llano Occidental Catalán a inicios del I milenio cal aC. Estas comunidades probablemente se encontraban en pequeños rodales distribuidos por los sectores ecológicamente más favorables para su desarrollo, localizados en las vertientes septentrionales de la Sierra del Montsec. Respecto al género *Quercus*, el diagrama polínico revela la presencia de taxones perennifolios y caducifolios, predominando los primeros. La determinación taxonómica del morfotipo perennifolio impide determinar si se está documentando la especie arbórea *Quercus rotundifolia* (también denominada *Quercus ilex ssp. ballota*) o la especie arbustiva *Quercus coccifera*. No obstante, la presencia de ambos taxones en el territorio del Llano Occidental Catalán es coherente con los estudios fitosociológicos actuales disponibles sobre la región (Conesa *et al.*, 1994; de Bolós y Vigo, 1985), los cuales atribuyen a la especie arbustiva un carácter regresivo. El tipo polínico *Quercus* caducifolio posiblemente refleja la presencia del marcescente *Quercus faginea* y algún posible caducifolio como *Quercus pubescens*. El desarrollo de estas especies debió de localizarse en sectores con cierta disponibilidad hídrica, cuya existencia está igualmente corroborada por la presencia de formaciones riparias, con presencia de *Betula*, *Alnus*, *Fraxinus* y *Salix*, así como de otras especies con exigencias de humedad, como *Corylus* y *Salix*. Estos géneros posiblemente se distribuyeron por sectores ubicados en áreas orientales y septentrionales, incluidas en la actual comarca de Urgell, donde el relieve facilita la existencia de abrigos húmedos, a diferencia de la planicie endorreica de la comarca del Pla d'Urgell. No obstante, estos sectores más húmedos debían de ser escasos, a juzgar por la relevancia de las formaciones xerófilas compuestas principalmente por *Artemisia* y *Chenopodiaceae/Amaranthaceae*, cuyos elevados valores documentados desde el inicio de la secuencia evidencian el predominio de una vegetación abierta en este sector, adaptada a características áridas, al menos desde el siglo IX cal aC. El carácter seco de este sector a inicios del I milenio aC viene subrayado por la escasa presencia de *Poaceae* en el registro, así como por la presencia de *Ephedra*, que corrobora el carácter estépico de la vegetación.

La existencia de una configuración vegetal de características áridas y estépicas en el Valle del Ebro a inicios del I milenio aC no había sido plenamente documentada en estudios paleoambientales previos. Por otra parte, cabe recordar que es escaso el número de secuencias paleobotánicas con un control cronológico suficientemente preciso durante las etapas del Holoceno Reciente. Dicha limitación obedece a las características de los registros sedimentológicos del Valle del Ebro, donde abundan las discontinuidades sedimentarias en las secuencias, los procesos de deflación sedimentaria o la pobreza de la fracción orgánica susceptible de suministrar dataciones radiocarbónicas fiables. Diversos estudios polínicos han apuntado una evolución paleoambiental para el Holoceno Inicial y Medio (Davis y Stevenson,

2007; Valero Garcés *et al.*, 2000b, 2004b), pero debido a los factores sedimentarios mencionados son escasas las secuencias polínicas que cubran las fases más recientes. Entre éstas últimas se encuentran Laguna Guallar y Salada Pequeña (Davis, 1994), las cuales reflejan la existencia de un paisaje ligeramente diferente en el sector del Bajo Aragón en torno al 3000 BP, donde se observa una mayor presencia del bosque de pinar, y donde los taxones estépico y xerófilos se encuentran menos representados que en la secuencia de Ivars.

Otros registros paleobotánicos más próximos al sector del Llano Occidental Catalán que reflejan la configuración vegetal existente en el entorno a inicios del I milenio aC, son los procedentes de yacimientos arqueológicos situados en la comarca del Segrià o en el curso medio del Cinca. Si bien cabe tener presente que la comparación entre una secuencia natural y otra arqueológica debe tomarse con precaución debido a la diferente naturaleza de la señal polínica registrada, los análisis polínicos de Masada de Ratón (Riera, 1995), de Genó (Burjachs, 1998) o de Vilot de Montagut (Riera, 2002) indican la existencia de un entorno deforestado en este momento, que probablemente denota una acusada acción antrópica en un ambiente árido a partir de 3000 BP en el entorno de estos yacimientos. En localizaciones más lejanas, como las de algunos yacimientos del Cinca Medio (González-Sampériz y Sopena-Vicién, 2002), ha sido documentado en este momento un paisaje abierto de similares características a las observadas en Ivars. Sin embargo, en núcleos como Masada de Ratón, Vilot de Montagut o Punta Farisa (Burjachs, 1993), el espectro polínico registrado en los niveles estratigráficos asociados a períodos anteriores a 3000 BP revelan la existencia de un paisaje más forestado, en el cual la presencia de pinares y maquia mediterránea parece ser más abundante que en un momento posterior a esta fecha. Estos datos sugieren que el medio abierto documentado en la Llano Occidental Catalán a inicios del I milenio cal aC podría tener origen en la época inmediatamente anterior, quizás en relación a las dinámicas de antropización que tuvieron lugar en este territorio durante el período del Bronce Final, como resultado de la expansión poblacional y la puesta en práctica de nuevos modelos de gestión territorial con un peso mayor de la agricultura (López, 2000).

Con respecto a las actividades antrópicas, el registro de Ivars ofrece evidencias de cultivos desde el siglo IX cal aC, como indica la presencia de cereal y de *Vitis*. El cultivo de vid ya había sido detectado durante el I milenio aC en el valle del Ebro (Pérez *et al.*, 2007; Alzubiri *et al.*, 2011) y en yacimientos del Llano Occidental Catalán como Vilars d'Arbeca (Alonso *et al.*, 2008). La presencia de indicadores de actividades antrópicas, no obstante, es escasa. Esta situación también se reproduce en algunos *apophytes* como *Plantago lanceolata*-t o *Centaurea solstitialis*-t, cuyos valores son relativamente bajos. La vinculación tradicional de estos taxones con prácticas agrícolas en medios mediterráneos (Bottema y Woldring, 1990; Brun, 2009; Djamali *et al.*, 2009) está corroborada en cronologías prehistóricas para el Llano Occidental Catalán a través del registro carpológico (Alonso, 2000), en el cual se ha puesto de manifiesto el carácter arvense de estos taxones.

En cambio, la secuencia de Ivars registra una alta presencia de esporas de hongos coprófilos, concretamente *Sporormiella* y *Coniochaeta*, pero también *Sordaria* (Blackford y Innes, 2006; Cugny *et al.*, 2010, Ejarque *et al.*, 2011; Mazier *et al.*, 2009; van Geel y Aptroot, 2006), que

indica la existencia de una actividad ganadera en el s. IX cal aC en el sector por parte de las comunidades del Bronce Final y la Primera Edad del Hierro. A modo de hipótesis, cabría plantear la posible relación entre la actividad ganadera, el Estany d'Ivars y algunos ejes viarios conocidos en este territorio para época medieval de posible uso ganadero (Riu, 1950) que conectaban sectores llanos meridionales con sectores de montaña septentrionales. En este sentido, algunos autores han propuesto un posible origen prerromano de algunos de estos ejes viarios, al menos en el Pla d'Urgell (Cardona Colell, 2000). Sin embargo, estas propuestas todavía no han podido ser constatadas a nivel arqueológico.

A partir del s. VIII cal aC, se produce un incremento de la vegetación xerófila, hecho que caracteriza el comienzo de la subzona IV-1b pero que no cambia la configuración del paisaje vegetal. Los taxones forestales retroceden, según indica la menor presencia de *Quercus* y la caída de *Pinus*, que alcanza un mínimo en torno a ca. 750 cal aC poniendo de manifiesto un total retroceso del pinar en este momento. La extensión de vegetación de ambientes secos se observa con nitidez hacia la cota 330 cm, donde se observa una alta representación de *Artemisia*. Este género experimenta un importante desarrollo en este momento, que ocurre paralelamente a un retroceso de las comunidades de poáceas, hecho corroborado por el descenso de sus valores polínicos de concentración. Posteriormente, una serie de taxones de tendencia árida y estépica, como Chenopodiaceae/Amaranthaceae, *Ephedra* o *Limonium* (Conesa *et al.*, 1994), incrementan su presencia. Poco después se observa una mayor representación de *Tamarix*, taxón halófilo favorecido por el desarrollo de medios salinos. Esta variabilidad vegetal se puede explicar en función de un descenso de la disponibilidad hídrica. Por una parte, una fluctuación de la humedad habría favorecido el desarrollo de plantas resistentes a condiciones de sequía prolongada, como *Artemisia*. Por otra, habría intensificado los procesos de evapotranspiración, incrementando el contenido de sales en niveles edáficos sobre determinados substratos, un proceso documentado en el Valle del Ebro en época holocena (Valero Garcés *et al.*, 2000a, 2000c, 2004b). Estos condicionantes climáticos podrían haber favorecido la expansión de taxones halófilos como algunas quenopodiáceas y *Tamarix* (Pantaleón-Cano *et al.*, 2003). A nivel local, esta oscilación climática podría haber afectado a la superficie lagunar, reduciéndola, tal como sugiere el aumento experimentado por Cyperaceae en la subzona IV-1b, que podría reflejar el avance del litoral.



Fig. 86. Avance de la vegetación halófila en el litoral de una laguna efímera en el Valle del Ebro. En concreto, la Salada Mediana colonizada por comunidades de *Salicornia* y *Suaeda*. (fuente: Valero-Garcés *et al.*, 2000a).

Desde un punto de vista regional, este episodio de menor humedad en Ivars podría estar relacionado con el evento árido del registro paleoambiental de la laguna de Montcortés (Baix Pallars) (Scussolini *et al.*, 2011), datado entre 900 y 700 cal aC, que se manifiesta también en una reducción de la disponibilidad hídrica.

Sincrónicamente a la extensión de los taxones estépicos y halófilos, el registro de

Ivars pone de manifiesto una interrupción de los cultivos cerealísticos, así como de *Vitis*, datada entre ca. 750 y 700 cal aC. La coincidencia entre la instalación de un ambiente árido y el retroceso de la actividad antrópica en el área se hace patente, por otra parte, a partir de una menor presencia de apophytes, plasmada en una desaparición de *Rumex* o de *Sanguisorba minor-t*, y también en el descenso de los indicadores de ganadería representados en las esporas coprófilas, cuyo retroceso se constata ya a principios del s. VIII cal aC. La reducción de la actividad antrópica en el sector no pareció repercutir significativamente en la configuración vegetal de la zona, ya que ésta continuó manteniendo sus principales rasgos, con un paisaje muy abierto en el cual no se registra una leve recuperación del estrato arbustivo o arbóreo, probablemente en sectores hídricamente más favorables. Este dato permite pensar en la importancia del factor climático en la configuración vegetal de este sector de la Depresión del Ebro en este momento. Es necesario indicar que desde el punto de vista de la ocupación del territorio, esta fase ha sido caracterizada como un período de transición que implicó abandonos y discontinuidades en un buen número de hábitats dispersos por el Llano Occidental Catalán (López, 2000). Algunos autores (Junyent, 2002; López, 2000) han definido este momento a partir de la transición entre los períodos cronocultural Grupo Segre-Cinca III y Grupo Segre-Cinca IV. Pese a la existencia de la mencionada solución de continuidad, los datos arqueológicos evidencian que el territorio continuó ocupado ininterrumpidamente desde los inicios del I milenio aC hasta los siglos VI y V cal aC. Ejemplos de esta pervivencia del hábitat se documentan en La Pedrera I (Vallfogona de Balaguer), La Pena III y IV (Torregrossa), el Tossal de les Tenalles (Sidamon), el Vilot de Montagut (Alcarràs) o La Colomina I (Os de Balaguer) (López, 2000).

La coincidencia entre este episodio climático árido y el cambio registrado en la dinámica del poblamiento podría constituir una base sobre la cual considerar una posible relación determinista ambiental. Sin embargo, los datos arqueológicos no permiten conocer todavía cuáles fueron los mecanismos implicados en la evolución cultural en torno al siglo VIII aC. Esta escasa definición aconseja interpretar con precaución las posibles relaciones existentes entre clima y sociedad en este sector. No obstante, algunos trabajos han puesto de relieve que, en el territorio del Llano Occidental Catalán, la mayor parte de los núcleos que fueron habitados ininterrumpidamente durante el Bronce Final, Primera Edad del Hierro y época ibérica, por tanto durante este período seco observado en Ivars, están situados principalmente en puntos más cercanos a los cursos de agua (Bermúdez, 2005) que aquellos que se abandonan durante esta fase. Este hecho, por sí solo, no confirma que una etapa de prolongada escasez de disponibilidad hídrica hubiese provocado un cambio en la ocupación del territorio, pero sí contribuye a subrayar la relevancia de este recurso básico para las sociedades protohistóricas de este sector del Valle del Ebro, especialmente en fases de déficit hídrico.

Desde mediados del s. VII cal aC la anterior situación de interrupción de las actividades antrópicas se invierte, y a las nuevas evidencias de cultivo de cereal se añaden ahora indicadores polínicos de medios antropizados, como *Sanguisorba minor-t*, *Centaurea solstitialis-t*, *Cirsium* y *Polygonum aviculare-t* (Alonso, 2000; Bottema y Woldring, 1990), que ponen de manifiesto la recuperación de las actividades antrópicas en el territorio del Llano Occidental Catalán. Entre

los siglos VII y VI cal aC, la actuación antrópica se plasma con mayor intensidad en la zona, repercutiendo principalmente sobre el bosque de *Quercus* y en parte del pinar, que retroceden y dejan más espacios abiertos en el sector, que pudieron ser ahora ocupados por herbazales de Poaceae. En este medio deforestado se produce una recuperación de la actividad ganadera, según apunta la presencia constante de *Sporormiella* durante el s. VII cal aC. Además de los taxones apofíticos anteriormente mencionados, desde el s. VI aC se documenta una mayor presencia de *Plantago lanceolata*-t. Estas evidencias polínicas corroboran la existencia de un incremento continuado de perturbación del medio y evidencian el carácter antrópico de los cambios paisajísticos.

Desde el final del s. VI cal aC y principios del s. V cal aC se documenta una significativa expansión de *Plantago lanceolata*-t, que pone de manifiesto una nueva intensificación del impacto antrópico ocurrido en este sector. Esta presión antrópica conlleva una nueva deforestación del *Quercus* perennifolio, cuya mínima representación en este momento indica la existencia de un medio desprovisto de carrasca y coscoja durante el s. V cal aC en este sector del Llano Occidental Catalán. Las comunidades de *Quercus* marcescentes y caducifolios también experimentaron un retroceso. En este contexto, los aumentos de *Sordaria*, *Coniochaeta* y sobre todo de *Sporormiella* (Davis y Shafer, 2006), reflejan el desarrollo de la actividad ganadera.

Por otra parte, es necesario indicar que, pese a que el registro polínico indica la existencia de actividades humanas durante el s. V cal aC, fundamentalmente a partir de hongos coprófilos y taxones apofíticos, no se dispone de ninguna evidencia de polen de cereal durante el período ca. 550 - 450 cal aC. Sí se constata, en cambio, la presencia de *Centaurea solstitialis*-t, un taxón cuya vinculación con las prácticas agrícolas en contextos mediterráneos (Bottema y Woldring, 1990) ha sido demostrada también en este sector durante época protohistórica a partir de estudios carpológicos (Alonso, 2000), pudiendo sugerir, aunque de forma indirecta, que la actividad agrícola estuvo presente en este sector. En el s. V cal aC se documenta una menor variedad de tipos polínicos en general, que coincide con un mayor porcentaje de morfotipos indeterminables. Estas evidencias sugieren una deficiente conservación polínica en este tramo del registro, que apunta a la posibilidad de que exista un sesgo taxonómico en el registro en torno a los 280 cm. Este fenómeno precede inmediatamente el tramo estéril localizado entre 256 y 197 cm de profundidad.

La recuperación de la actividad antrópica, ocurrida posteriormente al episodio árido y registrada en la secuencia entre los siglos VII y V cal aC, es un hecho probablemente relacionado con la instalación y desarrollo de algunos grupos humanos adscritos al ámbito cultural del Primer Hierro y del período preibérico. En este momento la arqueología documenta un mayor número de asentamientos humanos ubicados en lugares cercanos a la laguna de Ivars, distribuidos por las actuales comarcas del Pla d'Urgell, Segrià, Garrigues y Urgell. Entre los más próximos a la laguna se encuentran los yacimientos de Els Vilars (Arbeca), Molí d'Espígol (Tornabous), Tossal de lo Molinet (El Poal), La Pedrera (Térmens), Tossal de la Seba (Arbeca), La Pleta (Belianes), Castellsalvà (Belianes), Margalef (Torregrossa), La Pena IV (Torregrossa) o el Tossal de Santa Llúcia (Agramunt) (Alonso, 1997; López, 2000) (fig. 24).

El dinamismo agrícola que se documenta desde el siglo VII aC en el sector de Ivars ha sido también puesto de relieve en Els Vilars (Arbeca) a partir de estudios carpológicos. Los resultados de dichos trabajos revelan evidencias de agricultura de cebada vestida (*Hordeum vulgare*) y de trigo desnudo (*Triticum aestivum/vulgare*) (Alonso, 2000; Alonso *et al.*, 2008). De igual modo, la reducción del bosque documentada polínicamente en esta época confirma una tendencia que ya había sido apuntada en diversos trabajos antracológicos realizados sobre materiales de Els Vilars (Ros, 1994-1996), donde se pone de manifiesto la menor disponibilidad de *Quercus ilex* y de *Quercus coccifera*.

El período comprendido entre ca. 450 aC y 150 cal dC es polínicamente estéril en la secuencia de Ivars. En el contexto de los lagos endorreicos continentales, un descenso prolongado del nivel de agua puede conducir a períodos de desecación parcial o total, durante los cuales se produce la oxidación y pérdida del material esporopolínico (Teller y Last, 1990; Jones y Jordan, 2007). En estas circunstancias, además, los registros pueden verse afectados debido a procesos de deflación que pueden provocar hiatos sedimentarios. En el caso de Ivars, el modelo cronológico obtenido a partir del radiocarbono no presenta evidencias de cambios notables en la tasa de sedimentación, lo que permite descartar la existencia de una interrupción de la sedimentación. La ausencia de pollen y NPP entre la cota 256 cm y 197 cm se explica por la ausencia de una columna de agua más o menos permanente, capaz de preservar el polen del deterioro químico y biológico. Existen múltiples estudios paleoambientales realizados sobre sedimentos lacustres de época holocena que proporcionan ejemplos tanto de hiatos en la sedimentación como de tramos polínicamente estériles. En la Península Ibérica se encuentran, por ejemplo los de La Salineta y La Playa (Moreno *et al.*, 2004; Valero Garcés *et al.*, 2004b; González-Sampériz *et al.*, 2008), Gallocanta (Burjachs *et al.*, 1996; Julià *et al.*, 2000; Roc *et al.*, 2002) o Valsalada (Sancho *et al.*, 2007). Situaciones similares también han sido documentadas en medios áridos de Australia (Luly, 1997), Estados Unidos (Davis, 1999) o Sudáfrica (Scott y Nyakale, 2002). Con frecuencia, los tramos de secuencias polínicamente estériles se corresponden con cambios mineralógicos, representados habitualmente en un aumento de evaporitas, que evidencian un descenso de la columna de agua (Carrión *et al.*, 2009). Los análisis sedimentológicos del registro de Ivars, realizados en el marco del proyecto HIDRAM4000, han revelado la existencia de un aumento en el contenido de carbonatos y sulfato de calcio en el tramo 197-256 cm (Ramón Julià, com. pers.) que corroboran la instalación de estas condiciones de desecación de la laguna en este período (fig. 87).

La hipótesis aquí planteada sobre la instalación de condiciones climáticas más áridas iniciada desde aproximadamente ca. 500 cal aC, es de difícil contrastación con los datos procedentes de otros registros paleoambientales del NE peninsular. Como viene sucediendo habitualmente en el Valle del Ebro, la limitada capacidad para contrastar la variabilidad paleoambiental se explica fundamentalmente por el reducido número de secuencias disponibles que cubran el Holoceno superior y que dispongan de suficiente resolución cronológica, o en algunos casos, a la propia ausencia de dataciones radiocarbónicas. Existen algunos indicios, sin embargo, que apuntan hacia un descenso de la humedad durante la segunda mitad del I milenio aC. Entre ellos cabe destacar el incremento de salinidad observado en la secuencia de Salada Pequeña (Alcañiz) desde

aproximadamente 750 cal aC (Davis, 1994), el cual podría reflejar fluctuaciones del nivel del lago en época estival. Otros registros, como el de La Playa (González-Sampériz *et al.*, 2008), han permitido documentar desecaciones ocurridas durante la segunda mitad del I milenio aC. La secuencia de Montcortés (Baix Pallars), pese a localizarse en un sector prepirenaico que se caracteriza por un régimen climático más húmedo, evidencia también un descenso del nivel del

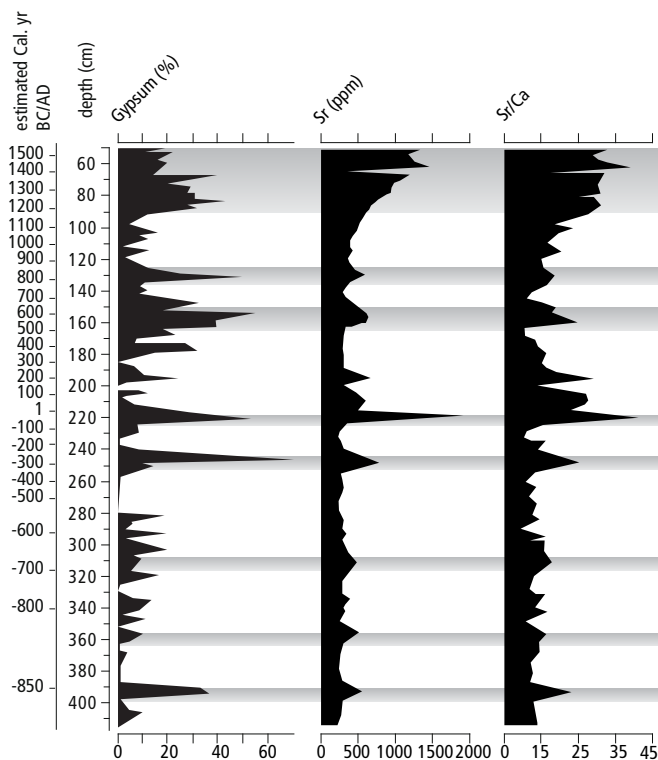


Fig. 87. Evolución de diversos descriptores sedimentológicos en la secuencia de Ivars. Destacan los picos de yeso (Gypsum) y estroncio (Sr) en las cotas 220 y 245 cm, indicando precipitaciones de sales (fuente: Ramón Julià *com. pers.*).

lago entre 400 cal aC y 40 cal dC (Scussolini *et al.*, 2011; Corella *et al.*, 2010). En áreas peninsulares continentales alejadas del NE, como la laguna de Zóñar, diversos proxies paleoambientales (Martín Puertas *et al.*, 2008) también han revelado el predominio de fases más secas en los momentos finales del I milenio aC, similar a lo que otros estudios de ámbito suprerregional (Jalut *et al.*, 2000) han propuesto para el occidente europeo, en base a los índices polínicos de taxones caducifolios y perennifolios.

Partiendo de otro tipo de aproximaciones paleoclimáticas, el análisis de dinámicas fluviales ha aportado algunas evidencias que sugieren una menor frecuencia de los eventos extremos de inundación a escala europea entre 420 cal aC y el cambio de era (Macklin *et al.*, 2006), ocurridas en un contexto climático de tendencia seca. En la Península Ibérica, algunos trabajos realizados sobre sedimentos fluviales han permitido acotar temporalmente procesos de aluviones y riadas con cierta periodicidad desde 915 cal aC hasta 400 cal aC (Benito *et al.*, 2008; Thorndycraft y Benito, 2006). La reducción de esta actividad fluvial coincide aproximadamente con el período árido propuesto en el Llano Occidental Catalán observado en la secuencia de Ivars.

Por otra parte, en el Valle del Ebro, estudios geomorfológicos realizados sobre dinámicas de vertientes y terrazas cuaternarias han puesto de manifiesto la existencia de una tendencia hacia la aridificación que favorecería la erosión de laderas y activaría procesos de incisión de fondos de valle, como en las cuencas del Río Huerva (Peña, 2004) y el Río Cinca (Sopena Vicién y Peña

Monné, 1998), ocurrida durante época ibérica y romana (Gutiérrez Elorza y Peña Monné, 1992, 1998). Así, algunas evidencias climáticas apuntan hacia la instalación de condiciones más cálidas y secas desde el 300 aC, que podrían explicar la desecación temporal de la laguna de Ivars. No obstante, estos estudios reconocen la dificultad de delimitar las causas de los cambios ambientales, identificando la variabilidad climática y el impacto antrópico como agentes desencadenantes de estos procesos ocurridos en los últimos siglos del I milenio aC, en un contexto caracterizado por una mayor explotación económica del territorio (López, 2000).

Algunos análisis realizados sobre restos arqueobotánicos del Llano Occidental Catalán han tenido por objeto estudiar evolución climática, en concreto de la pluviometría, a partir de la discriminación isotópica del Carbono. En estos trabajos (Alonso *et al.*, 2004; Ferrio *et al.*, 2006a, 2006b) se pone de manifiesto la existencia de condiciones de aridez hasta 300 cal aC, momento a partir del cual los valores de $\delta^{13}\text{C}$ indican un aumento de la humedad. Los resultados de estos estudios contrastan con las hipótesis de una fase árida en Ivars para el período posterior a 500 aC.

La ausencia de evidencias polínicas durante el período mencionado imposibilita caracterizar la evolución del paisaje ocurrida en este territorio durante las épocas del Ibérico Pleno, Ibérico Tardío y gran parte del período romano. No obstante, los resultados del análisis polínico de los sedimentos arqueológicos procedentes del yacimiento de Els Vilars d'Arbeca aportan información sobre la evolución paisajística del entorno de este núcleo en un período cronológico no cubierto por el registro de Ivars.

El sedimento analizado en el pozo forma parte de una unidad estratigráfica asociada a la amortización de dicha estructura (Junyent y Moya, 2011), por lo que cabe tener presente que el polen registrado se depositó en un momento en que esta estructura no está en uso como lugar de abastecimiento hídrico (fig. 88).

En el caso del foso, el registro polínico está asociado a un perfil litológico anóxico, propio de un medio acuático. La sedimentación polínica pudo haberse producido, por tanto, antes de la amortización y colmatación definitiva de la estructura (fig 89).

Sin embargo, las dataciones radiocarbónicas obtenidas indican que ambas secuencias registran un lapso temporal muy próximo: entre ca. 305 ± 97 cal aC y 285 ± 100 cal aC en el caso del pozo, y con anterioridad a 292 ± 100 cal aC en el caso del foso. Estas fechas coinciden con la época propuesta para final de la ocupación de Els Vilars (Alonso *et al.*, 2005), aunque la desviación estándar de las fechas radiocarbónicas permite asociar el espectro polínico con los últimos momentos de ocupación del núcleo.

Los registros polínicos del pozo y del foso documentan un espectro polínico a grandes rasgos similar, apoyando la idea de su proximidad cronológica. Ambas secuencias ponen de manifiesto una presencia muy escasa de polen arbóreo y una elevada proporción de taxones herbáceos. Estos datos revelan un alto grado de apertura paisajística en el entorno de este hábitat protohistórico a finales del s. IV aC. Esta configuración paisajística es similar a la documentada en Ivars, con una vegetación dominada por *Artemisia*. A diferencia de la información disponible para el pozo, en el

foso sólo se cuenta con una fecha *ante quem*, que impide determinar la tasa de sedimentación del registro y conocer el ritmo cronológico de la evolución vegetal. Sin embargo ambas secuencias evidencian una tendencia regresiva del encinar muy similar, aunque esta tendencia es más evidente en el registro del foso. Por otra parte, los valores de *Pinus* son más elevados y estables en el registro del foso. Estas diferencias, aunque ligeras, podrían evidenciar una situación a partir de la cual el foso que rodea la fortaleza de Els Vilars parece captar mejor la lluvia polínica regional que el pozo, situado en el interior del recinto.



Fig. 88. El pozo central de Els Vilars d'Arbeca durante su excavación

Las diferencias entre ambos puntos de captación polínica pueden ser observadas además en la distribución de los taxones no arbóreos. Así, si bien ambos registros revelan el predominio de *Artemisia*, en el pozo se documenta un considerable aporte de Poaceae, algo no observado en el foso exterior. Esta disparidad en la representación de gramíneas podría obedecer al hecho de que éstas se encontrasen directamente en el interior del poblado, hipótesis probable en virtud de los posibles usos domésticos de este taxón. El componente más antrópico del registro polínico del pozo queda reflejado de hecho en la presencia de polen de cereal en todas las muestras, hecho que no sucede en el foso. Además, en el pozo se observa una amplia variedad de plantagináceas (*P. lanceolata*-t, *P. maritima*-t, *P. major-media*-t, *P. tenuiflora*-t.) y otros taxones apofíticos como *Centaurea solstitialis*-t, *Rumex* y *Polygonum aviculare*-t. No obstante, en el foso están presentes taxones apofíticos que coinciden con los registrados en el sedimento del pozo. Pese a la ausencia de evidencias de cultivos, la recurrencia de taxones ruderales evidencia un alto grado de antropización del medio en el entorno de Els Vilars. El tapiz vegetal, compuesto mayoritariamente por comunidades características de ambientes secos y abiertos (*Artemisia*, Chenopodiaceae/Amaranthaceae, Brassicaceae, Cichorioidae y Asteroideae), refleja una situación ambiental de aridez durante el s. IV aC y evidencia que las formaciones arbóreas se encontraban alejadas, de acuerdo con los datos obtenidos en el registro de Ivars en cronologías inmediatamente anteriores a su desecación.

No deja de sorprender que el cereal se documente con regularidad en el registro pozo, mientras que en el foso exterior apenas se observa su presencia puntual. Esta dualidad podría ser explicada en base a la presencia de grano en el interior del recinto, mientras que los cultivos debieron presentar una escasa relevancia en las inmediaciones del yacimiento.



Fig. 89 Foso de Els Vilars d'Arbeca durante su excavación. Se observan niveles grises correspondientes a contextos acuáticos.

Respecto a la situación en el interior del poblado, cabe indicar que los estudios carpológicos demuestran la existencia de cereal procesado, es decir, limpio y listo para ser molido, en el interior de Els Vilars (Alonso *et al.*, 2008). La existencia de polen de cereal en el registro del pozo podría ser el resultado de la deposición de material polínico procedente del propio grano después de su procesado, circunstancia que ha sido comprobada en algunos trabajos experimentales (Geib y Smith, 2008).

Hasta el momento no ha sido posible documentar si el espacio exterior al recinto se encontraba o no ocupado por cultivos. No obstante, de los datos polínicos obtenidos en el foso se desprende que su presencia pudo ser reducida, como mínimo en la zona más próxima al asentamiento. En principio, cabría suponer que el foso estaría más abierto a la captación polínica de los espacios agrícolas cercanos al yacimiento. Sin embargo, los cereales son especies autógamias (Diot, 1999), lo que conlleva una muy baja dispersión polínica. De hecho, generalmente se apunta que la presencia de polen de cereal en la lluvia polínica es un resultado de la intervención antrópica, en concreto a las operaciones de aventado que tienen por objeto separar el grano de la gluma exterior (Hall, 1988; Hjelle, 1997). De los resultados obtenidos por los estudios carpológicos y polínicos, se puede inferir que las operaciones de tratamiento del cereal probablemente no tenían lugar ni dentro del núcleo de Vilars, ni en su entrono más cercano. Esta interpretación podría habilitar la hipótesis de que el entorno de Els Vilars no se encontraba cultivado durante la última fase de ocupación del yacimiento. No obstante, para confirmar esta hipótesis sería

necesario profundizar en el análisis arqueopolínico del yacimiento a partir de un mayor número de muestras que cubran varios sectores del mismo durante todas las fases de ocupación.

Los dos registros sedimentarios de Els Vilars revelan un incremento de polen de *Pinus* en las muestras superiores. Este incremento, datado exactamente en 292 ± 85 cal aC en el foso y que coincide con el inicio de la fase de abandono del asentamiento, podría ser interpretado como una consecuencia de la menor presión antrópica sobre el medio. No obstante, esta interpretación es matizable ya que hay que considerar que el medio continuó soportando la presión antrópica ejercida por otros grupos que, a inicios del s. III aC, todavía ocupaban el Llano Occidental Catalán (López, 2000) (fig. 24).

El núcleo de Els Vilars fue abandonado a inicios del s. III aC, poco después del comienzo de un período árido evidenciado en el registro de Ivars desde el s. V cal aC. El momento de máxima aridez ha sido identificado por los estudios sedimentológicos de la secuencia (Julià, *com. pers.*) entre los siglos III cal aC y I cal aC, en base los máximos valores de estroncio y yeso (fig. 87). El evento árido identificado en la laguna tiene un origen climático que podría haber provocado igualmente el descenso del nivel freático del curso subterráneo del Aixaragall, responsable de alimentar el foso y el pozo de Vilars (Junyent y Moya, 2011), reduciendo el suministro hídrico a estas estructuras.

Precisamente, el período de condiciones áridas documentado en el registro de la laguna de Ivars coincide cronológicamente con el auge de la cultura ibérica en el Llano Occidental Catalán (López, 2000). Este hecho resulta de significativa importancia a la hora de valorar las posibles relaciones socio-ambientales ocurridas en este sector, ya que estas evidencias de desarrollo poblacional, importante en casos como el de Molí d’Espígol (Tornabous) (Principal, 2007) (fig. 90), son contemporáneas al comienzo del abandono de la fortaleza de Els Vilars y el inicio de un período seco.



Fig. 90 Fotografía aérea del yacimiento ibérico de Molí d’Espígol.

Es posible, por lo tanto, que las evidencias arqueológicas y paleoambientales reflejen distintos niveles de adaptación o ritmos de desarrollo de los grupos humanos a la variabilidad climática e hídrica durante la segunda mitad del primer milenio aC. En casos como el de Els Vilars no hubo continuidad en la ocupación posteriormente a la instalación de las condiciones secas, mientras que otros lugares cercanos experimentaron un consistente auge hasta la llegada de las campañas romanas.

La secuencia de Ivars vuelve a ser polínicamente fértil a partir de los 197 cm de profundidad, desde mediados del s. II cal dC. A partir de la cota 197 cm los valores de concentración muestran una recuperación gradual y constante de la sedimentación polínica. Estas evidencias indican que a partir de este momento probablemente se reanudan las condiciones locales que permiten la conservación del material esporopolínico, posiblemente como consecuencia de un incremento de la columna de agua en la laguna. En relación con este hecho, el desarrollo de algas *Spirogyra*, documentado desde el s. II cal dC, sugiere (van Geel, 2001) la existencia de una columna de agua más estable en la laguna, resultado de un incremento de la disponibilidad hídrica.

El espectro polínico de este período permite caracterizar un paisaje vegetal diferente al que dominaba el Llano Occidental Catalán en el s. V cal aC, cuando la secuencia polínica se interrumpe, evidenciando la existencia de una recuperación de la vegetación forestal en el momento de la reanudación del registro, y que podría haberse iniciado en la época de dominación romana en el territorio. Así, el diagrama revela la instalación de un pinar que, si bien se encuentra ya en proceso de retracción a lo largo de los s. III y IV cal dC, ocupaba espacios que en el s. V cal aC estaban deforestados. Algunos análisis polínicos realizados en sedimentos arqueológicos de Lleida han demostrado un paisaje deforestado en época romana, pero con cierta presencia del pinar (Riera, 1998a, 1998b). En este sentido, los datos del registro de Ivars podrían corroborar que durante la época romana se produjo una regeneración de las comunidades de *Pinus* en algunos sectores del Llano Occidental Catalán.

El resto de formaciones forestales experimentan también una recuperación, coincidiendo con la zona polínica IV3-II, en la que el bosque de *Quercus* alcanza su máximo desarrollo en el sector a finales del s. V cal dC. Otros géneros arbóreos, como *Alnus*, *Corylus* o *Betula*, de cierta exigencia hídrica, también registraron un avance.

La presencia de estos taxones arbóreos de tendencia húmeda en las primeras muestras fértiles del diagrama posteriores a la etapa estéril, conjuntamente con las evidencias de *Spirogyra*, conducen a interpretar climáticamente el período entre los siglos III dC y V cal dC como de tendencia más húmeda. Precisamente durante esta fase, además, se documenta la recuperación de la columna de agua en Ivars. En los lagos de Montcortés (Scussolini *et al.*, 2011) y Estanya (Morellón *et al.*, 2008) ha sido identificada una fase húmeda con cronologías similares. Del mismo modo, algunos trabajos proponen un aumento de la disponibilidad hídrica en el mediterráneo occidental en época tardorromana (Reale y Dirmeyer, 2000).

Sin embargo, esta interpretación podría verse matizada ante las evidencias aportadas por un taxón de ecología xérica como Chenopodiaceae/Amaranthaceae, el cual experimenta un sensible aumento en toda la mitad superior del diagrama (197-55cm). Su presencia, sin embargo, no es interpretada como un efecto directo de unas condiciones climáticas más secas, sino como una respuesta vegetal a la desecación de la laguna ocurrida con anterioridad. Así, este evento crítico pudo haber contribuido a incrementar la presencia de sales en el substrato desecado, favoreciendo unas condiciones medias salinas apropiadas para la colonización por parte de estas comunidades halófilas (Conesa *et al.*, 1994). Su mejor representación en la lluvia polínica obedecería, por tanto, a una proximidad de estas comunidades al punto de sondeo, resultado de la colonización del litoral de Ivars. Este dato constituye una evidencia de cambio en las condiciones del medio lacustre, posiblemente originadas en relación con el período de desecación. De manera similar, en la laguna de Gallocanta A.C. Roc *et al.* (2002) han documentado un avance de Chenopodiaceae/Amaranthaceae, concretamente de *Salicornia*, un género de requerimientos halófilos presente actualmente en la vegetación del Llano Occidental Catalán (Conesa *et al.*, 1994), relacionado con fluctuaciones del nivel de agua.

En Ivars, la regeneración forestal documentada en esta fase coincide con un período en el cual el impacto humano no resulta especialmente significativo, aunque éste se encuentra documentado en la secuencia por la presencia de polen de cereal. No obstante, se constata una desaparición de la mayoría de taxones sinantrópicos, así como de las esporas de hongos coprófilos, que sugiere una posible atenuación de la presión humana en el medio. En relación a este aspecto, los indicadores de actividades agrícolas documentados podrían estar vinculados a la ocupación romana de este sector del Llano Occidental Catalán, de la cual existen algunas evidencias arqueológicas como las pequeñas explotaciones de carácter agrícola de las riberas del Llobregós, Sió, Ondara y Corb (Pera, 1993). En las proximidades de la laguna, la ocupación romana está documentada por los yacimientos de Missatges y La Cendrosa (Vila-sana) (Alonso *et al.*, 2007). Significativamente, en la zona del Bajo Aragón, así como en el litoral central catalán (Davis, 1994; Riera, 2005), también han sido documentados avances del pinar en época romana, coetáneos a un descenso de los indicadores de cultivos. La menor frecuencia de indicadores de antropización detectada en estos momentos en el diagrama, parece indicar que la menor presión humana en el medio facilitó la recuperación de la vegetación forestal.

Esta situación se invierte a partir del s. VI cal dC, durante la zona polínica IV3-I. A partir de este momento tuvo lugar un notable retroceso de las masas forestales, tanto de las formaciones de *Quercus* como de *Pinus*. La apertura del paisaje detectada en este sector obedeció probablemente a causas antrópicas, según se deduce del aumento inmediatamente posterior de indicadores agrícolas, como Cerealia y *Castanea*, de taxones indicadores de perturbación del medio, especialmente *Plantago lanceolata*-t, *Centaurea solstitialis*-t, así como el desarrollo de Cichorioideae. La señal de macrocarbones evidencia además un aumento en la concentración de estas partículas, que podrían estar reflejando una mayor recurrencia de los incendios en el sector y pudieron contribuir a la reducción de los pinares. Pese a la constatada intensificación de la presión antrópica en el sector de Ivars y a nivel regional, los datos referentes a los hongos coprófilos no sugieren un incremento de la actividad ganadera en este momento. La posibilidad

de que estos incendios tuviesen relación con las estrategias antrópicas de apertura paisajística no es descartable, pero tampoco plenamente constatable a la luz de los datos disponibles. Cabe mencionar, no obstante, que coincidiendo con el inicio del período visigótico, en diversos registros de la costa catalana han sido documentados procesos de deforestación similares los registrados en Ivars (Riera, 2005), en los cuales se ha apuntado su origen antrópico. En el Bajo Aragón han sido detectados procesos paralelos de retroceso del pinar datados en estas mismas fechas (Davis, 1994), también interpretados como resultado de actuaciones antrópicas.

Durante el s. VIII cal dC el bosque de *Quercus* se redujo al mínimo en el sector. Este hecho se produce coetáneamente al inicio del dominio musulmán en el territorio. La apertura paisajística favoreció la extensión de Brassicaceae, taxón que evidencia una significativa antropización del medio (Brun, 2009; Brun *et al.*, 2007). El cultivo de cereal no experimenta cambios, y su presencia se documenta hasta el siglo IX cal dC. Una tendencia similar se observa en la mayor parte de los taxones apofíticos, entre los que destacan *Plantago lanceolata*-t y *Centaurea solstitialis*-t, que evidencian una perturbación del medio ininterrumpida desde el siglo V cal dC. A partir del siglo IX cal dC es posible constatar un incremento de taxones cultivados y apofíticos, que sugieren una extensión de los espacios agrícolas. Así, los incrementos de *Cirsium*-t y de *Olea* podrían estar reflejando la irrupción del modelo agrícola de tradición musulmana, implantando una agricultura intensiva basada en la explotación de espacios irrigados en la ribera del Segre (Eritjà, 1993; Alonso *et al.*, 2008). En este sentido, las evidencias documentales cristianas de la época de conquista referentes a la irrigación del sector del Pla d'Urgell a través del *Reguer de Montusar* (Brufal Sucarrat, 2008), muestran la existencia de un sistema de explotación que combinaba la irrigación con el secano.



Fig. 91. La torre de Almenara, construida en época islámica y ubicada en la sierra homónima, se localiza en un paisaje levemente accidentado con vegetación de secano.

Por otra parte, es preciso constatar que las evidencias de ganadería aportadas por las esporas de hongos coprófilos no resultan especialmente significativas durante los siglos de dominio musulmán, aunque la documentación cristiana hace alusión a pastos localizados en el sector del

Pla d'Urgell en el momento de la conquista (Brufal Sucarrat, 2008). La práctica ausencia de esta señal sugiere una escasa relevancia de esta actividad en el marco del modelo económico predominante en el sector en este período.

Durante el dominio musulmán en el territorio (siglos VIII, IX y X dC), el espectro polínico de Ivars refleja un leve incremento de los taxones xerófilos y estépico. En concreto, se observan mayores valores de *Artemisia*, *Ephedra*, *Tamarix* y *Limonium*. En este momento también se registra la desaparición de especies más exigentes de humedad como *Corylus* y *Betula*, constituyendo una evidencia de cambio en la configuración vegetal que podría responder a unas condiciones climáticas más áridas ocurridas entre los años ca. 700 y 950 cal dC. En las lagunas de Montcortés (Corella *et al.*, 2010) y de Estanya (Riera *et al.*, 2004) ha sido documentada una fase árida de similar cronología. Esta tendencia climática ha sido puesta en relación con la Anomalía Climática Medieval, cuyos efectos podrían haberse manifestado también en Ivars. Por otra parte, la señal de macrocarbones manifiesta una incidencia elevada de los incendios entre los s. VIII y X cal dC. Su relación tanto con el mencionado período árido, durante el cual el déficit hídrico pudo facilitar la extensión de incendios, o con determinadas estrategias humanas es difícil de determinar, pero probablemente ambos factores actuaron conjuntamente.

Desde el siglo X cal dC hasta el final de la secuencia polínica en el s. XV cal dC, la configuración vegetal no experimentó grandes cambios, aunque sí cierta variabilidad. El tapiz forestal se mantuvo bajo unas condiciones de aparente estabilidad durante estos 500 años, caracterizando eminentemente un paisaje abierto. Destaca, sin embargo, la expansión de *Juniperus* ocurrida entre los s. XI y XIII cal dC. Respecto a la interpretación geobotánica y paleoambiental de este taxón, es preciso recordar las dificultades intrínsecas al análisis polínico para distinguir entre la especie arbórea (sabina, *Juniperus phoenicia*) y la arbustiva (enebro, *Juniperus oxycedrus*). No obstante, el desarrollo de esta comunidad podría guardar alguna relación con la instalación de los sabinares en la zona aragonesa de Monegros durante esta misma época. En este sentido, cabe señalar que la primera mención documental de este topónimo, cuya etimología podría referirse a la vegetación que caracterizaba ese territorio, data del s. XII (Blasco-Zumeta, 1997), corroborando al menos en ese momento la presencia de formaciones de sabinares en ese sector, cuya señal polínica podría haber llegado hasta Ivars. En las secuencias de Estanya (Riera *et al.*, 2004) y de Montcortés (Rull *et al.*, 2010), las evidencias de *Juniperus* también aumentan en época medieval, pudiendo ser una manifestación del mismo proceso de extensión de estas comunidades.

Durante los siglos XI y XII cal dC, el registro polínico de Ivars refleja una disminución de las prácticas cerealísticas, hecho que posiblemente estuvo relacionado con la inestabilidad política que caracterizó este sector en el contexto de la guerra de conquista practicada por los condados catalanes septentrionales (Salrach, 1987). En relación a este hecho, se constata una posible reducción de los de incendios a partir del s. XI cal dC. Si bien la señal de los macrocarbones posee un relevancia espacial de ámbito eminentemente local (Carcaillet *et al.*, 2001; Carcaillet, 2007; Withlock y Larsen, 2000), ésta podría poner de manifiesto la interrupción de una tendencia instaurada desde hacía 400 años, probablemente como consecuencia de un cambio de estrategia en la gestión antrópica del medio en el momento de la ocupación cristiana.

En los s. XI y XII cal dC se detecta una reducción de la actividad cerealística, aunque ésta cobró un nuevo impulso a partir del siglo XIII cal dC. A partir de este momento las evidencias del cultivo de olivo y castaño reflejan una fase de vitalidad económica. Sin embargo, uno de los cambios más destacables ocurridos posteriormente a la conquista cristiana del territorio fue el auge de la ganadería, de la cual da cuenta el aumento de la totalidad de esporas de hongos coprófilos ocurrida desde el siglo XII cal dC. Esta evidencia podría estar documentando en Ivars la irrupción de la cabaña ganadera que circulaba en dirección N-S por los ejes viarios de trashumancia establecidos entre los pastos del Alt Urgell y el Pla d'Urgell-Camp de Tarragona (Riu, 1950). Por otra parte, el Pla d'Urgell podría también haber sido escenario de circulación de rebaños en función del eje E-O que conectaba el sector de Biosca (Segarra) hasta Castellnou de Seana en esta época (Cardona Colell, 2000). Este desarrollo de la ganadería podría estar directamente relacionado con la actividad económica de las órdenes militares de los Hospitalarios y los Templarios, cuya implantación en este sector de la Catalunya interior se produce en el marco del proceso de la conquista cristiana (Forey, 1973). En este sentido, la vocación ganadera de estos grupos está documentada en sus territorios de origen, como el Pallars, con los cuales se podría haber establecido algún tipo de sistema ganadero estacional (Sans i Travé, 2002).

Durante este período se documenta una extensión de los pastos, principalmente de Poaceae, que se desarrollaron en detrimento de las formaciones estépicas de *Artemisia*. El desarrollo experimentado por Brassicaceae en s. XIII cal dC refuerza la idea de una explotación continuada en el territorio desde entonces, consolidándose en los siglos XIV y XV cal dC, según indica la expansión del cereal, del olivo y de los indicadores de medios cultivados como *Centaurea solstitialis*-t. En este momento se documenta una ligera recuperación forestal, según indican las muestras superiores de la secuencia de Ivars 2.

En general, la zona superior de la secuencia polínica de Ivars documenta la implantación de modelo agrícola y pecuario de secano, que funcionó en este sector del interior de Catalunya (Eritjà, 1993) durante el período de la Baja Edad Media y se mantuvo vigente hasta la construcción del Canal d'Urgell en el s. XIX, que conllevó la extensión de la irrigación en el sector.

8. Síntesis comparativa: conclusiones

8.1 Síntesis comparativa: conclusiones

El análisis polínico de las secuencias sedimentológicas estudiadas ha permitido establecer un esquema evolutivo comparado (fig. 92) de las variaciones climáticas, los cambios paisajísticos, los procesos de antropización y los usos del suelo que se han producido en los territorios septentrionales de la provincia de Guadalajara y en el Pla d'Urgell desde aproximadamente el comienzo del I milenio aC hasta el siglo XV dC.

Sin embargo, en el sector de Guadalajara, la historia ambiental puede seguirse hasta la actualidad, aunque no es posible establecer comparaciones entre ambas regiones entre el siglo XVI y la actualidad, debido a la interrupción del registro de Ivars.

Evolución climática

Los resultados obtenidos en los registros sugieren que, a grandes rasgos, las variaciones climáticas de ambos sectores presentan ciertas similitudes, aunque se constata la existencia de variaciones climáticas discordantes de menor magnitud en cada sector.

Así, se ha podido determinar en ambos sectores el predominio de condiciones húmedas a inicios del I milenio aC, una tendencia climática que ha sido también observada en otros sectores peninsulares. En el Llano Occidental Catalán, no obstante, esta etapa es más compleja, ya que en torno a ca. 700 cal aC se detecta un evento árido de corta duración que, si embargo, no parece documentarse en el sector de Guadalajara.

En torno a ca. 500 cal aC, se registra en ambos territorios un progresivo descenso del nivel de agua en los lagos, que indica el final de un período de húmedo y la instalación de unas condiciones más secas. El hecho de que ambas secuencias evidencien una reducción de la disponibilidad hídrica en esta fase reafirma el carácter natural de esta tendencia. Esta fluctuación climática, de características suaves en Guadalajara (Currás *et al.*, 2012), pudo haber tenido mayores repercusiones socio-ambientales en el Pla d'Urgell. En este sector, las condiciones de menor disponibilidad hídrica comportan un descenso de la columna de agua en el Estany d'Ivars, que implicó la desecación total o parcial de esta laguna endorreica a partir de ca. 400 cal aC. Este episodio, así como el evento árido del ca. 700 cal aC anteriormente descrito, ponen de manifiesto la mayor sensibilidad de los sectores continentales más áridos del Valle del Ebro a los períodos de menor disponibilidad hídrica.

A partir de este momento, la interrupción del registro polínico de Ivars entre ca. 400 cal aC y ca. 150 cal dC, no permite contrastar las evoluciones ambientales de los dos sectores en estudio. Se dispone, no obstante, de información polínica para el período ca. 400 - 300 cal aC, aunque en un contexto antropizado como las estructuras hídricas de Els Vilars d'Arbeca. En el N de Guadalajara, donde el registro sedimentario es continuo, el periodo entorno al cambio de era presenta unas condiciones climáticas inestables, aunque se constata una tendencia a la disminución de la humedad. Estas condiciones ambientales secas se hacen especialmente evidentes durante el período comprendido entre ca. 200 cal aC y ca. 180 cal dC.

Posteriormente, entre finales del s. II y el IV cal dC se detectan indicios de un incremento de la humedad tanto en el N de Guadalajara como en el Llano Occidental Catalán, que implicó un aumento de los niveles de los lagos de Somolinos e Ivars. Estas condiciones se mantienen en ambos sectores peninsulares hasta el s. V cal dC, momento a partir del cual en Guadalajara se documentan las primeras evidencias que indican de nuevo la instalación de condiciones más secas.

La aridificación de sectores interiores peninsulares se documenta también a inicios del s. VII cal dC en el Pla d'Urgell, mientras que a partir del s. VIII cal dC, estas condiciones áridas son más intensas en Guadalajara y conducen a la desecación de la laguna de Somolinos PAS. Por tanto, se puede sugerir la existencia de una fase más seca, común en ambos sectores y que, además, ha sido documentada en otras secuencias peninsulares.

Los siglos centrales de la época medieval (siglos X - XIII dC) reflejan diferencias en la evolución climática entre la meseta y de la Depresión del Ebro. Así, durante este período, en el sector septentrional de Guadalajara predominó un clima más seco, registrando escasa variabilidad en la evolución de las condiciones climáticas desde el s. V cal dC hasta el s. XIII cal dC. No obstante, cabe señalar la instalación temporal de condiciones relativamente más húmedas en este sector, cuyas evidencias en el registro polínico indican que podría haberse extendido entre los años 700 y 900 cal dC. En cambio, en el Pla d'Urgell la aridez empieza a remitir a partir del s. XI cal dC, evidenciando una mayor disponibilidad hídrica durante los siglos XII y XIII cal dC. Se pone así de manifiesto una variabilidad de las respuestas lacustres a los cambios paleoambientales entre ambos sectores. Esta constatación podría ser una consecuencia de la fuerte variabilidad regional que caracteriza la Anomalía Climática Medieval en la Península Ibérica, aunque también cabe considerar que los diferentes usos del suelo que se ponen en práctica durante estos períodos históricos podrían haber contribuido a variar los regímenes hídricos y, por tanto, la respuesta diferencial de ambos sistemas lacustres.

Evolución del paisaje y usos del suelo

Los cambios paisajísticos y de usos del suelo ocurridos en ambos sectores peninsulares evidencian notables diferencias a lo largo de la mayor parte del período estudiado en este trabajo. Esta diversidad está estrechamente relacionada con las diferentes historias de los territorios, que se superponen a la diversidad de las condiciones geográfico-climáticas específicas de cada sector y que marcan, como se ha señalado, umbrales de sensibilidad a las diferentes variables.

Diferentes paisajes y usos durante el I m aC

Durante la primera mitad del I milenio cal aC, estas diferencias se manifiestan principalmente en el predominio de un medio forestado en la zona de Sierra de Pela ya desde el siglo IX cal aC. En cambio, en el Pla d'Urgell el paisaje presenta un menor desarrollo forestal y en él alcanzan una especial importancia las formaciones vegetales no arbóreas de carácter estépico, formadas

sobre todo por *Artemisia*. La extensión de estas comunidades podría haber sido resultado de un impacto humano ocurrido en época anterior, que habría contribuido a una sensible reducción del bosque durante la Edad del Bronce, como parecen indicar algunas secuencias paleobotánicas obtenidas en el valle del Ebro.

Por otra parte, si bien las actividades antrópicas se documentan en ambos sectores desde el inicio del I milenio aC, en el Pla d'Urgell la actividad ganadera resulta especialmente relevante en el entorno del Estany d'Ivars, mientras que en Guadalajara la primeras actividades humanas documentadas pudieron ser de carácter estacionales o poco estables, sin provocar notables impactos paisajísticos. En este sector de la meseta, los impactos humanos permiten la regeneración del bosque, mientras que el Pla d'Urgell constituye un espacio ya definitivamente abierto.

El predominio de las actividades ganaderas en el Pla d'Urgell empieza a declinar a partir del s. VIII cal aC coincidiendo con el advenimiento de un evento árido anteriormente señalado, el cual también afecta a la actividad agrícola. En cambio, en Guadalajara, donde esta variación climática no ha sido registrada, la presencia esporádica humana se prolongará en el tiempo, con características similares. Cabe la posibilidad que las condiciones de aridez tuviesen una mayor repercusión eco-social en el Pla d'Urgell, donde el umbral de sensibilidad se sobrepasa con mayor rapidez que en el sector de Somolinos. Una vez sobrepasado este período, las actividades productivas se recuperan. Esta constatación sugiere un mayor impacto de la aridez en las comunidades humanas de este sector NE peninsular.

Dinamismo desde 500 aC y crisis en el NE

A partir del s. V cal aC, las actividades antrópicas son más estables en la zona septentrional de Guadalajara, donde están asociadas a la expansión occidental de grupos celtibéricos hacia el entorno del núcleo de Tiermes. En este sector, sin embargo, el impacto humano se desintensifica durante el s. III cal aC, pero recobra impulso en la segunda mitad del siglo II cal aC, a partir de una nueva fase agropecuaria y una intensificación de la modificación humana de esta zona. Cabe señalar que la fase de desintensificación de las actividades humanas del s. III cal aC no coincide con una fase de aridez, al contrario, probablemente se produjo en un contexto de mayor disponibilidad hídrica.

En el Pla d'Urgell, en cambio, el escenario desde el s. VI cal aC parece más complejo, ya que si bien las actividades agropecuarias se retoman con posterioridad al evento de sequía del ca. 700 cal aC, una nueva fase de menor disponibilidad hídrica se documenta a partir de 400 cal aC e implicó la desecación de Ivars. Esta aridez pudo afectar algunos asentamientos humanos en el sector. En este sentido, el abandono del asentamiento de Els Vilars d'Arbeca coincide precisamente con el momento de mayor aridez documentado en la laguna de Ivars a partir del 400 cal aC. Este asentamiento disponía de importantes infraestructuras hidráulicas que se abandonan y se colmatan hacia 300 cal aC. Puede apuntarse la hipótesis de que existió una relación entre ambos fenómenos, es decir, que la fase de aridez documentada en Ivars tuviese

repercusiones en el suministro hídrico de Els Vilars. Dada la especial trascendencia de estas estructuras hidráulicas, la inutilización de las mismas podría haber dejado sin significado al propio yacimiento. En este contexto, cabe tener en cuenta que otros asentamientos ibéricos del Llano Occidental Catalán no vieron interrumpida su ocupación durante este período más árido, resultando probablemente menos vulnerables a unos condicionantes ambientales de menor humedad. Sin embargo, en Vilars se podría haber asistido a una crisis motivada por la escasez de un recurso, el agua, cuya consideración podría no estar orientada tanto a su uso económico como a su dimensión simbólica y política. Este aspecto particular del asentamiento parece estar reforzado por la escasa relevancia que las actividades agropecuarias pudieron haber desempeñado en su entorno, según se documenta en los análisis polínicos del sedimento, al menos durante su última fase de ocupación.

Por tanto, la repercusión de los cambios climáticos sobre las comunidades humanas difieren en función de la vocación de las mismas, principalmente de sus orientaciones económicas, pero también muy probablemente de sus estructuras sociales y sus significados políticos y simbólicos. Cabe retener el hecho de que tendencias climáticas similares comportan respuestas humanas diferenciadas en el Pla d'Urgell y Guadalajara. Incluso dentro de una misma región, las respuestas a las variaciones climáticas varían en función del rol que juegan determinados recursos naturales, especialmente los hídricos, en el funcionamiento de las comunidades humanas y en diferentes ámbitos de la vida social.

Diversificación del impacto romano en la Península.

Durante la época romana, la relevancia de la actividad antrópica en Guadalajara se manifiesta en una profunda reestructuración de las cubiertas vegetales, manifestada principalmente en la deforestación de los pinares del Macizo de Pela. Por otra parte, se observa una explotación diversificada pero a la vez organizada de los recursos naturales del sector. Así, por ejemplo, puede apuntarse un uso diferencial del medio en función de la altitud, pudiendo proponerse una vocación más agrícola del territorio en sectores llanos y una orientación ganadera en los sectores elevados de la sierra. Además, los datos paleoambientales sugieren una explotación de recursos minerales y probablemente forestales, como sugiere la ausencia de evidencia de incendios. Estas dos actividades comportaron la práctica desaparición de los pinares en el sector.

En torno a ca. 175 cal aC se documenta una tendencia hacia el descenso de la columna de agua en el lago de Somolinos PAS, es decir 100 años antes de la primera fase de deforestación documentada del sector. Este hecho evidencia que la variación del régimen hídrico fue el resultado de un cambio climático hacia condiciones más secas y no el resultado de cambios en los usos del suelo que pudiesen haber modificado el régimen hídrico (Currás *et al.*, 2012).

Este sector de la Meseta, articulado territorialmente a partir de la ciudad de Tiermes, estuvo caracterizado por una extensa actividad agropecuaria entre el s. I cal aC y el s. V cal dC. Las nuevas organizaciones y usos de los espacios derivados de la ocupación romana representan una substitución rápida del modelo indígena de usos del territorio anterior, así como del paisaje

predominantemente forestado propio de época celtibérica. En este sentido, la deforestación del sector coincide con la conquista y el estatuto de *municipium* de la ciudad de Tiermes, reforzando la vinculación entre modificación paisajística y modelo de explotación. Este hecho permite apuntar que los impactos ambientales de época romana pudieron haber sido el resultado de la nueva organización político-territorial y económica del sector. En este sentido, no cabe descartar que estuvieran asociados a políticas de colonización que incluyen la explotación de recursos naturales concretos, lo que explicaría la rapidez del impacto ambiental.

En el Llano Occidental Catalán, aunque no se dispone de datos para el período romano hasta época Bajo Imperial, puede apuntarse que el proceso de romanización implicó diferencias

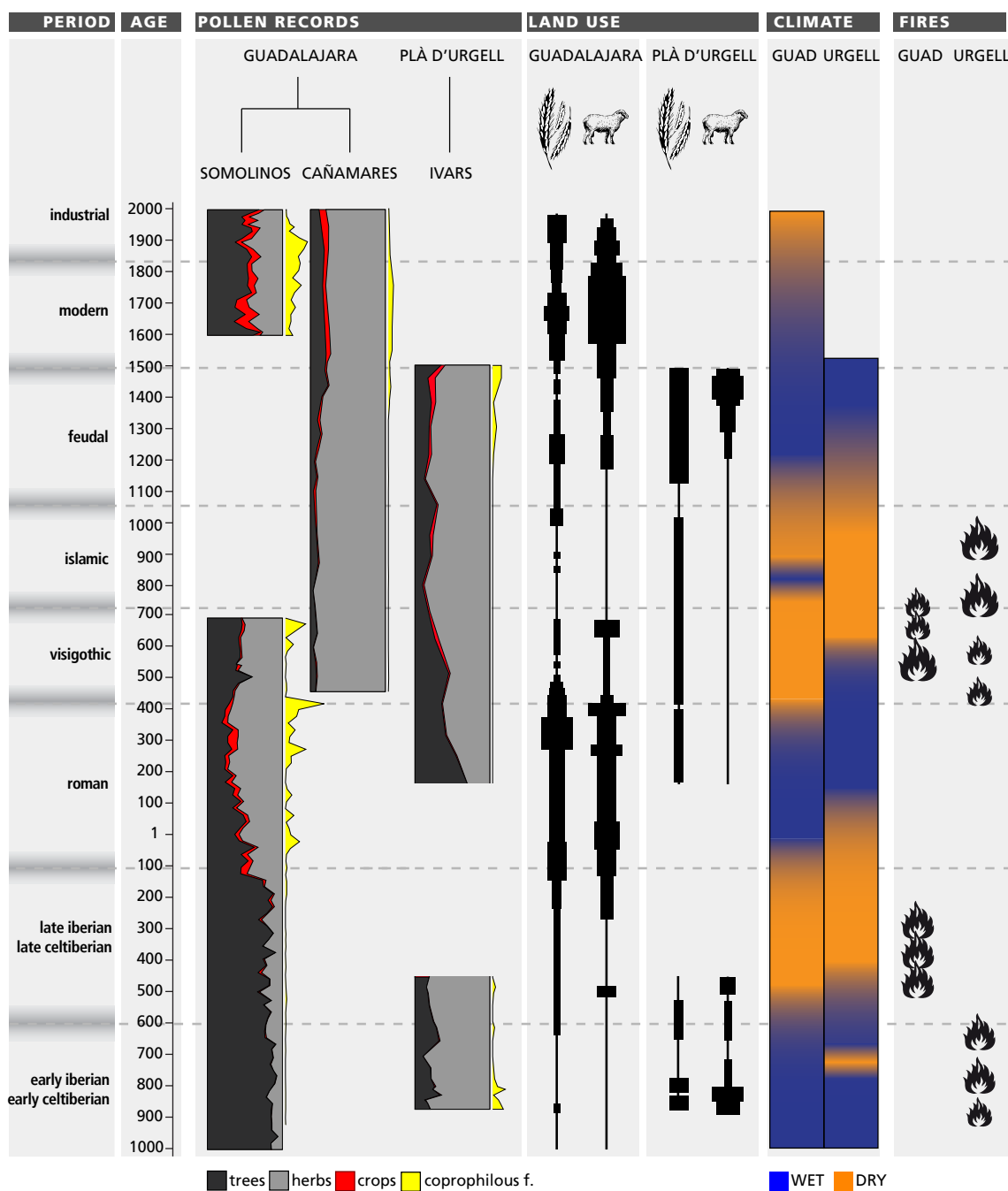


Fig. 92. Diagrama de síntesis en el que se representan bajo una misma escala cronológica los datos polínicos y de NPP simplificados, la interpretación de los usos del suelo y la evolución climática propuesta para el sector septentrional de Guadalajara y el Llano Occidental Catalán.

respecto al documentado en Guadalajara, sobre todo en relación a los usos del suelo e impactos ambientales. Así, en el Pla d'Urgell la configuración paisajística a mediados del s. II cal dC se caracteriza por la regeneración de la cobertura forestal, cuya expansión probablemente se produjo en un contexto de una menor intervención antrópica, de la cual apenas existen indicios directos. Esta reducción de la presión humana en el sector debió iniciarse con anterioridad a mediados del s. II cal dC, permitiendo la regeneración del pinar documentada en Ivars en la segunda mitad del s. II dC, sin que sea posible señalar si hubo un impacto antrópico romano en el Llano Occidental Catalán anterior a esta regeneración forestal, debido a la interrupción de la secuencia polínica en esta época.

No obstante, es preciso considerar la evolución paisajística del Llano Occidental Catalán en el marco de las características generales del NE peninsular, donde no se ha documentado una extensión significativa de las actividades agropecuarias en época romana, incluso en el entorno de centros urbanos litorales como Tarraco o Barcino.

Durante el período romano se aprecia una evolución diferencial de los dos territorios estudiados. Así, si por una parte se registra un fuerte impacto y diversificación de la explotación de recursos en el sector de Guadalajara, el Pla d'Urgell experimenta una desintensificación de la presión antrópica, como mínimo antes del s. II cal dC, período durante el cual el sector de Sierra de Pela continúa siendo objeto de una extensa y diversificada explotación de recursos en un medio cada vez más deforestado.

El contraste paisajístico registrado entre estos dos sectores de la meseta y la Depresión del Ebro revela las diferentes estrategias de ocupación y gestión del espacio adoptadas en época romana. La contraposición entre un medio altamente explotado y otro menos perturbado constituye una muestra de la determinante capacidad romana de generación de paisajes culturales en territorio peninsular, así como de las estrategias de organización territorial y explotación de los recursos en cada sector.

Cabe, sin embargo, apuntar la posibilidad de que el sector N de Guadalajara hubiese experimentado un proceso de ocupación y explotación de recursos específicos apreciados en la economía romana, un hecho que ha sido documentado en otros sectores peninsulares de media montaña.

El paisaje abierto de época visigoda y andalusí.

Durante los siglos IV y V cal aC se observa una evolución paisajística similar en ambos territorios, plasmada en una reducción del pinar —que casi desaparece totalmente en el sector N de Guadalajara— y una recuperación del encinar. Estos procesos ocurren en un contexto de evolución climática desde características más húmedas hacia otra de condiciones más secas, que se documenta primero en la meseta y posteriormente en el Llano Occidental Catalán. Sin embargo, a finales del s. V cal dC se documenta en el sector del Pla d'Urgell una reducción de los espacios forestales que afecta especialmente el encinar.

La época de dominio visigodo, datada entre los siglos V dC y VII dC, significó un cambio en el contexto político y cultural, que pudo comportar la instalación de nuevos usos del suelo. Así, mientras que la actividad agropecuaria se desintensifica en Guadalajara respecto al período romano, en el Pla d'Urgell se asiste a una fase de notable impacto antrópico desde el s. VI cal dC, caracterizada por una extensión de las actividades agrícolas que no se habían producido durante el período Bajo Imperial. En este sentido, la evolución registrada en el Pla d'Urgell se asemeja a la dinámica paisajística documentada en algunos llanos litorales catalanes, que ponen de manifiesto una transformación paisajística y la intensificación de los usos en época tardoantigua.

De nuevo, el inicio del dominio andalusí tiene repercusiones desiguales en la meseta y en el Llano Occidental Catalán, en un contexto común de disminución de la disponibilidad hídrica. Partiendo de la consideración de la señal de cultivos como un indicador de una mayor estabilidad en los usos del suelo, en el sector de Somolinos se observan indicios de cambios en las prácticas agrícolas posterior a la conquista musulmana. En el N de Guadalajara, en un primer momento, el inicio de la administración musulmana pudo repercutir en una retracción temporal de las actividades agrícolas, sin que por el contrario se aprecien cambios significativos en la cubierta forestal, manteniéndose este sector como un medio ampliamente deforestado, hecho común al Pla d'Urgell. Allí, la transición al período andalusí se produce sin un aparente cambio en las prácticas del sector respecto al período anterior, documentándose actividades agrícolas en un paisaje abierto. En ambas zonas se constatan dos elementos comunes: la apertura del paisaje y un escaso peso de la ganadería.

Un proceso similar pero inverso se observa con motivo de la conquista cristiana en ambos territorios. El sector del Pla d'Urgell pareció experimentar una contracción temporal en los usos agrícolas del suelo durante el proceso de conquista entre los siglos XI y XII, que acabó incorporando el Llano Occidental Catalán en los condados catalanes. En cambio, en el N de Guadalajara se evidencia una continuidad de las prácticas antrópicas y de la configuración paisajística después de la conquista cristiana, que podría reflejar una menor repercusión del cambio político en este sector de la meseta.

Dinamismo del paisaje medieval en la meseta y trashumancia.

El período bajomedieval documentado a partir del siglo XIII cal dC revela algunas similitudes en la evolución paisajística de ambos sectores. Tanto en el Pla d'Urgell como en el N de Guadalajara se instala una economía mixta, que incluye la expansión y consolidación de prácticas agrícolas diversificadas y el desarrollo de un sistema ganadero local, claramente evidenciado en ambos sectores. El desarrollo de estas prácticas implicó también la regeneración forestal en el sector de Guadalajara, donde el bosque pasa ahora a desempeñar un papel más relevante en la economía y en el paisaje. La gestión ganadera, con la presencia de rebaños trashumantes, jugó un papel decisivo en la organización de los usos del suelo y el paisaje del sector, favoreciendo la

instalación de posibles sistemas de uso agrosilvopastoril, que caracterizan los usos territoriales de época medieval y moderna en algunos sectores peninsulares.

A partir del s. XV dC no es posible establecer un análisis comparativo entre ambos sectores de la península. No obstante, puede apuntarse que el sector N de Guadalajara el sistema mixto de usos agrosilvopastorales se mantuvo activo hasta el s. XVI, momento a partir del cual el aumento de la presión ganadera sobre la zona implicó un descenso de la cubierta forestal. Esta actividad ganadera intensiva ha quedado bien reflejada en la secuencia de Cañamares, poniendo de manifiesto la existencia de una actividad estable en este sector hasta mediados del s. XIX cal dC, momento en que se produce la abolición de la Mesta y la ganadería decae. En el Macizo de Pela, sin embargo, la actividad ganadera se mantuvo activa hasta bien entrado el s. XIX cal dC, probablemente debido al hecho de que la actual laguna se encontraba ubicada en las zonas de pastoreo de rebaños locales y, a diferencia de Cañamares, no estaba incluida en los sistemas de trashumancia a gran escala. Las diferencias entre Somolinos y Cañamares constituyen un ejemplo de variabilidad de usos del suelo a escala intrarregional.

8.2 Comparative synthesis: conclusions

The study of the pollen record from the sedimentary sequences has enabled to establish a evolutionary scheme (fig. 92) by comparing the climate variability, the landscape changes, the anthropization and the land-use occurred in the northern area of Guadalajara and the Urgell Plain from the beginning of the 1st millennium BC to the 15th century AD.

In the Guadalajara area the environmental history can be followed until the present time. However, it has not been possible to compare both regions from the 16th century forwards, due to the interruption of the Ivars pollen record.

Climate evolution

Results obtained from the sedimentary records suggest that the evolution of climate variability in both regions is similar, even though some minor discordances are reported.

Thus, it has been possible to assess that humid conditions prevail in both regions at the beginning of the 1st millennium BC. This climatic trend has also been observed in other areas of the Iberian Peninsula. Nevertheless, the evolution of climate seems to be more complex in the Western Plain of Catalonia, since the pollen record reveals a short dry period near ca. 700 cal BC. This shift is not recorded in the Northern area of Guadalajara.

Around ca. 500 cal BC, a progressive shallowing in the water column is reported in the lakes of both regions, which indicates the end of the humid period and the beginning of drier conditions. The fact that both Somolinos PAS and Ivars sequences reveal a negative water balance at the same time supports its natural control. This climate fluctuation was less pronounced in Guadalajara (Currás *et al.*, 2012) and could have major social and environmental impact in the Western Plain of Catalonia. In this area, the reduction of water availability involved a partial or total dissection of the Ivars lake from ca. 400 cal BC. This episode, along with that recorded in ca. 700 cal BC, evidence the sensitivity of the continental areas in the Ebro Valley to periods of less water availability.

From now on, contrast between both studied areas from ca. 400 cal BC to ca. 15 cal AD is not possible due to the interruption of the pollen record at Ivars lake. Nevertheless, one pollen record covering the period ca. 400 - 300 cal BC in the Ebro Valley has been studied in this work, even though it is not a natural assemblage, but an archaeopalynological record which comes from the human hydraulic structures of Els Vilars d'Arbeca archaeological site.

In the Northern Guadalajara region, where the pollen record is continuous, the Roman period is characterised by a higher climate variability and reveals a trend towards a reduction in humidity. These environmental conditions become particularly noticeable between ca. 200 cal BC and ca. 180 cal AD.

Later on, an increase in humidity is observed in Guadalajara and the Western Plain of Catalonia from the end of 2nd century cal AD to 4th century cal AD. This shift involved an increase in the water column of Ivars and Somolinos PAS lakes. This trend remains unchanged until the 5th century cal AD, when the first signs of drought are reported in Northern Guadalajara.

These arid conditions are also recorded in the Urgell Plain at beginning of the 7th century cal AD. However, the drought becomes more intense in Guadalajara, leading to the dissection of the Somolinos PAS lake. Therefore, the existence of a drier phase in both areas may be suggested and indeed, it has been also observed in other regions of the Iberian Peninsula.

During the High Middle Ages (10th to 13th centuries AD) differences in the evolution of climate between the Iberian Plateau and the Ebro valley are observed. In the northern area of Guadalajara drier conditions prevailed at this time, with no significant changes reported since the 5th century cal AD, except for a relatively wetter temporary phase recorded from ca. 700 to 900 cal AD. On the contrary, aridity in the Urgell Plain subsided in the 11th century cal AD, while more water availability is reported during the 12th and 13th centuries cal AD. This highlights the diverse responses of lake systems to past environmental change in both areas, which may be linked to the strong regional variability that characterised the Medieval Climate Anomaly. Nevertheless, the different land-use occurred during historical times in both areas could also have modified the water regime and subsequently induced dissimilar responses in lakes.

Landscape and land-use evolution

Changes of landscape and land-use occurred in both studied areas have been widely different during the last 3000 years. This diversity is linked to the unique history of the territories, which take precedence over the specific geography and climate dominating in both areas. As previously indicated, diversity determines the existence of sensitivity thresholds in both areas.

Landscapes and land-use in the 1st millennium BC

The differences between regions at the beginning of the 1st millennium BC regard the dominance of a forest environment in the Pela Range since the 9th century cal BC. However, in the Urgell Plain the landscape was characterised by a weak forest cover and the widespread occurrence of steppic vegetation, mainly of *Artemisia*. The spread of these communities in this area of the Ebro valley could have been triggered by human impact on forests during the Bronze Age, as several palaeobotanical sequences suggest.

Evidences support the existence of grazing activities around the Ivars lake from the beginning of the 1st millennium BC. In Guadalajara, human activities are also recorded at this very moment, but they rather seem to be more seasonal or less stable, with minor impact on the vegetation. In

this area, human activities allow the recovery of forest, whereas the Urgell Plain was definitely an open landscape.

Grazing activities around Ivars decay since 8th century cal BC, at the time that an arid episode is reported in the area. These arid conditions could also negatively affect the agricultural activities while in Guadalajara, where this climate shift is not recorded, the occasional human presence lasts for long. This aridity shift could have a higher social and ecological impact in the Urgell Plain area, and in fact exceeds the sensitivity threshold more quickly than in the Somolinos area. After this dry episode, human activities recover in the Urgell Plain, which underline the impact of drought in this region.

Human impact since 500 cal BC and crisis in the NE

Since 5th century cal BC, human activities become more stable in northern Guadalajara, and they likely reflect the spread of celtiberian groups towards the Tiermes area. Notwithstanding, human impact temporarily decays in the 3rd century cal BC, but recovers afterwards during the 2nd century cal BC, when new farming and grazing evidences are observed. It must be stated that, in Somolinos, the temporary decay of human activity does not coincide with any dry climatic shift, but more humid conditions are reported.

In the Urgell Plain the situation is more complex from the 6th century cal BC, since, even if farming recover after the ca. 700 cal BC aridity period, a new dry phase is recorded after ca. 400 cal BC, involving the dissection of the Ivars lake and could have. This drought could negatively influence some human dwellings in the area. In fact, the abandonment of Els Vilars d'Arbeca took place just after 400 cal BC, when evidences of major drought are reported at Ivars lake. The archaeological site of Els Vilars has important hydraulic structures that were clogged by sediment near 300 cal BC. The dwelling itself is abandoned in this very moment. At this respect, it can be suggested that there's a link between both natural and cultural facts, such that aridity reported at Ivars could have been also recorded in the water delivery at Els Vilars. Considering the significance and importance of such hydraulic structures, their disablement could have rendered this human dwelling meaningless. It must be noted that other iberian sites in the Urgell Plain and the Western Plain of Catalonia were still occupied in this very moment and likely became more responsive to this arid period. However, at Els Vilars it could be plausible that a critical point was attained due to the decay of water availability. At this respect, water scarcity could have an impact on Els Vilars considering the powerful symbolic meaning of this resource, even above the economic meaning. This particular feature of the dwelling is supported by the lesser relevance of farming and grazing activities nearby, as documented in the pollen record of the site, at least during the last phase of the human occupation of Els Vilars.

Thereby, it can be concluded that climate change has different impact on human societies depending on the economic orientation, social structures and political-symbolic significances. It must be pointed out that dissimilar responses of human groups to climate shifts have been observed in northern Guadalajara and the Urgell Plain areas. Indeed, these responses may be

different within the same region, regarding the role that some resources, such as water, play in the functioning of society.

The diversity of human impact in Roman times

The relevance of anthropisation in Guadalajara during Roman times can be observed in the deep changes of the vegetation cover, being the deforestation of the Pela Massif one among the most noticeable examples. Moreover, an organised exploitation of the land is reported now in this area. For instance, different activities were likely performed depending on altitude, such as farming in the lowlands and grazing on the ranges and high plateau of Pela Massif.

Furthermore, palaeoenvironmental data suggest that mining and forestry occurred at the same time. It is plausible that the combination of these practices led to the complete deforestation of pinelands in this area.

From 175 cal BC onwards, a water lowering trend is recorded in Somolinos PAS lake, 100 years before the first large deforestation episode. This fact proves that the shift in the water availability was likely a result of a climate change towards drier conditions rather than changes in land-use (Currás *et al.*, 2012).

This region of the Iberian Plateau was extensively farmed and grazed from the 1st century cal BC to the 5th century cal AD. Such land-use spread widely through the area as Tiermes became the main Roman town around. This new territorial development marked the end of the previous celtiberian system, and also involved the outcome of the former closed forest landscape. The simultaneous forest clearance and the promotion of Tiermes as a Roman *municipium* supports the strong connection between landscape change and the land-use pattern. The environmental impact in Roman times could result from the conception of a new territorial, economic and spatial organisation. At this respect, the existence of a previous plan focused on the exploitation of certain resources should not be completely excluded and, in fact, may explain the swift landscape change and therefore it.

In the Western Plain of Catalonia, only the Late Roman period is covered by the Ivars record. However, a different landscape to that from Guadalajara is reported when the pollen sequence resumes. For instance, the forest seems to recover in the 2nd century cal AD, likely as a result of a previous weak human impact in the Urgell Plain, which enabled the subsequent pine recovery.

However, it must be noted that, currently, little evidence of farming and grazing has been recorded in the NE of Iberia during roman times, and even in the vicinity of main towns on the coast such as Barcino or Tarraco the signs of human impact are rather weak.

Therefore, a divergent evolution is observed in both studied areas during Roman times. Thus, if a strong and diverse human impact is reported in northern Guadalajara, these evidences are hardly observed in the Urgell Plain, at least during the 2nd century cal BC, when the Pela Massif was still under the development of a more and more extensive land exploitation.

The existence of these two different landscapes reveals diverse occupation patterns and land management systems performed during Roman times. Furthermore, the contrast between a highly and little human-shaped landscapes highlights the capacity to generate cultural landscapes by Rome in the Iberian Peninsula, and also to organise the exploitation of resources in each region. Certainly, this particular issue has been documented in several examples along mid-mountain environments of Iberia, and could also have occurred in Guadalajara.

Open landscape in the Visigothic and Andalusian periods

In the 4th and 5th centuries cal BC a similar landscape evolution is observed in both regions, where pinelands reduce (specially in Guadalajara) and oak forests recover. This happens when climate becomes drier in both studied areas, at first in central Iberia and later on in the Western Plain of Catalonia. Nevertheless, the oak forest also declines in the Urgell Plain just after the 5th century cal AD.

The prevalence of the Visigoths from the 5th to 7th centuries AD involved deep changes in the political and cultural features of the Iberian Peninsula, and the land-use patterns could have also changed. Thus, as long as grazing activities progressively retreat in northern Guadalajara, the increase of human impact is observed in the Urgell Plain since the 6th century cal AD. This enhanced human pressure may be connected to a similar trend documented in the mediterranean coastal areas of NE Iberia, where landscape shaping processes have been fully described.

The beginning of the Andalusian dominance in Iberia has dissimilar repercussions in both the Western Plain of Catalonia and the northern Guadalajara. Taking as a start point the hypothesis that the pollen signal of crops may evidence the degree of territorial stability, in Guadalajara evidences of change are reported after the muslim conquest. The new political context likely influenced farming in this area, which temporary disappeared, while the vegetation cover still remained open and unchanged. However, in the Urgell Plain, where farming and open landscape also dominated before the 8th century cal AD, no particular changes are recorded regarding the land-use between the Visigothic and Andalusian periods. In both Guadalajara and the Urgell Plain areas, both an open landscape and very little grazing are reported at that time.

When the Christian kingdoms defeated the Muslim kingdoms in the High Medieval Ages, changes are reported regarding the land-use, once again. Nevertheless, this time it was in the Urgell Plain area that farming activities vanished during the 11th and 12th centuries cal AD, whereas in the northern Guadalajara area, human activities remained unchanged after the Christian conquest. This could suggest a minor impact of the political change in this region.

Medieval landscape dynamics in the Plateau and transhumance

Some similarities are observed regarding the evolution of both regions in the Late Medieval 13th century cal AD. For instance, in Guadalajara and the Urgell Plain the spread of a mixed

economy involving the consolidation and diversification of crops and the development of local grazing activities has been documented. This development occurs simultaneously to a recovery of vegetation forest in the Guadalajara area, which may be interpreted as the increase of forest resources. At this time, it must be underlined the key role played by husbandry and sheep farming concerning new land-use patterns. Indeed, the long-scale transhumance routes were linked to the shaping of this new landscape, where mixed agroforestry systems were probably occurred.

Since the 15th century cal AD onwards, further comparisons between both regions of Iberia are not possible. However, it seems that these agroforestry practices in Guadalajara were interrupted in the 16th century cal AD, when forest cover retreated as a consequence of a very high grazing pressure. This intense husbandry is well-recorded at Cañamares sequence, where the evidences of this activity last up until the 19th century cal AD, when transhumance was finally abolished. In the Pela Massif, instead, husbandry is still documented after the 19th century cal AD, as this activity probably remained beyond the long transhumance routes. Differences observed between Somolinos and Cañamares sequences reveal the diverse land-use even at one same regional scale.

9. Bibliografía

- AABY, B.** 1986. «Trees as anthropogenic indicators in regional pollen diagrams from Eastern Denmark», en: Behre, K.E. (ed.), *Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams*. Rotterdam/Boston: Balkema. pp.: 73–93.
- D'ABADAL I DE VINYALS, R.** 1986. *Dels visigots als catalans*. Vol 1. Barcelona: Edicions 62. 496 p.
- ABASCAL, J.M.** 1982. *Vías de comunicación romanas de la provincia de Guadalajara*. Guadalajara: Diputación provincial de Guadalajara. 143 p.
- AGUILERA, I.** 1995. «El poblamiento celtibérico en el área del Moncayo», en: F. Burillo (coord.), *III Simposio sobre los Celtiberos. Poblamiento Celtibérico. (Daroca 1991)*. Zaragoza. pp.: 213-233.
- AHMED, S.E.; CAIN, R.F.** 1972. *Revision of the genera Sporormia and Sporormiella*. Canadian Journal of Botany, 50: 419-477.
- ALI, A.A.; CARCAILLET, C.; BERGERON, Y.** 2009. *Long-term fire frequency variability in the eastern Canadian boreal forest: the influences of climate vs. local factors*. Global Change Biology 15, 1230–1245.
- ALÍA, M.; MENÉNDEZ AMOR, J.; VIDAL, C.** 1957. *Livret-guide de l'excursion C3 y C4 Guadarrama-Massif de Peñalara et variation El Escorial-Manzanares el Real*. V Congreso Internacional INQUA. Madrid: CSIC. pp.: 28-34.
- ALONSO, N.** 1997. *Agricultura a la plana occidental catalana durant la Protohistòria*. Tesis doctoral inédita. Universitat de Lleida.
- ALONSO, N.** 2000. *Registro arqueobotánico de Cataluña occidental durante el II y I milenio a.n.e.*, Complutum, 11: 221-238.
- ALONSO, N.** 2004. *Agriculture and food from the Roman to the Islamic Period in the North-East of the Iberian peninsula: archaeobotanical studies in the city of Lleida (Catalonia, Spain)*. Vegetation History and Archaeobotany, 14: 341-361.
- ALONSO, N.; JUNYENT, E.; LAFUENTE, A.; LÓPEZ, J.B.** 1998. «Poder, símbolo y territorio: el caso de la fortaleza de Arbeca», en Actas del Congreso Internacional: *Els Ibers, princeps d'Occident (Barcelona, 1998)*. pp.: 355-372.
- ALONSO, N.; GENÉ, M.; JUNYENT, L.; LAFUENTE, A.; LÓPEZ, J.B.; MOYA, A.; TARTERA, E.** 2002. *Recuperant el passat a la línia del Tren d'Alta Velocitat. L'assentament protohistòric, medieval i d'època moderna de El Vilot de Montagut (Alcarràs, Lleida)*. Lleida: Gestora de Infraestructuras Ferroviarias y Dept. de Cultura de la Generalitat de Catalunya. 321 p.
- ALONSO, N.; FERRIO, J.P.; FLORIT, A.; LÓPEZ, J.B.; PIQUÉ, R.; VOLTAS, J.** 2004. *Evolució climàtica de la Plana Occidental Catalana durant els darrers 4000 anys: primers resultats de la discriminació isotòpica del carboni $\Delta^{13}C$* . Revista d'Arqueologia de Ponent, 14: 9-30.
- ALONSO, N.; JUNYENT, E.; LAFUENTE, Á.; LÓPEZ, J.** 2005. *Arbeca. La Fortalesa dels Vilars*. Barcelona: Museu d'Arqueologia de Catalunya (Guies del Museu d'Arqueologia de Catalunya). 59 p.
- ALONSO, N.; ARMENGOL, J.; COLET, A.; CURRÁS, A.; ESCALA, O.; JUNYENT, E.; JULIÀ, R.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; MARQUÉS, M.À.; MARTÍNEZ ELCACHO, A.; MEZQUITA, F.; REED, J.; RIERA, S.; ZAMORA, L.** 2007. «Primers resultats del projecte paleoecològic i historicoarqueològic "4000 anys de l'estany d'Ivars i Vila-sana i la seva gent"», en: Consorci de l'Estany d'Ivars i Vila-sana (ed.), *Patrimoni natural i històric de l'Estany d'Ivars i Vila-sana*. pp.: 61-78.
- ALONSO, N.; JUNYENT, E.; LAFUENTE, Á.; LÓPEZ, J.** 2008. *Plant remains, storage and crop processing inside the Iron Age fort of Els Vilars d'Arbeca (Catalonia, Spain)*. Vegetation History and Archaeobotany, 17 (Suppl 1): S149–S158.
- ALZUBIRI, S.; ALONSO, N.; LÓPEZ-CACHERO, F.J.** 2011. «Economia i canvi social a Catalunya durant l'edat del bronze i la primera edat del ferro», en: S. Valenzuela, N. Padrós, M.C. Belarte, J. Sanmartí (eds.), *Economia agropecuària i canvi social a partir de les restes bioarqueològiques. El primer mil·lenni aC a la Mediterrània occidental. Actes de la V Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell (Calafell, 16 al 18 d'abril de 2009)*. pp.: 11-36.
- AMMAN, B.** 1988. «Palynological evidence of prehistoric anthropogenic forest changes on the Swiss plateau.», en H. Birks, H. J. Birks, P. Kaland, D. Moe (eds.), *The cultural landscape: past, present and future*. Cambridge. Cambridge University Press, Cambridge. pp.: 289-301
- ANDERSEN, S-T.** 1979. *Identification of wild grass and cereal pollen*, Danmarks Geologiske Undersøgelse, árbog 1978: 69–92.

- ANDERSON, R.S.; HOMOLA, R.L.; DAVIS, R.B.; JACOBSON, G.L.** 1984. *Fossil remains of the mycorrhizal fungal *Glomus fasciculatum* complex in postglacial lake sediments from Maine*. Canadian Journal of Botany, 62: 2325–2328.
- ANDERSON, R.S.; JIMÉNEZ-MORENO, G.; CARRIÓN, J.S.; PÉREZ-MARTÍNEZ, C.** 2011. *Postglacial history of alpine vegetation, fire, and climate from Laguna de Río Seco, Sierra Nevada, southern Spain*. Quaternary Science Reviews, 30: 1615-1629.
- ANDRADE, A.; DORADO VALIÑO, M.; RUIZ-ZAPATA, B.** 1994. «Estudio comparativo de la evolución de la vegetación a partir del Tránsito Subboreal-Subatlántico en las sierras abulenses (Ávila, Sistema Central, España)», en: M. Dupré, M.E. Burgaz, I. Mateu, J. Güermes (eds.) *Trabajos de Palinología básica y aplicada, X Simposio de Palinología*. Valencia, pp. 247-261.
- ANDRADE, A.; RUIZ-ZAPATA, B.; GIL GARCÍA, M.J.; FOMBELLA BLANCO, M.A.** 1996. «Acción antrópica y su impacto sobre la vegetación desde el tránsito Subatlántico-Subboreal, en la vertiente norte de la Sierra de Gredos (Ávila, España). Estudio palinológico», en: B. Ruiz-Zapata et al. (ed.), *Estudios palinológicos. XI Simposium*. A.P.L.E., Universidad de Alcalá de Henares. pp. 7-12.
- ANDRADE, A.; ARRANZ, A.M.; DORADO, M.; GIL, M.J.; FRANCO, F.; LÓPEZ, P.; LÓPEZ, J.A.; MACÍAS, R.; PEDRAZA, J.; RUIZ, B.; UZQUIANO, P.** 1997. *El paisaje vegetal de la Comunidad de Madrid durante el Holoceno final. Arqueología, Paleontología y Etnografía*. Vol. 5. Madrid: Consejería de Educación y Cultura, Comunidad Autónoma de Madrid. 201 p.
- ANDRADE, A.; GONZÁLEZ-JONTE, R.H.** 2007. *El pinar de Hoyocasero (Ávila): ¿antigua repoblación o pinar natural conservado?* Anales de Biología, 29: 33-51,
- ANGELAKIS, A.N.; ISSAR, A.S.** 1996. *Diachronic climatic impacts on water resources*. Berlin: Springer Verlag. (NATO ASI Series. Series I. Global Environmental Change, 36). 407 p.
- APPLEBY, P.G.** 2001. «Chronostratigraphic techniques in recent sediments», en: W.M. Last, J.P. Smol (eds.), *Tracking environmental change using lake sediments, Vol. 1, Basin Analysis, coring and chronological techniques*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp.: 171-203.
- ARCHILLA, R.; MUÑOZ, J.** 1987. *El clima de la provincia de Soria*. Paralelo 37°, 10: 7-28
- ARENAS ESTEBAN, J.A.** 1999. *La Edad del Hierro en el Sistema Ibérico Central, España*. B.A.R., International Series S780..
- ARENAS ESTEBAN, J.A.** 2009. «Arquitectura doméstica y sociedad en contextos prerromanos del oriente meseteño», en: C. Belarte (ed.), *L'espai domèstic I l'organització de la societat a la Protohistòria de la Mediterrània Occidental (Ier mil·lenni aC)*. Actes de la IV Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell (Calafell 6-9 de Març de 2007). Barcelona. (Arqueomediterrània, 11). pp. 213-223.
- ARGENTE, J.L.; DÍAZ, J.L.; BESCÓS, A.** 2000. *Tiermes V. Carratiermes. Necrópolis celtibérica: Campañas 1977 y 1986–1991*. Valladolid: Junta de Castilla y León. (Arqueología en Castilla y León. Memorias, 9). 331 p.
- ARGILÉS, C.** 1997. «Organització de l'espai agrari en funció dels interessos del Capítol de la Seu de Lleida», en: J. Bolós y J. Masclans (ed.), *Territori i Societat a l'Edat Mitjana. Història, Arqueologia i Documentació*. Vol. 1. pp.: 203-207.
- ARIÑO, E.; RIERA, S.; RODRÍGUEZ, J.** 2002. *De Roma al Medioevo. Estructuras de hábitat y evolución del paisaje vegetal en el territorio de Salamanca*. Zephyrus, 55: 283-309.
- ATIENZA, M.** 2000. «Análisis polínico», en: J.L. Argente, A. Díaz, A. Bescós, *Tiermes V. Carratiermes. Necrópolis celtibérica: Campañas 1977 y 1986-1991*. Valladolid: Junta de Castilla y León (Arqueología en Castilla y León, Memorias 9). pp.: 305-308.
- ATIENZA, M.; DORADO, M.; RUIZ ZAPATA, B.** 1991. *Palinología en el estudio de la acción antrópica. Aplicación de los depósitos localizados en la Sierra de Béjar y en la Sierra de Ávila (Ávila)*. Boletín Universitario, 11: 31–38.
- AZANZA, B.; BALDELLOU, V.; CHUCHI, J.A.; LÓPEZ GARCÍA, P.; MONTES, L.; UTRILLA, P.** 1988. *Cronoestratigrafía de la cueva musteriense de Los Moros (Gabasa, Huesca)*. Cuaternario y Geomorfología, 2: 1-25.
- BAILEY, M.E.; PALMER, T.; PEISER, B.J.** (eds.), 1998. *Natural catastrophes during Bronze Age Civilisations: archaeological, geological, astronomical and cultural perspectives*. B.A.R. International Series, s. 728.
- BALDELLOU, V.; MESTRE, I.; JUAN CABANILLES, J.** 1989. *El Neolítico Antiguo. Los primeros agricultores y ganaderos en Aragón, Cataluña y Valencia*. Huesca: Dip. Provincial de Huesca. 170 p.

- BARREDA, L.** 2000. «La Meseta Oriental en las fuentes clásicas», en: J.L. Argente Oliver, A. Díaz, A. Bescós (coord.) Tiermes V. *Carratiermes. Necrópolis celtibérica: Campañas 1977 y 1986–1991*. Valladolid: Junta de Castilla y León. (Arqueología en Castilla y León. Memorias, 9). pp. 31-42.
- BATLLE, C.** 2004. *L'expansió baixmedieval*. Vol. 3 de P. Vilar (dir.) y J. Termes (coord.), *Història de Catalunya* [1988], 7ª ed. Barcelona: Edicions 62. 500 p.
- BEHRE, K.-E.** 1981. *The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams*. *Pollen et Spores* 23: 225–245.
- BEHRE, K.-E.** 1988. «The role of man in vegetation history», en: B. Huntley, T. Webb (eds.), *Vegetation history*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp.: 633-672.
- BEHRE, K.-E.** 1990. «Some reflections on anthropogenic indicators and the record of prehistoric occupation phases in pollen diagrams from the Near East», en: S. Bottema, G. Entjes-Nieborg, G. van Zeist (eds.), *Man's role in the shaping of the eastern Mediterranean landscape*, Rotterdam: Balkema. pp.: 219-230.
- BENITO, G.; Díez-Hierro, A.; Fernández de Villalta, M.** 2003a *Magnitude and frequency of flooding in the Tagus basin (central Spain) over the last millennium*. *Climatic Change*, 58: 171-192.
- BENITO, G.; SOPENA, A.; SÁNCHEZ-MOYA, Y.; MACHADO, M.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.** 2003b *Palaeoflood record of the Tagus River (Central Spain) during the Late Pleistocene and Holocene*. *Quaternary Science Reviews*, 22: 1737–1756.
- BENITO, G.; THORNDYCRRAFT, V.R.; RICO, M.; SÁNCHEZ-MOYA, Y.; SOPEÑA, A.** 2008. *Palaeoflood and floodplain records from Spain: Evidence for long-term climate variability and environmental changes*. *Geomorphology*, 101: 68–77.
- BENNET, K.D.; WILLIS, K.J.** 2001. «Pollen», en: J.P. Smol, H.J.B. Birks y W.M. Last (eds.) *Tracking environmental change using lake sediments, vol 3: terrestrial, algal and siliceous indicators*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers: 5-32.
- BERGLUND, B.E.** (ed.) 1991. *The cultural landscape during 6000 years in southern Sweden – the Ystad project*. Willey-Blackwell (Ecological Bulletins, 41). 495 pp.
- BERGLUND, B.E.; RALSKA-JASIEWICZOWA, M.** 1986. «Pollen analysis and pollen diagrams», en: B.E. Berglund (ed.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Chichester: John Wiley & Sons. pp.: 455-479.
- BERMÚDEZ, X.** 2005. «El territori ilerget oriental: evolució del poblament i definició de fronteres», en: *XIII Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà (Puigcerdà, 2003)*. Puigcerdà: Institut d'Estudis Ceretans. p.: 441-454.
- BERMÚDEZ, X.** 2010. *L'Urgell en època ibèrica: deconstrint els ilergets*. Urtx. Revista Cultural de l'Urgell, 24: 37-54.
- BEUG, H.-J.** 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete* [1964]. Munich: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 542 p.
- BIRKS, H.J.B.; BIRKS, H.H.** 1980. *Quaternary Palaeoecology*. Baltimore: University Park Press. 289 p.
- BIRKS, H.H.; BIRKS, H.J.B.; KALAND, P.E.; MOE, D.** 1988. *The Cultural Landscapes: Past, Present and Future*. Cambridge: Cambridge University Press. 544 p.
- BIRKS, H.J.B.; GORDON, A.D.** 1985. *Numerical methods in Quaternary Pollen Analysis*. London: Academic Press. 317 p.
- BLACKFORD, J.J.; INNES, J.B.** 2006. *Linking current environments and processes to fungal spore assemblages: Surface NPM data from woodland environments*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141: 179-187.
- BLACKFORD, J.J.; INNES, J.B.; HATTON, J.J.; CASELDINE, C.J.** 2006. *Mid-Holocene environmental change at Black Ridge Brook, Dartmoor, SW England: a new appraisal based on fungal spore analysis*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141: 189-201.
- BLANCO, M.J.** 1989. *Alonso Norte (Alcañiz). Anàlisi polínic*. *Al-Qànnis*, 1: 63-64.
- BLASCO, M.C.; LUCAS, M.R.** 1999. «El sustrato de la Carpetania y su relación con los orígenes del mundo celtibérico», en: J.A. Arenas Esteban, M.V. Tamayos Palacio (coord.), *El origen del mundo celtibérico. Actas de los encuentros sobre el origen del mundo celtibérico*. Molina de Aragón: Ayuntamiento de Molina de Aragón. pp. 239-252.
- BLASCO-ZUMETA, J.** 1997. *El más peculiar ecosistema de Europa. Monegros, esa ignota reliquia*. *Trébede*, 4-5: 27-33.

- BLÁZQUEZ, A.** 1985. *La reconquista de Sigüenza y su significación geopolítica regional*. Wad-al-Hayara, 12: 35-49.
- BOIXADERA, J.; PEDROL SOLANES, J.; BOSCH I SERRA, À.D.; VILAR MIR, J.M.** 1989. *Cartografía de suelos semiaridos de regadío: área regable de los canales del Urgell (Lérida)*. Lleida: Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl (col. Guia de las excursiones). 77 p.
- BOIXADERA, J.; HERRERO, C.** 1994. «Els sòls», en J. Conesa i Mor (ed.) *El Paisatge vegetal dels espais d'interès natural de Lleida: àrea meridional*. Lleida: Institut d'Estudis Ilerdencs. pp.: 31-33.
- BOIXADERA, J.; POCH, R.M.** 2008. *Transcatalonia N--S--S. Guia de excursión de edafología*. Lleida: Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl (UdL), Secció d'Avaluació de Recursos Agraris (Generalitat de Catalunya). 169 p.
- BOLÓS, J.** 1993. «Paisatge i societat al Segrià del s. XIII», en J. Bolós (coord.), *Paisatge i societat a la Plana de Lleida a l'Edat Mitjana*. (Espai/Temps, 176). Lleida: Universitat de Lleida. pp.: 45-81.
- BOLÓS, J.; BUSQUETA, J.J.; ERITJÀ, X.; MONJO, M.** 2008. «La formación y evolución histórica del paisaje de Lleida en los siglos medievales: pautas de estudio», en: R. Garrabou y J.M. Naredo (eds.), *El Paisaje en perspectiva histórica. Formación y transformación del paisaje en el mundo mediterráneo*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Institución Fernando el Católico (Monografías de Historia Rural, 6. Seminario de la Sociedad Española de Historia Agraria). pp.: 117-136.
- DE BOLÓS, O; VIGO, J.** 1985. *Flora dels Països Catalans*. vol. 1. Barcelona: Barcino. 736 p.
- BOTTEMA, S.** 1982. *Palynological investigations in Greece with special reference to pollen as an indicator of human activity*. Palaeohistoria, 24: 257-89
- BOTTEMA, S.; WOLDRING, H.** 1990. «Anthropogenic indicators in the pollen record of the Eastern Mediterranean». en: S. Bottema; G. Entjes-Nieborg and W. van Zeist (eds.) *Man's role in the shaping of the eastern Mediterranean landscape*. Rotterdam: A.A. Balkema. pp. 231-64.
- BOUDREAU, R.E.A.; GALLOWAY, J.M.; PATTERSON, R.T.; KUMAR, A.; MICHEL, F.A.** 2005. *A paleolimnological record of Holocene climate and environmental change in the Tema- gami region, northeastern Ontario*. Journal of Paleolimnology 33, 445-461.
- BRADLEY, R.S.; BRIFFA, K.R.; COLE, J.; HUGHES, M.K.; OSBORN, T.J.** 2003 «The climate of the last millennium», en: K.D. Alverson, R.S. Bradley and Thomas F. Pedersen (eds.) *Paleoclimate, Global Change and the Future*. (Global Change - The IGBP series. PAGES). Springer-Verlag. pp.: 105-141.
- BRUFAL SUCARRAT, J.** 2008. *L'espai rural del districte musulmà de Lleida (segles XI-XII). Espais de secà meridionals*. Tesis doctoral inédita. Universitat de Lleida.
- BRUN, C.** 2009. *Biodiversity changes in highly anthropogenic environments (cultivated and ruderal) since the Neolithic in eastern France*. The Holocene, 19 (6): 861-871.
- BRUN, C.** 2011. *Anthropogenic indicators in pollen diagrams in eastern France: a critical review*. Vegetation History and Archaeobotany, 20: 135-142.
- BRUN, C.; DESSAINT, F.; RICHARD, H.; BRETAGNOLLE, F.** 2007. *Arable-weed flora and its pollen representation: A case study from the eastern part of France*. Review of Palaeobotany and Palynology, 146: 29-50.
- BÜNTGEN, U.; TEGEL, W.; NICOLUSSI, K.; MCCORMICK, M.; FRANK, D.; TROUET, V.; KAPLAN, J.O.; HERZIG, F.; HEUSSNER, K.-U.; WANNER, H.; LUTERBACHER, J.; ESPER, J.** 2011. *2500 years of European climate variability and human susceptibility*. Science, 331: 578-582.
- BURJACHS, F.** 1988. *Aplicació de la palinologia a l'arqueologia*. Cota Zero, 4: 24-30.
- BURJACHS, F.** 1993. *Anàlisi paleopalinològica del jaciment arqueològic de la Cova Farisa*. Estudios de la Antigüedad, 6-7: 41-43.
- BURJACHS, F.** 1996. *La secuencia palinológica de La Cruz, Cuenca*. Estudios Palinológicos: 31-36.
- BURJACHS, F.** 1998. «Análisis polínico del poblado protohistórico de Genó (Aitona, El Segrià)» en: J. L. Maya, F. Cuesta, J. López Cachero (eds.) *Genó: un poblado del Bronce final en el Bajo Segre (Lleida)*. Barcelona: Publicacions de la Universitat de Barcelona. pp: 175-186.
- BURJACHS, F.; RODÓ, X.; COMÍN, F.A.** 1996. *Gallocanta: Ejemplo de secuencia palinológica en una laguna efímera*. Estudios Palinológicos, 25-29.
- BURILLO, F.** 1987. «Sobre el origen de los celtíberos», en: Institución Fernando el Católico (ed.) *I Symposium sobre los Celtíberos*. Zaragoza. pp. 75-93.

- BURILLO, F.** 1992-1993. *La crisis del Ibérico antiguo y su incidencia sobre los Campos de Urnas finales del Bajo Aragón*. Bajo Aragón, Prehistoria, 9-10: 215-236.
- BURILLO, F.** 2007. *Los Celtíberos*. (2ª ed.). Barcelona: Crítica. 516 p.
- BUTZER, K.W.** 1982. *Archaeology as Human Ecology*. Cambridge University Press. 364 p.
- BUXÓ, R.** 1997. *Arqueología de las plantas : la explotación económica de las semillas y los frutos en el marco mediterráneo de la Península Ibérica*. Barcelona: Crítica. 367 p.
- CALCOTE, R.R.** 1995. *Pollen source area and distribution in a forest hollow in Sylvania, Michigan, USA*. Journal of Ecology, 83: 591-602.
- CAMPBELL, ID; CAMPBELL, C.** 1994. *Pollen preservation: Experimental wet-dry cycles in saline and desalinated sediments*. Palynology, 18 (1): 5-10
- CAMPBELL, ID.** 1999. *Quaternary pollen taphonomy: examples of differential re-deposition and differential preservation*. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 149: 245-256.
- CANAL I ROQUET, J.; CARBONELL I ROURA, E.** 1989. *Catalunya paleolítica*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. 443 p.
- Cañellas-Boltà, N.; Rull, V.; Vigo J.; Mercadé, A.** 2009. *Modern pollen vegetation relationships along an altitudinal transect in the central Pyrenees (southwestern Europe)*. The Holocene, 19: 1185-1200.
- CARBONELL, E.; MORA, R.; FULLOLA, J.M.** 1987. *Radiografía dels etno-complexos del Plistocè Superior de la Vall de la Femosa (Segrià)*. Cypsela, 6: 201-210.
- CARBONELL, E.; PEDRO, X.; COSTAFREDA, A.; LLUSSÀ, A.; SERRA, R.** 1993. *El jaciment plistocè mig del Clot del Ballester (Artesa de Lleida)*. Quaderns d'Arqueologia del Grup de Recerques Arqueològiques de "La Femosa", 8.
- CARCAILLET, C.** 2007 «Charred particle analysis», en: S.A. Elias (ed), *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier. pp.: 1582-1593.
- CARCAILLET, C.; BERGERON, Y.; RICHARD, P.J.H.; FRÉCHETTE, B.; GAUTHIER, S.; PRAIRIE, Y.T.** 2001a. *Change of fire frequency in the eastern Canadian boreal forests during the Holocene: Does vegetation composition or climate trigger the fire regime?* Journal of Ecology, 89: 930-946.
- CARCAILLET, C.; BOUVIER, M.; FRÉCHETTE, B.; LAROCHE, A.C.; RICHARD, P.J.H.** 2001b. *Comparison of pollen-slide and sieving methods in lacustrine charcoal analyses for local and regional fire history*. The Holocene, 11: 467-476.
- CARCAILLET, C.; ALMQUIST, H.; ASNONG, H.; BRADSHAW, R.H.W.; CARRIÓN, J.S.; GAILLARD, M.-J.; GAJEWSKI, K.; HAAS J.N.; HABERLE S.G.; HADORN, P.; MÜLLER, S.D.; RICHARD, P.J.H.; RICHOSZ, I.; RÖSCH, M.; SÁNCHEZ GOÑI, M.F.; VON STEDINGK, H.; STEVENSON, A.C.; TALON, B.; TARDY, C.; TINNER, W.; TRYTERUD, E.; WICK, L.; WILLIS, K.J.** 2002. *Holocene biomass burning and global dynamics of the carbon cycle*. Chemosphere 49, 845-863.
- CARDONA COLELL, R.** 2000. *De vies antigues i camins rals*. Utx. Revista Culturales de l'Urgell, 13: 7-24.
- CARMONA, P.; RUIZ, J.M.** 2011. *Historical morphogenesis of the Turia River coastal flood plain in the Mediterranean littoral of Spain*. Catena, 86: 139-149.
- CARRIÓN, J.S.** 2002. *Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe*. Quaternary Science Reviews, 21: 2047-2066.
- CARRIÓN, J.S.; VAN GEEL, B.** 1999. *Fine-resolution Upper Weichselian and Holocene palynological record from Navarrés (Valencia, Spain) and a discussion about factors of Mediterranean forest succession*. Review of Palaeobotany and Palynology, 106: 209-236.
- CARRIÓN, J.S.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, P.; MOTA, J.F.; YLL, R.; CHAÍN, C.** 2003. *Holocene vegetation dynamics, fire and grazing in the Sierra de Gádor, southern Spain*. The Holocene, 13: 839-849.
- CARRIÓN, J.S.; GIL, G.; RODRÍGUEZ, E.; FUENTES, N.; GARCÍA-ANTÓN, M.; ARRIBAS, A.** 2005. *Palynology of badger coprolites from central Spain*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 226: 259-271.
- CARRIÓN, J.S.; FUENTES, N.; GONZA, P.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; SÁNCHEZ QUIRANTE, L.; FINLAYSOND, J.C.; FERNÁNDEZ, S.; ANDRADE, A.** 2007. *Holocene environmental change in a montane region of southern Europe with a long history of human settlement*. Quaternary Science Reviews, 26: 1455-1475
- CARRIÓN, J.S.; FERNÁNDEZ, S.** 2009. *The survival of the 'natural potential vegetation' concept (or the power of tradition)*. Journal of Biogeography, 36: 2202-2203.

- CARRIÓN, J.S.; FERNÁNDEZ, S.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; LEROY, S.A.G.; BAYLEY, G.N.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; BURJACHS, F.; GIL-ROMERA, G.; GARCÍA-ANTÓN, M.; GIL-GARCÍA, M.J.; PARRA, I.; SANTOS, L.; LÓPEZ-GARCÍA, P.; YLL, E.I.; DUPRÉ, M.** 2009. *Quaternary pollen analysis in the Iberian Peninsula: the value of negative results*. *Internet Archaeology*, 25: 1-53.
- CARRIÓN, J.S.; FERNÁNDEZ, S.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; GIL-ROMERA, G.; BADAL, E.; CARRIÓN-MARCO, Y.; 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 (3): 458-475.
- DE LA CASA, C.; DOMÉNECH, M.** 1983. *Estelas discoidales medievales en Campisábalos*. *Wad-al-Hayara*, 10: 397-405.
- CASTEL Y CLEMENTE, C.** 1881. *Descripción física, geognóstica, agrícola y forestal de la Provincia de Guadalajara*, Madrid. 270 p.
- CATALAN, J.; PLA, S.; RIERADEVALL, M.; FELIP, M.; VENTURA, M.; BUCHACA, T.; CAMARERO, L.; BRANCELI, A.; APPLEBY, P.G.; LAMI, A.; GRYNES, J.A.; AGUSTÍ-PANAREDA, A.; THOMPSON, R.** 2002. *Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrenees during the twentieth century*. *Journal of Paleolimnology*, 28: 129-145.
- CERDEÑO, M.L.; MARCOS, F.; SARGADOY, T.** 2002. *Campos de Urnas en la Meseta Oriental. Nuevos datos sobre un viejo tema*. *Trabajos de Prehistoria*, 59 (2): 139-147.
- CERDEÑO, M.L.** 2008. El uso de las evidencias materiales en la investigación de la Cultura Celtibérica: la zona arqueológica de El Ceremeño (Guadalajara, España). *Trabajos de Prehistoria*, 65 (1): 93-114.
- CERDEÑO, M.L.** 2010. «Veinte años después: el ritual funerario de los celtiberos en el Alto Tajo – Ato Jalón», en: F. Burillo (ed.) *VI Simposio sobre celtiberos. Ritos y Mitos*. Daroca: Centro de Estudios Celtibéricos de Segeda. pp. 315-330.
- CLARK, J. S.** 1988. *Particle motion and the theory of stratigraphic charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling*. *Quaternary Research*, 30: 67–80.
- CLARK, J. S.** 1990. *Fire and climate change during the last 750 yr in northwestern Minnesota*. *Ecological Monographs*, 60: 135–159.
- CONESA, J.A.; MAYORAL, A.; PEDROL, J.** 1994. *El paisatge vegetal dels espais d'interés natural de Lleida: Àrea meridional*. Lleida: Institut d'Estudis Ilerdencs. pp. 194.
- CONESA, J.A.; RECASENS, J.; SANZ, J.A.** 2000a. «Táxones del grupo corológico mediterráneo estépico (sensu lato) en la parte oriental de la Depresión del Ebro», en: Instituto de Estudios Turolenses (ed.), *Actas del Congreso de Botánica homenaje a F. Loscos. Alcañiz, Teruel*. Teruel. pp.: 411-420.
- CONESA, J.A.; RECASENS, J.; SANZ, J.A.** 2000b. «Aproximación a la caracterización de áreas de estepicidad en base a la presencia de plantas indicadoras en la parte oriental del territorio sicórico», en: Instituto de Estudios Turolenses (ed.), *Actas del Congreso de Botánica homenaje a F. Loscos. Alcañiz, Teruel*. Teruel. pp.: 421-438.
- CONSTANTE, A.; PEÑA J.L.; MUÑOZ A.; PICAZO, J.** 2010. *Climate and anthropogenic factors affecting alluvial fan development during the late Holocene in the central Ebro Valley, Northeast Spain*. *Holocene*, 21 (2): 257-286.
- CORELLA, J.P.; MORENO, A.; MORELLÓN, M.; RULL, V.; GIRALT, S.; RICO, M.T.; PÉREZ-SANZ, A.; VALERO-GARCÉS, B.** 2010. *Climate and human impact on a meromictic lake during the last 6,000 years (Montocortès Lake, Central Pyrenees, Spain)*. *Journal of Paleolimnology*, 46: 351-367.
- COSTA, T.** 2007. «El projecte de recuperació de l'estany d'Ivars i Vila-sana», en: Consorci de l'Estany d'Ivars i Vila-sana (ed.), *Patrimoni natural i històric de l'Estany d'Ivars i Vila-sana*. pp.: 13-38.
- COURT-PICON, M.; BUTTLER, A.; DE BEAULIEU, J-L.** 2005. *Modern pollen-vegetation relationships in the Champsaur valley (French Alps) and their potential in the interpretation of fossil pollen records of past cultural landscapes*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 135: 13-39.
- COURT-PICON, M.; BUTTLER, A.; DE BEAULIEU, J-L.** 2006. *Modern pollen/vegetation/land-use relationships in mountain environments: an example from the Champsaur valley (French Alps)*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 15: 151–158.
- DE LA CRUZ, M.** 1994. *El paisaje vegetal de la cuenca del río Henares (Guadalajara)*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Alcalá de Henares.
- DE LA CRUZ, M.; PEINADO, M.** 1996. *El paisaje vegetal de la cuenca del río Henares. I. Comunidades arbóreas y arbustivas*. *Wad-Al-Hayara*, 23: 335-396.

- DE LA CRUZ, M.; PEINADO, M.; BARTOLOMÉ, C.** 1997. *El paisaje vegetal de la cuenca del río Henares IV. Prados y pastizales*. Wad-Al-Hayara, 24: 355-402.
- CUBERO CORPAS, C.** 1998. *La agricultura durante la Edad del Hierro en Catalunya a partir del estudio de las semillas y los frutos*. Barcelona: Universitat de Barcelona. (Monografies del S.E.R.P., 2). 137 p.
- 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 (5-6): 391-408,
- CURRÁS, A.; PASCUA, E.; REED, J.M.; ZAMORA, L.; JULIÀ, R.; MEZQUITA, F.; ARMENGOL, J.; MARQUÉS, M.A.** 2008. «Environmental impact of land uses, water management and metal work in central Spanish Meseta since 1600 AD: the Somolinos lake case study», en: *TERRA NOSTRA 2008/2 12th International Palynological Congress (IPC-XII) 8th International Organisation of Palaeobotany Conference (IOPC-VIII), Abstract Volume*. Berlin: GeoUnion Alfred- Wegener-Stiftung, p. 337.
- CURRÁS, A.; ZAMORA, L.; REED, J.M.; GARCÍA-SOTO, E.; FERRERO, S.; ARMENGOL, X.; MESQUITA-JOANES, F.; MARQUÉS, M.À.; 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.
- DAVIS, B.A.S.** 1994. *Paleolimnology and Holocene environmental change from endorheic lakes in the Ebro Basin, north-east Spain*. Tesis doctoral inédita. University of Newcastle Upon Tyne, 317 p.
- DAVIS, B.A.S.; STEVENSON, A.C.** 2007. *The 8.2 ka event and Early-Mid Holocene forests, fires and flooding in the Central Ebro Desert, NE Spain*. *Quaternary Science Reviews*, 26: 1695-1712.
- DAVIS, M.B.** 2000. *Palynology after Y2K—Understanding the Source Area of Pollen in Sediments*. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28: 1-18.
- DAVIS, O.K.** 1999. *Pollen analysis of Tulare Lake, California: Great Basin-like vegetation in Central California during the full-glacial and early Holocene*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 107(3-4): 249-257.
- DAVIS, O.K.; SHAFER, D.** 2006. *Sporormiella fungal spores, a palynological mean of detecting herbivore density*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 237: 40–50.
- DE MENOCA, P.B.** 2001. *Cultural responses to climate change during the Late Holocene*. *Science* 27, (292): 667-673.
- DEAN, W.E.** 1974. *Determination of Carbonate and Organic Matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods*. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44: 242-248.
- DEARING, J.A.; BATTARBEE, R.W.; DIKAU, R.; LAROCQUE, I.; OLDFIELD, F.** 2006. *Human–environment interactions: learning from the past*. *Regional Environmental Change*, 6: 1-6.
- 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*, 213: 63-78.
- DIMBLEBY, G.** 1985. *The Palynology of Archaeological Sites*. London: Academic Press. 176 p.
- DIOT, M.F.** 1999. «Pollen analysis of wild and domestic wheats under experimental cultivation», en: Anderson, P.C. (ed.), *Prehistory of Agriculture. New Experimental and Ethnographic Approaches*. Los Angeles: Cotsen Institute of Archaeology at UCLA. pp.: 66–69.
- DJAMALI, M.; DE BEAULIEU, J-L.; MILLER, N.F.; ANDRIEU-PONEL, V.; PONEL, P.; LAK, R.; SADEDDIN, N.; AKHANI, H.; FAZELI, H.** 2009. *Vegetation history of the SE section of the Zagros Mountains during the last five millennia; a pollen record from the Maharlou Lake, Fars Province, Iran*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 18: 123-136.
- DORADO VALIÑO, M.** 1993. *Evolución de la vegetación durante el Holoceno en el valle de Amblés (Ávila). Estudio palinológico*. Tesis Doctoral inédita. Universidad Alcalá de Henares.
- DORADO VALIÑO, M.; VALDEOLMILLOS RODRÍGUEZ, A.; RUIZ ZAPATA, M.B.; GIL GARCÍA, M.J.; DE BUSTAMANTE GUTIÉRREZ, I.** 2002. *Climatic changes since the Late-glacial/Holocene transition in La Mancha Plain (South-central Iberian Peninsula, Spain) and their incidence on Las Tablas de Daimiel marshlands*. *Quaternary International*, 93-94: 73-84.

- DUMAYNE-PEATY, L.** 2001. «Human impact on vegetation», en: D.R. Brothwell, A.M. Pollard (eds.) *Handbook of Archaeological Sciences*. London: John Wiley & Sons. p.: 379-392.
- EJARQUE, A.; JULIÀ, R.; RIERA, S.; PALET, J.M.; ORENGO, H.A.; MIRAS, Y.; GASCÓN, C.** 2009. *Tracing the history of highland human management in the eastern Pre-Pyrenees: an interdisciplinary palaeoenvironmental study at the Pradell fen, Spain*. The Holocene, 19: 1241-1255.
- EJARQUE, A.; MIRAS, Y.; RIERA, S.; PALET, J.M.; ORENGO, H.A.** 2010. *Testing microregional variability in the Holocene shaping of high mountain cultural landscapes: a palaeoenvironmental case-study in the eastern Pyrenees*. Journal of Archaeological Science, 37 (7): 1468-1479.
- EJARQUE, A.; MIRAS, Y.; RIERA, S.** 2011. *Pollen and non-pollen palynomorph indicators of vegetation and highland grazing activities obtained from modern surface and dung datasets in the eastern Pyrenees*. Review of Palynology and Palaeobotany, 167: 123-139.
- ERITJÀ, X.** 1993. «Entre la Lleida andalusí i la feudal (s. XI-XII). Un model d'exploració rural», en: J. Bolós (coord.), *Paisatge i societat a la Plana de Lleida a l'Edat Mitjana*. (Espai/Temps, 176). Lleida: Universitat de Lleida. pp.: 21-43.
- ERITJÀ, X.** 1997. «Les tures-almuniaes d'Avinganya», en: J. Bolós y J. Masclans (ed.), *Territori i Societat a l'Edat Mitjana. Història, Arqueologia i Documentació*. Vol. 1. pp.: 179-190.
- ERITJÀ, X.** 2000. «Questions entorn de la frontera meridional del *Fahs Maškīġan* (s. XI-XII)», en: J. Bolós y J. Masclans (ed.), *Territori i Societat a l'Edat Mitjana. Història, Arqueologia i Documentació*. Vol. 3. pp.: 295-304.
- FÆGRI, K.; IVERSEN, J.** 1989. *Textbook of Pollen Analysis*, 4ª ed (K. Faegri, P.E. Kaland, K. Krzywinski). New Jersey: The Blackburn Press. 328 p.
- FERRIO, J.P.; ALONSO, N.; LÓPEZ, J.B.; ARAUS, J.L.; VOLTAS, J.** 2006a. *Carbon isotope composition of fossil charcoal reveals aridity changes in the NW Mediterranean basin*. Global Change Biology, 12: 1235-1266.
- FERRIO, J.P.; ALONSO, N.; VOLTAS, J.; ARAUS, J.L.** 2006b. *Grain weight changes over time in ancient cereal crops: Potential roles of climate and genetic improvement*. Journal of Cereal Science, 44: 232-332.
- FERNÁNDEZ MUÑOZ, S.** 1999: *Las repoblaciones forestales 1948-1969 en el Alto Sorbe. Desarrollo y repercusiones territoriales*. Madrid. Inédito.
- FIRBAS, F.** 1937: *Der Pollenanalytische Nachweis des Getreidebaus*. Zeitschrift für Botanik, 31: 447-78.
- LE FLEM, J.P.** 1972. *Las cuentas de la Mesta*. Moneda y Crédito, 121, 23- 104.
- Flores y Abejas. Semanario festivo, literario y de noticias.** «Desde Atienza», Guadalajara, 18 de marzo de 1905. Año XII, núm. 550. pp. 2.
- FLOWER, P.J.** 2003. *World Heritage Cultural Landscapes 1992 - 2002*. Paris: UNESCO World Heritage Centre. 140 p.
- FOLCH I GUILLÈN, R.** 1981. *La Vegetació dels Països Catalans*. Barcelona: Ketres. (Memòria, Institució Catalana d'Història Natural, 10). 513 p.
- FONT I RIUS, J.M.** 1969. *Cartas de población y franquicia de Cataluña I: Textos (Introducción. Diplomático. Presentación monográfico-local e índices)*. Madrid-Barcelona: CSIC. 1079 p.
- FONT-TULLOT, I.** 1988. *Historia del clima de España. Cambios climáticos y sus causas*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología. 297 p.
- FOREY, A.J.** 1973. *The Templars in the Corona de Aragón*. Londres: Oxford University Press. 510 p.
- FRANCO MÚGICA, F.** 1995. *Estudio palinológico de turberas holocenas en el Sistema Central: reconstrucción paisajística y acción antrópica*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.
- FRANCO MÚGICA, F.; GARCÍA ANTÓN, M.; SAINZ OLLERO, H.** 1997. *Impacto antrópico y dinámica de la vegetación durante los últimos 2000 años BP en la vertiente septentrional de la Sierra de Gredos: Navarredonda (Ávila, España)*. Revue de Paléobiologie, 16: 29-45.
- FRANCO MÚGICA, F.; GARCÍA-ANTÓN, M.; SAINZ OLLERO, H.** 1998. *Vegetation dynamics and human impact in Sierra de Guadarrama, Central System, Spain*. The Holocene, 8: 69-82.
- FRANCO MÚGICA, F.; GARCÍA-ANTÓN, M.; MALDONADO RUIZ, J.; MORLA, C.; SAINZ, H.** 2001. *Evolución de la vegetación en el sector septentrional del Macizo de Ayllón (Sistema Central). Análisis polínico de la Turbera de Pelagallinas*. Anales del Jardín Botánico de Madrid, 59: 114-124.

- FUENTES DOMÍNGUEZ, A.** 2006. «Castilla-La Mancha en los siglos IV y V», en: A. Fuentes Domínguez (coord.) *Castilla-La Mancha en época romana y antigüedad tardía*. Ciudad Real: Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 334 p.
- GAILLARD, M.J.** 2007. «Archaeological applications», en: S.A. Elias (ed.) *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier. pp.: 2570-2595.
- GAILLARD, M. J.; BIRKS, H. J. B.; EMANUELSSON, U.; KARLSSON, S.; LAGERA, P.; OLAUSSON, D.** 1994. *Application of modern pollen/land-use relationships to the interpretation of pollen diagrams- Reconstructions of land-use history in south Sweden, 3000-0 BP*. Review of Palaeobotany and Palynology 82, 47-73.
- GAILLARD, M.J.; BIRKS, H. J. B.; IHSE, M.; RUNBORG, S.** 1998. «Pollen/landscape calibrations based on modern pollen assemblages from surface-sediment samples and landscape mapping – A pilot study in South Sweden», en: M.J. Gaillard, B. E. Berglund (eds.), *Quantification of Land Surfaces Cleared of Forests During the Holocene – Modern Pollen/ Vegetation/ Landscape Relationships as an Aid to the Interpretation of Fossil Pollen Data*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag (Palaeoklimaforschung/ Palaeoclimate Research, 27). pp.: 31-52.
- GALOP, D.; MAZIER, F.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; VANNIÈRE, B.** 2003. *Palynologie et histoire des activités humaines en milieu montagnard. Bilan provisoire des recherches et nouvelles orientations méthodologiques sur le versant nord des Pyrénées*. Archéologie du Midi Médiéval, 21: 159-70.
- GAMO PARRAS, B.** 2006. «La etapa visigoda», en: A. Fuentes Domínguez (coord.) *Castilla-La Mancha en época romana y antigüedad tardía*. Ciudad Real: Almad-Ediciones de Castilla-La Mancha. pp. 214-279.
- GARCÍA ANTÓN, M.; FRANCO MÚGICA, F.; MALDONADO RUIZ, J.; MORLA JUARISTI, C.; SAINZ OLLERO, H.** 1995. *Una secuencia polínica en Quintana Redonda (Soria). Evolución holocena del tapiz vegetal en el Sistema Ibérico septentrional*. Anales del Jardín Botánico de Madrid. Sección Biológica. 52 (2): 187-195.
- GARCÍA-ARGÜELLES, P.; FULLOLA, J.M.** 2002. *La Bauma de la Peixera d'Alfés (alfés, Lleida) y la Cova del Boix (Margalef de Montsant, Tarragona) en el contexto del Paleolítico Superior del nordeste peninsular*. (Monografies del S.E.R.P., 3). 97 p.
- GARCÍA MARTÍN, P.** 2005. *Cañadas, cordeles y veredas*. 4ª ed. Valladolid: Junta de Castilla y León. (Mundo Rural, 13). 237 p.
- GARCÍA MERINO, C.** 2007. *Las Villas de la Meseta Norte. Significado cultural y puesta en valor*. Arevacon, 27: 4-9.
- GARCÍA-SOTO, E.** 2005. *La comarca seguntina en época Islámica, siglos. VIII-XII*. Anales Seguntinos, 7: 7-37.
- GARCÍA VALERO, M.A.** 2002. «El Paleolítico en Guadalajara», en: E. García-Soto-Mateos, M.A. García Valero (eds.), *Actas del Primer Congreso de Arqueología de Guadalajara*. Asociación de Arqueólogos de Guadalajara. Ayuntamiento de Sigüenza. pp. 145-186.
- GEIB, P.R.; SMITH, S.J.** 2008. *Palynology and archaeological inference: bridging the gap between pollen washes and past behavior*. Journal of Archaeological Science, 35 (8): 2085-2101.
- GIL GARCÍA, M.J.** 1992. *Dinámica de la paleovegetación en el sector oriental del Sistema Central español durante el Holoceno, en base al análisis polínico. Implicaciones climáticas*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Alcalá de Henares.
- GIL GARCÍA, M.J.; RUIZ ZAPATA, M.B.** 1991. *Vegetación y clima holocenos en el Puerto de la Morcuera (Madrid) en base a datos polínicos*. Geogaceta, 9: 105-107.
- GIL GARCÍA, M.J.; TOMÁS DE LAS HERAS, R.; RUIZ ZAPATA, M.B.** 1993a. *Acción antrópica y reconstrucción de la vegetación durante el Holoceno reciente en el Hayedo de Montejo (Madrid)*. Nova Acta Científica Compostelana, 4: 49-57.
- GIL GARCÍA, M.J.; TOMÁS DE LAS HERAS, R.; RUIZ ZAPATA, M.B.** 1993b. *Contribución al conocimiento de la dinámica de la vegetación en el sector oriental del Sistema Central español, en base al análisis polínico*. Geogaceta, 13: 46-48.
- GIL GARCÍA, M.J.; TOMÁS DE LAS HERAS, R.; RUIZ ZAPATA, M.B.** 1995. *Influencia humana sobre el paisaje vegetal pasado en el Puerto de la Quesera*. Nova Acta Científica Compostelana (Biología), 5: 153-160.
- GIL GARCÍA, M.J.; TOMÁS DE LAS HERAS, R.; RUIZ ZAPATA, M.B.** 1996. *Degradación antropogénica de la vegetación en el Puerto de la Morcuera (Sierra de Guadarrama, España) durante los últimos 2.000 años, en base al análisis polínico*. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biológica, 92(1-4): 29-36

- GIL GARCÍA, M.J.; RUIZ ZAPATA, M.B.; SANTIESTEBAN, J.I.; MEDIAVILLA, R.; LÓPEZ PAMO, E.; DABRIO, C.J.** 2007. *Late holocene environments in Las Tablas de Daimiel (south central Iberian peninsula, Spain)*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 16: 241 - 250.
- GIP [GRUP D'INVESTIGACIONS PREHISTÒRIQUES].** 2002. *Colors de la Terra. La vida i la mort en una aldea d'ara fa 4000 anys. Minferri (Juneda)*. Lleida: Institut d'Estudis Ilerdencs (Quaderns de la Sala d'Arqueologia, 1). 100 p.
- GLICK, T.** 1994. *Cristianos y musulmanes en la España medieval (711-1250)*. Madrid: Alianza. 295 p.
- GÓMEZ BARRERA, J.A.** 1996. *El abrigo de El Portalón (Villacadima: Guadalajara): nuevos calcos de sus pinturas y propuesta para su protección y conservación*. *Wad-al-Hayara*, 23: 39-69.
- GÓMEZ GONZÁLEZ, C.; RUIZ ZAPATA, M.B.; GIL, M.J.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; SANTISTEBAN, J.; MEDIAVILLA, R.; DOMÍNGUEZ, F.; VERA, S.** 2009a. *Evolución del paisaje vegetal durante los últimos 1680 años BP en el Macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama, Madrid)*. *Revista Española de Micropaleontología*, 41 (1-2): 75-89.
- GÓMEZ GONZÁLEZ, C.; RUIZ ZAPATA, M.B.; LÓPEZ SÁEZ, J.A.; GIL GARCÍA, M.J.** 2009b. «Aportaciones de la palinología en la reconstrucción del impacto ganadero, en los alrededores de Rascafría (Madrid), durante el Holoceno reciente». en: A. Romero y F. Belmonte, F. Alonso y F. López Bermúdez (eds.): *Advances in Studies on Desertification: Impact of livestock and agriculture in terrestrial ecosystems*. Murcia: Universidad de Murcia. pp.: 693-696.
- GÓMEZ-PANTOJA, J.L.** 2007. «Una millonaria inscripción de Termes (Hispania Citerior)», en: M. Mayer i Olivé, G. Baratta y A. Guzmán Almagro (eds.), *XII Congressus Internationalis Epigraphiae Graecae et Latinae : Provinciae Imperii Romani inscriptionibus descriptae, Barcelona, 3-8 Septembris 2002, 10*, Barcelona, pp. 589-594.
- GÓMEZ SANTA CRUZ, J.** 1992. «Aproximación al poblamiento rural hispano-romano en la provincia de Soria», en *II Symposium de Arqueología Soriana*. vol 2. Soria: Diputación Provincial de Soria. pp. 937-956..
- GÓMEZ SANTA CRUZ, J.** 1994. *La municipalización de Tiermes y su avance romanizador en época altoimperial*. *Hispania Antiqua*, 18: 159-170.
- GONZÁLEZ PÉREZ, J.R.** 2005. «El Tossal de Moradilla en el marco superior del Holoceno Superior de la Depresión del Ebro», en: M. Santoja et al. (eds.) *Geoarqueología y Patrimonio en la Península Ibérica y el entorno mediterráneo*. Soria. pp. 383-394.
- GONZÁLEZ PÉREZ, J.R.; RODRÍGUEZ, J.I.; PEÑA, J.L.** 1996. *Aportació de la Geoarqueologia al coneixement del poblament durant els Camps d'Urnes i l'Edat del Ferro a les valls inferiors dels rius Segre i Cinca*. Gala, *Revista d'Arqueologia, Antropologia i Patrimoni*, 3-5: 137-152.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; SOPENA VICIÉN, M.C.** 2002. *Recent Holocene palaeoenvironmental evolution in the central Ebro Basin (NE Spain)*. *Quaternary International*, 93-94: 177-190.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; VALERO-GARCÉS, B.; 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.
- GRAF, M-T.; CHMURA, G.L.** 2006. *Development of modern analogues for natural, mowed and grazed grasslands using pollen assemblages and coprophilous fungi*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141: 139-149.
- GRIMM, E.** 1987. *CONISS: a Fortan 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares*. *Computers and Geosciences*, 13: 13- 35.
- GROENMAN-VAN WAATERINGE, W.** 1993. *The effects of grazing on the pollen production of grasses*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 2: 157-162.
- GRUP DE RECERQUES ARQUEOLÒGIQUES DE L'AGRUPACIÓ CULTURAL LA FEMOSA.** 1976: *El Paleolític a la vall de La Femosa*. Artesa de Lleida: La Femosa, 34 p.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M.; PEÑA MONNÉ, J.L.** 1992. «Evolución climática y geomorfológica del Holoceno Superior», en: A. Cearreta y F.M. Ugarte (ed.) *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region*. Bilbao. pp.: 109-122.

- GUTIÉRREZ, F.; DESIR, G.; VALERO, B.; GONZÁLEZ-SAMPÉREZ, P.; MORENO, A.; MORELLÓN, M.; GUTIÉRREZ, M.; LINARES, R.; ZARROCA, M.; GUERRERO, J.; CARBONEL, D.; LUCHA, P.; BONACHEA, J.; ROQUÉ, C.** 2011. «Holocene evolution of playa lakes in the central sector of the Ebro Depression based on morphostratigraphic analyses of lacustrine terraces», en: V. Turú y A. Constante (eds.) *El Cuaternario en España. Avances 2011. Resúmenes XIII Reunión Nacional de Cuaternario. Andorra 2011*. pp. 71-74.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M.; PEÑA MONNÉ, J.L.** 1998. *Geomorphology and late Holocene climatic change in Northeastern Spain*. *Geomorphology*, 23: 205-217.
- HAAS, J.N.** 1996. *Neorhabdocoela oocytes – palaeoecological indicators found in pollen preparations from Holocene freshwater lake sediments*. *Review of Palaeobotany Palynology*, 91: 371-382.
- HALL, V.** 1988. *The role of harvesting Techniques in the Dispersal of Pollen Grains of Cerealia*. *Pollen et Spores*, 30: 265-270.
- HATTÉ, C.; JULL, A.J.T.** 2007. «Plant macrofossils», en: S.A. Elias (ed.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier. pp.: 2958-2965.
- HEIRI, O.; LOTTER, A.F.; LEMCKE, G.** 2001. *Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results*. *Journal of Paleolimnology*, 25: 101-110.
- HERAS FERNÁNDEZ, E.** 2000. *Aproximación a la evolución del poblamiento en el SW de la provincia de Soria durante la Edad del Hierro y etapa altoimperial*. *Soria Arqueológica*, 2: 205-238.
- HERAS FERNÁNDEZ, E.** 2007. *Contexto histórico y situación de las villas romanas de la provincia de Soria*. *Arevacon*, 27: 10-20.
- HERAS, R.; HERNANZ, Á.** 1966. «Étude hydrologique de la lagune de Somolinos (Guadalajara, Spagne)», en: *Hydrologie des lacs et des réservoirs*. Symposium de Garda, 9-15 octubre 1966: Organisé dans le cadre de la Décennie hydrologique internationale, avec l'aide de l'UNESCO. Gentbrugge. (Publication de l'Association Internationale d'Hydrologie Scientifique, 70-71). Vol. 1. pp.: 39-53.
- HERNÁNDEZ VERA, T.; RUIZ ZAPATA, M.B.** 1984. *Datos preliminares de los análisis polínicos de las tollas ubicadas en Galve de Sorbe (Guadalajara)*. *Anales APLE*, 1: 71-76.
- HERNANDO, S.** 1980. *Mapa geológico del Pérmico y Triásico de la región Ayllón-Atienza*. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 6: 21-54.
- HERNANDO DEL CURA, M.** 2001. *El abastecimiento de aguas romano a Tiermes*. *Ingeniería y Territorio*, 57: 26-33.
- HICKS, S.; BIRKS, H. J. B.** 1996. *Numerical analysis of modern and fossil pollen spectra as a tool for elucidating the nature of fine-scale human activity in boreal areas*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 5: 257-272.
- HJELLE, K.L.** 1997. *Relationships between pollen and plants in human-influenced vegetation types using presences-absence data in western Norway*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 99: 1-16.
- HJELLE, K.L.** 1998. *Herb pollen representation in surface moss samples from mown meadows and pastures in western Norway*. *Vegetatio History and Archaeobotany*, 7: 79-96.
- HJELLE, K.L.** 1999. *Modern pollen assemblages from mown and grazed vegetation types in western Norway*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 107: 55-91.
- HODELL, D.A., BRENNER, M, CURTIS, J.A. GUILDERSON, T.** 2001. *Solar forcing of drought frequency in the Maya lowlands*. *Science*, 292, 1367-1370.
- HOLMES, J.; JONES, R.; HAAS, J-N.; McDERMOTT, F.; MOLLOY, K.; O'CONNELL, M.** 2007. *Multi-proxy evidence for Holocene lake-level and salinity changes at An Loch Mór, a coastal lake on the Aran Islands, Western Ireland*. *Quaternary Science Reviews*, 26: 2438-2462.
- HOROWITZ, A.** 1992. *Palynology of Arid Lands*. Amsterdam: Elsevier. 546 p.
- IGLESIAS VECINO, E.** 1992. «La romanización en la comarca de Atienza», en: J. Valiente Malla (ed.) *La Celtización del Tajo Superior. Memorias del Seminario de Historia Antigua III*. Universidad de Alcalá de Henares. pp. 79-106.
- IPCC.** 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. Ginebra: IPCC. 104 p.

- ISSAR, A.S.** 1996. «Climate Change and history during the Holocene in Western Mediterranean Regions», en: A.S. Issar, N. Brown (eds.), *Water, Environment and Society in Times of Climatic Change*. (Water Science and Technology Library, 31). 372 p.
- IVERSEN, J.** 1941. *Landnam i Danmarks Stenalder*. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 66: 1-68.
- IVERSEN, J.** 1956. *Forest Clearance in Stone Age*. Scientific American, 194: 36-41.
- JALUT, G.; ESTEBAN AMAT, A.; BONNET, L.; GAUQUELIN, T.; FONTUGNE, M.** 2000. *Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 160: 255-290.
- JIMÉNEZ BALLESTA, R.; LÓPEZ MARTÍNEZ, J.; LÓPEZ GARCÍA, P.; IBÁÑEZ, J.J.** 1985. *Contribución al conocimiento de las formaciones superficiales turbosas en la Sierras de Guadarrama y Ayllón. Análisis polínicos*. Actas I Reunión del Cuaternario Ibérico. vol 1. Lisboa: Fundação Calouste Gundelakian: 213-224.
- JIMENO, L.; GONZÁLEZ, R.; RODRÍGUEZ, J.; SERRANO, F.; SANZ, R.; BADORREY, T.; DE LA HORRA, J. L.; CARLEVARIS, J. J. LABRANDERO, J.L.** 1987. *La fertilidad de los suelos de mayor interés agrícola de la Provincia de Guadalajara*. Toledo: Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid, CSIC. Dirección General de Promoción y Desarrollo Agrario. Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 290 pp.
- JONES, R.T.; JORDAN, J.T.** 2007. «Lake level studies», en: S.A. Elias (ed.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier. Elsevier. pp.: 1319-1336.
- JUGGINS, S.** 1991. *C2 data analysis vs. 1.4.2*. Newcastle. University of Newcastle.
- JULIÀ, R.; BURJACHS, F.; DASÍ, M.J.; MEZQUITA, F.; MIRACLE, M.R.; ROCA, J.R.; SERET, G.; VICENTE, E.** 1998. *Meromixis origin and recent trophic evolution in the Spanish mountain lake La Cruz*. Aquatic Science, 60: 279-299.
- JULIÀ, R.; NEGENDANK, J.W.F.; SERET, G.; BRAUER, A.; BURJACHS, F.; ENDRES, CH.; GIRALT, S.; LOBO, A.; PARÈS, J.M.; ROCA, J.R.; WANSARD, G.** 2000. *Origin and evolution of desertification in the Mediterranean environment in Spain*, en: P. Balabanis, D. Peter, A. Ghazi M. Tsogas (eds.), *Mediterranean desertification. Research results and policy implications*, vol 2. Bruselas. pp.: 67-75.
- JUNYENT, E.** 1979. *Els ilergetes*. L'Avenç, 14: 35-42.
- JUNYENT, E.** 1989. «La evolución del hábitat en la Catalunya occidental durante la Edad del Bronce, Primera Edad del Hierro y Época Ibérica», en: *Pré-actes du Colloque International: Habitats et structures domestiques en Méditerranée occidentale durant la Protohistoire*. (Arles, 1989). pp.: 95- 105.
- JUNYENT, E.** 2002. *Els segles de formació: el Bronze Final i la Primera Edat del Ferro a la depressió de l'Ebre*. Ilercavònia, 3. I Jornades d'Arqueologia. Ibers a l'Ebre. Recerca i interpretació. Tivissa, 23-24 de novembre de 2001.: 17-35.
- JUNYENT, E.; LAFUENTE, A.; LÓPEZ, J.B.** 1994. *L'origen de l'arquitectura en pedra i l'urbanisme a la Catalunya occidental*, CotaZero, 10: 73-89.
- JUNYENT, E.; LÓPEZ, J.B.; ALONSO, N.; LAFUENTE, Á.** 1998. *Poder, símbol i territori. El cas de la fortalesa de Arbeca*. Saguntum: Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia, 1 extra: 355-372.
- JUNYENT, E.; LÓPEZ, J.B.; MOYA, A.; TARTERA, E.** 2009. *L'accés fortificat i les portes en el sistema defensiu dels Vilars (Arbeca, les Garrigues)*. Revista d'Arqueologia de Ponent, 19: 307-334.
- JUNYENT, E.; MOYA, A.** 2011. *Els fosats de la fortalesa dels Vilars d'Arbeca (Catalunya, Espanya)*. Revista d'Arqueologia de Ponent, 21: 93-120.
- KAAL, J.; CARRIÓN, Y.; ASOUTI, E.; MARTÍN SEIJO, M.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; COSTA CASÁIS, M.; CRIADO BOADO, F.** 2011. *Long-term deforestation in NW Spain: linking the Holocene fire history to vegetation change and human activities*. Quaternary Science Reviews, 30: 161-175.
- KIRCHNER, H.** 1999. «Migracions, assentaments pagesos, espais agrícoles i l'arqueologia d'A-Andalus a Catalunya», en: M. Barceló (coord.), *Musulams i Catalunya*. Barcelona: Editorial Empúries. 159 p.
- KLEIN, J.** 1981. *La Mesta: estudio de la historia económica española, 1237-1836*. [1920] 2ª ed. Versión española de C. Muñoz). Madrid: Alianza. (Alianza Universidad, 237). 457 p.
- KOMÁREK, J.; JANOVSKÁ, V.** 2001. *Review of the green algal genus Pediastrum; implication for pollen-analytical research*. Bibliotheca Phycologica, 108: 1-127.

- KWIATKOWSKI, A.; MIANOWSKA, L.** 1957. *Badanie składu chemicznego pyłku. II. Badania bton pyłkowych*. Acta Soc. Bot. Polon., 26: 501–514.
- LAMB, H.H.** 1995. *Climate History and the modern world*. 2º ed. London-New York: Routledge. 433 p.
- LANUZA, A. DE.** 1991. *L'organització del territori al Plà d'Urgell. Intent de restitució d'un cadastre romà*. Tesis doctoral inédita. Universitat de Barcelona.
- LARA PEINADO, F.** 1973. *Lérida Romana*. Lérida: Dilagro. 141 p.
- LAYNA SERRANO, F.** 1945. *Historia de la Villa de Atienza*. Madrid: CSIC. 615 p.
- DE LEÓN LLAMAZARES, A.** 1989. *Caracterización agroclimática de la provincia de Lérida*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de la Producción Agraria (Caracterizaciones agroclimáticas provinciales). 288 p.
- LLADONOSA, J.** 1980. *Història de la ciutat de Lleida*. Vol 1. Barcelona: Curial. 479 p.
- LLOPIS AGELÁN, E.; SEBASTIÁN AMARILLA, J.A.; VELASCO SÁNCHEZ, A.L.; SÁNCHEZ SALAZAR, F.; GONZÁLEZ AGUDO, D.; PÉREZ ROMERO, E.; BERNARDOS SANZ, J.U.; CUERVO FUENTE, N.; ZAFRA OTEYZA, J.** 2010. «La población y el producto agrario en Guadalajara en la Edad MODerna. La fuerte disparidad de las trayectorias comarcales» *I Seminario Anual de la SEHA*. Madrid, 25 de Noviembre de 2010. 60 p.
- LÓPEZ, J.B.** 2000. *L'evolució del poblament protohistòric a la Plana Occidental Catalana*. Tesis doctoral inédita. Universitat de Lleida..
- LÓPEZ, J.B.; GALLART, J.** 2002. «La societat a l'edat del bronze», en: J.Ll. Ribes i Foguet (ed.), *Sala d'Arqueologia. Catàleg*. (Quaderns de la Sala d'Arqueologia, 2). p.: 119-134.
- LÓPEZ CACHERO, F.J.** 2007. *Sociedad y economía durante el Bronce Final y la primera Edad del Hierro en el Noreste peninsular: una aproximación a partir de las evidencias arqueológicas*. Trabajos de Prehistoria, 64 (1): 99-120.
- LÓPEZ ESTÉBANEZ, N.; SÁEZ POMBO, E.** 2002. *Gestión, aprovechamiento y paisaje de las dehesas de Guadarrama y Somosierra (Madrid)*. *Éria*, 58: 231-245.
- LÓPEZ GARCÍA, P.** 1981. «Estudios polínicos del yacimiento de los Tolmos de Caracena (Soria)», en: A. Jimeno (ed.) *Los Tolmos de Caracena, campañas 1977-79*. (Excavaciones Arqueológicas en España). pp. 337-338.
- LÓPEZ GARCÍA, P.** 1982. «Estudio paleobotánico de la Loma de los Brunos», en: J.J. Eiroa (ed.) *La Loma de los Brunos y los Campos de Urnas del Bajo Aragón*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico. pp. 100-108.
- LÓPEZ GARCÍA, P.** 1986. *Estudio palinológico del Holoceno español a través del análisis de yacimientos arqueológicos*. *Trabajos de Prehistoria*, 43: 143-158.
- LÓPEZ GARCÍA, P.** 1992a. «Análisis polínicos de cuatro yacimientos arqueológicos situados en el Bajo Aragón», en: P. Utrilla, (coord.) *Aragón/ Litoral mediterráneo: intercambios culturales durante la Prehistoria*. Institución Fernando el Católico. Zaragoza. pp. 235-242.
- LÓPEZ GARCÍA, P.** 1992b. «Pollen analyses from archaeological sites in Lower Aragon», en: B. Frenzel (ed.) *Evaluation of land surfaces cleared from forests by prehistoric man in Early Neolithic times and the time of migrating Germanic tribes*. (Palaoklimaforschung, Palaeoclimate Research, 14). pp.: 129-138.
- LÓPEZ GARCÍA, P.; LÓPEZ SÁEZ, J.A.** 1996. *Análisis paleopolinológico del yacimiento de Els Secans: dinámica de la vegetación durante el Cuaternario*. *Al-Qânnis*, 6: 84-89.
- LÓPEZ GARCÍA, P.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; SÁNCHEZ, J.J.** 1991. *Análisis polínico del yacimiento de Botiquería (Mazaleón, Ternel)*. *Trabajos de Prehistoria*, 48: 395-403.
- LÓPEZ-MERINO, L.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; ALBA SÁNCHEZ, F.; PÉREZ DÍAZ, S.; ABEL SCHAAD, D.; GUERRA DOCE, 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 (3): 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.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; LÓPEZ GARCÍA, P.** 1994. *Contribution of the palaeoecological knowledge of Quaternary in the Tietar Valley (Sierra de Gredos, Avila, Spain)*. *Revista Española de Micropaleontología*, XXVI(2): 61-66.

- LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; VAN GEEL, B.; FARBOS TEXIER, S.; DIOT, M.F.** 1998. *Remarques paléocologiques à propos de quelques palynomorphes non-polliniques provenant de sédiments quaternaires en France*. *Revue de Paléobiologie*, 17 (2): 445–459.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A. ; MARTÍN SÁNCHEZ, M.; LÓPEZ GARCÍA, P.** 1999. *Evolución del paisaje de Lanzahíta (Valle del Tiétar, Ávila) durante el Holoceno reciente: Una inter-pretación palinológica*. *Trasierra*, 4: 81-86.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; DORADO VALIÑO, M.; BURJACHS, F.; RUIZ ZAPATA, B.; LÓPEZ GARCÍA, P.; FABIÁN GARCÍA, J.F.** 2003. *Paleoambiente y paleoeconomía durante la Prehistoria en el Valle Amblés (Ávila)*. *Polen*, 13: 129-141
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; LÓPEZ-MERINO, L.; CUGNY, C.; GALOP, D.** 2005. *Paleoecología de medios húmedos: el aporte de microfósiles no polínicos*. *Nuestra Tierra*, Primavera 2005: 13-15.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; BLANCO GONZÁLEZ, A.; LÓPEZ MERINO, L.; RUIZ ZAPATA, M.B.; DORADO VALIÑO, M.; PÉREZ DÍAZ, S.; VALDEOLMILLOS, A.; BURJACHS, F.** 2009a. *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 (1-2): 90-101.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; LÓPEZ MERINO, L.; ALBA SÁNCHEZ, F.; PÉREZ DÍAZ, S.** 2009b - *Contribución paleoambiental al estudio de la trashumancia en el sector abulense de la Sierra de Gredos*. *Hispania*. *Revista Española de Historia*, 69: 9-38.
- LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; LÓPEZ MERINO, L.; ALBA SÁNCHEZ, F.; PÉREZ DÍAZ, S.; ABEL SCHAAD, D.; CARRIÓN, J.** 2010. *Late holoene ecological history of Pinus pinaster forests in the Sierra de Gredos of central Spain*. *Plant Ecology*, 210: 195-209.
- LLOPIS AGELÁN, E.; SEBASTIÁN AMARILLA, J.A.; VELASCO SÁNCHEZ, Á.L.; SÁNCHEZ SALAZAR, F.; GONZÁLEZ AGUDO, D.; PÉREZ ROMERO, E.; BERNARDOS SANZ, J.U.; CUERVO FUENTE, N.; ZAFRA OTEYZA, J.** 2010. *Población y el producto agrario en Guadalajara en la Edad Moderna. La fuerte disparidad de las trayectorias comarcales*. Inédito. I Seminario Anual del SEHA. Madrid, 25 de Noviembre de 2010.
- LOTTER, A.F.; APPLEBY, P.G.; BINDER, R.; DEARING, J.A.; GRYNES, J.A.; HOFMAN, W.; KAMENIK, C.; LAMI, A.; LIVINGSTONE, D.M.; OHLENDORF, C.; ROSE, N.; STURM, M.** 2002. *The sediment record of the past 200 years in a Swiss high-alpine lake: Hagelseewli (2339 m a.s.l.)*. *Journal of Paleolimnology*, 28: 111-27.
- LUCAS, M. R.; GUTIÉRREZ, C.; BLASCO, M.C.; ROVIRA, S.** 2006. *El depósito de Miedes y otros materiales metálicos (Bronce final/Hierro I) procedentes de la provincia de Guadalajara*. *Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología* 44: 129-160.
- LULY, G.J.** 1997. *Modern pollen dynamics and surficial sedimentary processes at Lake Tyrrel, semi-arid northwestern Victoria, Australia*. *Review of Paleobotany and Palynology*, 97: 301-318.
- LUQUE, J.A.; JULIÀ, R.** 2002. *Lake sediment response to land-use and climate change during the last 1000 years in the oligotrophic Lake Sanabria (northwest of Iberian Peninsula)*. *Sedimentary Geology*, 148: 343–355
- LUQUE, J.A.; JULIÀ, R.; RIERA, S; MARQUÉS, M.A.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; MEZQUITA, F.** 2004. *Respuesta sedimentológica a los cambios ambientales de épocas históricas en el sur de la península ibérica: la secuencia de la Laguna Grande de Archidona (Málaga)*. *Geotemas*, 5: 113-116.
- LUZÓN A.; PÉREZ, A.; MAYAYO, M.J.; SORIA, A.R.; SÁNCHEZ GOÑI, M.F.; ROC, A.C.** 2007. *Holocene environmental changes in the Gallocanta lacustrine basin, Iberian Range, NE Spain*. *The Holocene*, 17: 649.
- MACKLIN, M.G.; BENITO, G.; GREGORY, K.J.; JOHNSTONE, E.; LEWIN, J.; MICHCZYŃSKA, D.J.; SOJA, R.; STARKEL, L.; THORNDYCRAFT, V.R.** 2006. *Past hydrological events reflected in the Holocene fluvial record of Europe*. *Catena*, 66: 145-154.
- MADOZ, P.** 1846-1850. *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones en ultramar*. 2ª ed. vol. 2. Madrid: Estudio Literario-Tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti. 638 p.
- MADRAZO, G.** 2007. *La evolución del paisaje forestal en la vertiente segoviana de la Sierra de Guadarrama*. Tesis doctoral inédita. Universidad Autónoma de Madrid..
- MAGNY, M.** 2004. *Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements*. *Quaternary International*, 113: 65-79.

- MAKOHONIENKO, M.; GAILLARD, M.-J.; TOBOLSKI, K.** 1998. «Modern pollen/land-use relationships in ancient cultural landscapes of northwestern Poland, with an emphasis on mowing, grazing, and crop cultivation». en: M.J. Gaillard, B.E. Berglund, B. Frenzel, U. Huckriede (eds.), *Quantification of Land Surfaces Cleared of Forests during the Holocene—Modern Pollen/Vegetation/Landscape Relationships as an Aid to the Interpretation of Fossil Pollen Data*. (Palaoklimaforschung/ Palaeoclimate Research, 27). Stuttgart: Fischer. pp.: 85 – 101.
- MALPICA CUELLO, A.; GARCÍA-CONTRERAS RUIZ, G.** 2009. *Asentamientos y explotación de la sal en el valle del Salado y la zona de Sigüenza en época altomedieval*. En *la España Medieval*, 32: 295-234.
- MALUQUER DE MOTES, J.** 1998. *Prehistòria i Edat Antiga*. Vol. 1 de P. Vilar (dir.), J. Termes (coord.), *Història de Catalunya* [1987]. 1ª ed. Barcelona: Edicions 62. 496 p.
- MANGADO, X.; PETIT, M.À.; FULLOLA, J.M.** 2006-2007. *El paleolític superior final de la Cova del Parco (Alòs de Balaguer, la Noguera)*. *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 16-17: 45-62.
- MANGAS, J.; MARTÍNEZ, S.** 2003. *Nueva inscripción de Termes: propuestas para una discusión*. *Gerión*, 23 (2): 9-15.
- MANGAS, J.; MARTÍNEZ, S.** 2004. *Nuevas inscripciones romanas de Termes (Tiermes, Soria)*. *Veleia*, 21: 289-300.
- MANGAS, J.; MARTÍNEZ, S.** 2005. *Tiermes Celtibérica*. *Revista de Arqueología*, 295: 54-63.
- MANN, M.E.; ZHANG, Z.; RUTHERFORD, S.; BRADLEY, R.S.; HUGHES, M.K.; SHINDELL, D.; AMMANN, C.; FALUVEGI, G.; NI, F.** 2009. *Global signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly*. *Science*, 326: 1256–1260.
- MANZANO MORENO, E.** 1991. *La frontera de al-Andalus en la época de los Omeyas*. C.S.I.C Madrid (Biblioteca de Historia, 9). 403 p.
- MARGALEF, R.** 1946. *Primera nota sobre la biología de las aguas estancadas del bajo Urgel*. *Llerda*, 5: 253-313.
- MARINÉ, M.** 1992. «Las villas romanas en la provincia de Soria: estado de la cuestión», en: Diputación Provincial de Soria (ed.), *II Symposium de Arqueología Soriana*. vol 2. Soria. pp. 745-764.
- MARINOVA, E.; ATANASSOVA, J.** 2006. *Anthropogenic impact on vegetation and environment during the Bronze Age in the area of Lake Durankulak, NE Bulgaria: pollen, microscopic charcoal, non-pollen palynomorphs and plant macrofossils*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141: 165–178.
- MARLON, J.; BARTLEIN, P.J.; WHITLOCK, C.** 2006. *Fire-fuel-climate linkages in the northwestern USA during the Holocene*. *The Holocene* 16, 1059–1071.
- MARTÍ SENTAÑES, E.** 2000. «Vilanova de la Barca (Segrià). Organització del territori abans i després de l'any 1212», en: J. Bolós y J. Masclans (ed.), *Territori i Societat a l'Edat Mitjana. Història, Arqueologia i Documentació*. Vol. 3. pp.: 351-376.
- MARTÍ, R.; VILADRICH, M.** 2000. «Guissona, origen del Bisbat d'Urgell», en: Sabaté Florell (ed.), *La transformació de la frontera al segle XI*. (El Comtat d'Urgell, 4). Lleida. pp.: 37-76.
- MARTÍN-CHIVELET, J.; MUÑOZ-GARCÍA, M.B.; EDWARDS, R.L.; TURRERO, M.J.; ORTEGA, A.I.** 2011. *Land surface temperature changes in Northern Iberia since 4000 yr BP, based on 13C of speleothems*. *Global and Planetary Change*, 77: 1–12.
- MARTÍN PUERTAS, C.; VALERO GARCÉS, B.L.; MATA, M. P.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; BAO, R.; MORENO, A.** 2008. *Arid and humid phases in southern Spain during the last 4000 years: the Zoñar Lake record, Córdoba*. *The Holocene*, 18: 907-921.
- MARTÍN PUERTAS, C.; VALERO GARCÉS, B. L.; BRAUER, A., MATA, M.P.; DELGADO HUERTAS, A.; DULSKI, P.** 2009. *The Iberian–Roman Humid Period (2600–1600 cal yr BP) in the Zoñar Lake varve record (Andalucía, southern Spain)*. *Quaternary Research*, 71: 108–120.
- MARTÍNEZ ATIENZA, F.** 1999. *Bibliografía (1945-1998) paleopolínica del Holoceno Ibérico*. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Biológica*, 95 (1-2): 5-30.
- MARTÍNEZ CABALLERO, S.; BESCÓS CORRAL, A.; ALDECOA RUIZ, A.I.** 2006. *Tiermes Medieval: un mundo en cambio*. *Revista de Arqueología*, 297: 58-63.
- MARTÍNEZ ELCACHO, A.** 2008. *L'estany d'Ivars i Vila-sana en època medieval (segles VI-XV): ocupació del territori, titularitat senyorial de l'estany i explotació de la sal*. Informe inédit del projecte HIDRAM 4000. Lleida.

- MARTÍNEZ GARCÍA, F.** 2002. *¿Qué valor tiene el argumento de las «re poblaciones antiguas»? El ejemplo de los pinares albares del Sistema Central*. *Anales de Biología*, 24: 45-63.
- MARTÍNEZ GARCÍA, F.; COSTA, M.** 2001. *La interpretación de los bosques de Pinus sylvestris L. del Sistema Central español en la literatura geobotánica y forestal*. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biológica*, 96 (3-4): 27-68.
- MARTÍNEZ PARÍS, J.M.** 2000. «L'aigua que flueix: territori, feudalitat i aprofitament hidràulica a Fonç», en: J. Bolós y J. Masclans (ed.), *Territori i Societat a l'Edat Mitjana. Història, Arqueologia i Documentació*. Vol. 3. pp.: 319-350.
- MASSA, C.; BICHET, V.; GAUTHIER, E.; PERREN, B.B.; MATHIEU, O.; PETIT C.; MONNA, F.; GIRAUDEAU, J.; LOSNO, R.; RICHARD, H.** 2011. *A 2500 year record of natural and anthropogenic soil erosion in South Greenland*. *Quaternary Science Review*, 32: 1-12.
- MATEU, J.** 1982. *La pagesia urgellenca abans del canal*. Barcelona: Fundació Salvador Vives Casajuana. 212 p.
- MAYA, J.L.** 1992. *Calcolítico y Edad del Bronce en Cataluña*, en: M.P. Utrilla Miranda (coord.), *Aragón-Litoral Mediterráneo: Intercambios culturales durante la Prehistoria*. Zaragoza. pp.: 515-554.
- MAZIER, F.; GALOP, D.; BRUN, C.; BUTTLER, A.** 2006. *Modern pollen assemblages from grazed vegetation in the western Pyrenees, France: a numerical tool for more precise reconstruction of past cultural landscapes*. *The Holocene*, 16: 91-103.
- MAZIER, F.; GALOP, D.; GAILLARD, M.J.; RENDU, C.; CUGNY, C.; LEGAZ, A.; PEYRON, O.; BUTTLER, A.** 2009. *Multidisciplinary approach to reconstructing local pastoral activities – an example from the Pyrenean Mountains (Pays Basque)*. *The Holocene*, 19 (2): 171-188.
- MENÉNDEZ AMOR, J.** 1970. *Estudio paleobotánico de algunos travertinos españoles*. *Estudios Geológicos*, XXVI: 25-28.
- MENÉNDEZ AMOR, J.** 1975. *Análisis palinológicos de los sedimentos turbosos de Calatañazor (Soria)*. *Estudios Geológicos*, XXXI: 795-797.
- MENOZZI, B.I.; ZOTTI, M.; MONTANARI, C.** 2010. *A non-pollen palynomorphs contribution to the local environmental history in the Ligurian Apennines: a preliminary study*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 19: 503-512.
- MERCURI, A.M.** 2008. *Plant exploitation and ethnopalynological evidence from the Wadi Teshuinat area (Tadrart Acacus, Libyan Sahara)*. *Journal of Archaeological Science*, 35: 1619-1642.
- MERCURI, A.M.; ACCORSE, C.A.; MAZZANTI, M.D.** 2002. *The long history of Cannabis and its cultivation by the Romans in Central Italy, shown by pollen records from Lago Albano and Lago di Nemi*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 11: 263-276.
- MERCURI, A.M.; SADORI, L.; UZQUIANO, P.** 2011. *Mediterranean and north-African cultural adaptations to mid-Holocene environmental and climatic changes*. *The Holocene*, 21: 189-206.
- MESSERLI, B.; GROSJEAN, M.; HOFER, T.; NÚÑEZ, L.; PFISTER, C.** 2000. *From nature-dominated to human-dominated environmental changes*. *Quaternary Science Reviews*, 19, 459-79.
- MINGUELLA Y ARNEDEO, T.** 1910-1913. *Historia de la Diócesis de Sigüenza y de sus obispos*. vol. 2. Madrid. 677 p.
- MIÑANO Y BEDOYA, S.** 2001. *Diccionario geográfico-estadístico de España y Portugal. Dedicado al Rey nuestro señor*. [1826-1828]. vols. 1 y 2. Sigüenza: Ediciones de Librería Rayuela. 776 p.
- MIOLA, A.; BONDESAN, A.; CORAIN, L.; FAVERETTO, S.; MOZZI, P.; PIOVAN, S.; SOSTIZZO, I.** 2006. *Wetlands in the Venetian Po Plain (northeastern Italy) during the Last Glacial maximum: interplay between vegetation, hydrology and sedimentary environment*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141: 53-81.
- MOORE, P.D.; WEBB, J.A.; COLLINSON, M.E.** 1991. *Pollen Analysis*, 2ª ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 216 p.
- MORELLÓN, M.; VALERO GARCÉS, B.; MORENO, A.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; MATA, P.; ROMERO, O.; MAESTRO, M.; NAVAS, A.** 2008. *Holocene palaeohydrology and climate variability in northeastern Spain: the sedimentary record of Lake Estanya (Pre-Pyrenean range)*. *Quaternary International*, 181: 15-31.
- MORELLÓN, M.; VALERO GARCÉS, B.L.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; VEGAS VILARRÚBIA, T.; RUBIO, E.; RIERADEVALL, M.; DELGADO HUERTAS, A.; MATA, P.; ROMERO, Ó.; ENGSTROM, D.R.; LÓPEZ VICENTE, M.; NAVAS, A.; SOTO, J.** 2009a. *Climate changes and human activities recorded in the sediments of Lake Estanya (NE Spain) during the Medieval Warm Period and Little Ice Age*. *Journal of Paleolimnology*, published online June 2009 DOI 10.1007/s10933-009-9346-3

- MORELLÓN, M.; VALERO GARCÉS, B.L.; VEGAS VILARRÚBIA, T.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; ROMERO, Ó.; DELGADO HUERTAS, A.; MATA, P.; MORENO, A.; RICO, M.; CORELLA, J.P.** 2009b. *Lateglacial and Holocene palaeohydrology in the western Mediterranean region: the Lake Estanya record (NE Spain)*. *Quaternary Science Reviews*, 28: 2582-2599.
- 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.; PLA-RABES, S.; SAZ-SÁNCHEZ, M.Á.; SCUSSOLINI, P.; SERRANO, E.; STEINHILBER, F.; STEFANOVA, V.; VEGAS-VILARRÚBIA, 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.
- MORENO, A.; VALERO GARCÉS B.L.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; NAVAS, A.; MACHÍN, J.; DELGADO-HUERTAS, A.** 2004. *El registro paleoambiental y paleoclimático de las saladas de la Playa y la Salineta (zona central de la depresión del Ebro)*. *Geotemas*, 6 (5): 137-140.
- MORENO, A.; VALERO GARCÉS B.L.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; MAYTE RICO, P.** 2008. *Flood response to rainfall variability during the last 2000 years inferred from the Taravilla Lake record (Central Iberian Range, Spain)*. *Journal of Paleolimnology*, 40: 943-961.
- MORENO, A.; MORELLÓN, M.; MARTÍN-PUERTAS, C.; FRIGOLA, J.; CANALS, M.; CACHO, I.; CORELLA, J.P.; PÉREZ, A.; BELMONTE, Á.; VEGAS-VILARRÚBIA, T.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; VALERO-GARCÉS, B.** 2011. *Was there a common hydrological pattern in the Iberian Peninsula region during the Medieval Climate Anomaly?* *Pages*, 19 (1): 16-18.
- MORENO, A.; PÉREZ, A.; FRIGOLA, J.; NIETO-MORENO, V.; RODRIGO-GÁMIZ, M.; MARTRAT, B.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; MORELLÓN, M.; MARTÍN-PUERTAS, C.; CORELLA, J.P.; BELMONTE, Á.; SANCHO, C.; CACHO, I.; HERRERA, G.; CANALS M.; GRIMALT, J.O.; JIMÉNEZ-ESPEJO, F.; MARTÍNEZ-RUIZ, F.; VEGAS-VILARRÚBIA, T.; VALERO-GARCÉS, B.L.** 2012. *The Medieval Climate Anomaly in the Iberian Peninsula reconstructed from marine and lake records*. *Quaternary Science Reviews* 43: 16-32.
- MUÑOZ, J.; ARCHILLA, R.; REY, J.M.** 1989. *El clima de la provincia de Guadalajara*. *Paralelo 37º*, 13: 227-251.
- NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J.M.** 2005. *Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona. http://opengis.uab.es/wms/iberia/espanol/es_presentacio.htm
- NOGUÉ I FONT, J.; SALA I MARTÍ, P.** (eds.). 2010. *Les Terres de Lleida: catàleg de paisatge*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. 530 p.
- OEGGL, K.** 1994. «The Palynological record of human impact on highland zone ecosystems», en: P. Biagi, J. Nandris (eds.), *Highland Zone Exploitation in Southern Europe*. (Monografie di 'Natura Bresciana', 20). pp.; 107-122.
- OLSSON, I. U.** 1986. «Radiometric dating», en: B.E. Berglung (ed.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. New York: John Wiley & Sons. pp. 273-312.
- OLMO ENCISO, L.** 2008. *Recópolis: una ciudad en una época de transformaciones*. *Zona Arqueológica*, 9: Recópolis y la ciudad en la época visigoda: 41-62.
- ORTEGA, M.T.; MORALES, C.G.** 2008. *Transición y peligrosidad climática en la Cordillera Central Oriental: la comarca Tiermes-Caracena*. *Estudios Geográficos*, 69 (264): 179-213.
- ORTIZ GARCÍA, A.** 2006. *Historia de Guadalajara*. 2ª ed. Guadalajara: AACHE. 302 p.
- PALET, J.M.** 2005. *L'estructuració dels espais agraris en època romana a Catalunya: aportacions de l'estudi arqueomorfològic del territori*. *Cota Zero*, 20: 53-66.
- PALET, J.M.; ORENGO, H.** 2011. *The Roman Centuriated Landscape: Conception, Genesis and Development as Inferred from the Ager Tarraconensis Case*. *American Journal of Archaeology*, 115 (3): 383-402.
- PANTALÉON-CANO, J.; YLL, E-I.; PÉREZ-OBÍOL, R.; ROURE, J.M.** 2003. *Palynological evidence for vegetational history in semi-arid areas of the western Mediterranean (Almería, Spain)*. *The Holocene*, 13 (1): 109-119.
- PARDOE, H.S.** 2001. *The representation of taxa in surface pollen spectra on alpine and sub-alpine glacier forelands in southern Norway*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 117: 63-78.
- PASCUA, E.** 2007. *Resultados preliminares del análisis de las fuentes primarias sobre la historia medieval y moderna de Somolinos y Atienza*. Informe inédito del proyecto HIDRAM4000. Madrid.

- PATTERSON, R.T.; DALBY, A.; KUMAR, A.; HENDERSON, L.A.; BOUDREAU, R.E.A.** 2002. *Arcellaceans (thecamoebians) as indicators of land-use change: settlement history of the Swan Lake area, Ontario as a case study*. *Journal of Paleolimnology*, 28: 297-316.
- PEDROL, J.; CONESA, J.A.; RIFÀ, P.** 2007. «Estat actual de les actuacions per a la recuperació de la flora i la vegetació de les zones humides de l'estany d'Ivars i Vila-sana», en: Consorci de l'Estany d'Ivars i Vila-sana (ed.), *Patrimoni natural i històric de l'estany d'Ivars i Vila-sana*. pp.: 79-94.
- PENNINGTON, W.; CAMBRAY, R.S.; FISHER, E.M.** 1973. *Observations on lake sediments using fallout 137Cs as a tracer*. *Nature*, 242: 324-326.
- PEÑA, J.L.** 1989. *La evolución paleogeográfica de los Llanos Leridanos (Sector oriental de la Depresión del Ebro) durante el Cuaternario*. *Geographica*, 26: 223-232.
- PEÑA, J.L.** 2004. «Etapas de evolución holocena en el Valle del Río Huerva. Geomorfología y geoarqueología», en: J.L. Peña Monné, L.A. Longares Aladrés, M. Sánchez Fabre (eds.), *Geografía física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*. Institución Fernando el Católico y Universidad de Zaragoza. pp. 289-302.
- PEÑA, J.L.; CHUECA, J.; JULIÁN, A.; EHEVERRÍA, M.T.** 1996. «Reconstrucciones paleoambientales en el sector central de la Depresión del Ebro a partir de rellenos de valle y conos aluviales», en: A. Pérez Alberti et al. (eds.) *Dinámica y Evolución de Medios Cuaternarios*. Santiago. pp. 291-307.
- PEÑA, J.L.; GONZÁLEZ PÉREZ, J.R.** 1999. «Evolució dels abrics de gres a la vall mitjana del riu Segre», en: E. Aguirre (coord.) *Geoarqueologia i Quaternari litoral. Memorail M.P. Fumanal*. Universitat de València. Departament de Geografia. pp.: 217-227.
- PEÑA, J.L.; RUBIO, V.; GONZÁLEZ, J.R.; VÁZQUEZ, P.** 2002. «Cambios dinámicos en laderas holocenas del Valle del Segre», en: L.A. Lonjares Aladrén y J.L. Peña Monné (eds.), *Aportaciones geográficas en memoria del profesor L. Miguel Yetano Ruiz*. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. pp.: 421-432.
- PEÑA, J.L.; SANCHO, C.; LÓPEZ, M.; MORÍN, J.; CARBONELL, E.; RODRÍGUEZ, X.P.; EESCOLÀ, M.; FERNÁNDEZ, C.; GALLARRT, J.; SÁNCHEZ, F.; VELÁZQUEZ, R.; RUBIO, V.** 2005a. «Los yacimientos paleolíticos del valle de La Femosa (Lleida) en su contexto geomorfológico y arqueológico», en: N. Ferreira Bicho (ed.), *O Paleolítico, Actas do IV Congresso de Arqueologia Peninsular. Universidade do Algarve*. Faro. p.: 321-334
- PEÑA, J.L.; SANCHO, C.; RUBIO, V.; LONGARES, L.A.** 2005b. «Aportaciones desde la geomorfología y la geoarqueología conocimiento de los paleoambientes holocenos semiáridos del NE de España». *X Coloquio Ibérico de Geografía. Evora (Portugal), 24-25 Setembro 2005*. http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_X_Coloquio_Iberico_Geografia/pdfs/077.pdf
- PERA, J.** 1993. *La romanització a la Catalunya interior: estudi històric-arqueològic de l'essò i Sigarra i el seu territori*. Tesis doctoral inédita. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra.
- PÉREZ, G.; ALONSO, N.; IBORRA, M.P.** 2007. «Agricultura y ganadería protohistóricas en la Península Ibérica: modelos de gestión», en: A. Rodríguez, I. Pavón (eds) *Arqueología de la Tierra. Paisajes rurales de la protohistoria peninsular*. Cáceres: Universidad de Extremadura. pp.: 327-373.
- PÉREZ ALMOGUERA, A.** 1994. «Sobre las fundaciones republicanas en Hispania», en: X. Dupré Raventós (coord.) *La ciutat en el món romà*. Congrès Internacional d'Arqueologia Clàssica, vol. 2. Tarragona. pp.: 325-326.
- PÉREZ OBIOL, R.; ROURE, J.M.** 1990. *Aportaciones palinológicas para la interpretación de la evolución reciente del paisaje vegetal de los Monegros*. Actas VII Simposio APLE (1988). Granada. pp. 485-491.
- PETIT, M.À.** (ed.) 1996. *El procés de neolítització a la Vall del Segre*. (Monografies del S.E.R.P., 1)
- PETIT, M.À.** 2001. «Els primers pagesos i rameders», en: J. Giralt (coor.) *La Noguera Antiga: dels primers pobladors fins els visigots*. Museu d'Arqueologia de Catalunya, Museu de la Noguera, Ajuntament de Balaguer. pp.: 46-61
- PIERA TEIXIDÓ, M.; ALONSO MARTÍNEZ, N.; ANTOLÍN TUTUSAUS, F.; CLOP GARCIA, X.; GIBAJA BAO, J.F.; SAÑA SEGUÍ, M.; GALLART FERNÁNDEZ, J.** 2009. *La intervenció arqueològica al jaciment del Neolític final de l'Espna C (Tàrrega, L'Urgell)*. Urtx. Revista Cultural de l'Urgell, 23: 11-50.
- PITA MERCÉ, R.** 1973. *Lérida paleocristiana*. Lérida: Dilagro. 143 p.

- PLANCHAIS, N.** 1962. *Le pollen de quelques chênes du domaine méditerranéen occidental*. Pollen et Spores, IV: 87-93.
- PORTA, J.; JULIÀ, R.** 1983. *Els sòls a Catalunya. 1. Àrea meridional de Lleida*. Barcelona: Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. 332 p.
- PRENTICE, I.C.** 1988: «Records of vegetation in time and space: the principles of pollen analysis», en: B. Huntley, T. Webb, (eds.) *Vegetation history*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 17-42.
- PREVOSTI, M.** 2005. «L'etapa republicana», en: J.M. Salrach (coord.), *Història agrària dels Països Catalans*. Barcelona: Fundació Catalana per a la Recerca i Innovació. Vol. 1. pp.: 345-390.
- PRINCIPAL J.** 2007. *Molí d'Espigol: Tornabous*. Barcelona: Museu d'Arqueologia. Barcelona: Generalitat de Catalunya. (Guies del Museu d'Arqueologia de Catalunya). 63 p.
- PUNT, W.; BLACKMORE, S.; HOEN, P.; STAFFORD, P.** (eds.). 1976-2009. *The Northwest European Pollen Flora*. Vols. I-IX. Amsterdam: Elsevier.
- PYŠEK, P.; RICHARDSON D.M.; REJMÁNEK, M.; WEBSTER G.L.; WILLIAMSON, M.; KIRSCHNER, J.** 2004. *Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists*. *Taxon*, 53 (1): 131-143.
- POCH, R. M.; BALASCH, C.; JUNYENT, E.** 2010. «Micromorphological Evidences for Ponding Regimes and Water Management of the Moat of the Iberian Site of Els Vilars (Catalonia)», en: L-Lisa (ed.), *Abstract Book of the International Working Meeting in Archaeological Soil Micromorphology. 17th-21st of may 2010. Brno, Czech Republic*. Praga: 29-31.
- QUEZEL, P.; MARBERO, M.; BONIN, G.; LOISEL, R.** 1990. «Recent plant invasions in the Circum-Mediterranean region», en: F. di Castri, A.J. Hansen, M. Debussche (eds.) *Biological Invasions in Europe and the Mediterranean Basin*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 574 p.
- REALE, O.; DIRMEYER, P.** 2000. *Modeling the effects of vegetation on Mediterranean climate during the Roman Classical Period. Part I: climate history and model sensitivity*. *Global and Planetary Change*, 25: 163-184.
- REILLE, M.** 1992. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord*. Marseille: Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Université d'Aix-Marseille III.
- REILLE, M.** 1995. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplément 1*. Marseille: Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Université d'Aix-Marseille III.
- REILLE, M.** 1998. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplément 2*. Marseille: Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Université d'Aix-Marseille III.
- REIMER, P.J.; BAILLIE, M.G.L.; BARD, E.; BAYLISS, A.; BECK, J.W.; BLACKWELL, P.G.; BRONK RAMSEY, C.; BUCK, C.E.; BURR, G.S.; EDWARDS, R.L.; FRIEDRICH, M.; GROOTES, P.M.; GUILDERSON, T.P.; HAJDAS, I.; HEATON, T.J.; HOGG, A.G.; HUGHEN, K.A.; KAISER, K.F.; KROMER, B.; MCCORMAC, F.G.; MANNING, S.W.; REIMER, R.W.; RICHARDS, D.A.; SOUTHON, J.R.; TALAMO, S.; TURNEY, C.S.M.; VAN DER PLICHT, J.; WEYHENMEYER, C.E.** 2009. *IntCal09 and Marine09 Radio-carbon Age Calibration Curves, 0-50,000 Years cal BP*. *Radiocarbon*, 51: 1111-1150.
- RENAULT-MISKOVSKY, J.; GIRAD, M.; TROUIN, M.** 1976. *Observation de quelques pollens d'oleacees au microscope electronique à balayage*. *Bulletin l'association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 2: 71-86.
- RIBA I ARDERIU, O.** 1979. *Geografia física dels Països Catalans: Principat de Catalunya, País Valencià, Illes Balears*. 2ª ed. revisada. Barcelona: Ketres. 226 p.
- RICHARD, H.** 1997. *Indices polliniques de Néolithisation du massif Jurassien aux VIème et Vème millénaires*. *Quaternaire*, 8: 55-62.
- RIERA, S.** 1995. *Memoria de los análisis polínicos de los sondeos I y II del yacimiento de Masada de Ratón (Fraga, Huesca)*. Informe inédito.
- RIERA, S.** 1998a. «Informe de l'estudi palinològic corresponent a la fase I: int-12 (Paeria) i int-48 (vessant sud-est del Turó de la Seu)», en: N. Alonso (coord.), *Recerca interdisciplinària en el marc de l'arqueologia urbana. Paisatge, cultura i alimentació en la Lleida romana i islàmica*. Informe de la fase I., Lleida. Informe Inédito. pp.: 11-15.
- RIERA, S.** 1998b. «Informe palinològic corresponent a la fase II: int-70 (Seu Vellà i int-85 (San Siro))», en: N. Alonso (coord.), *Recerca interdisciplinària en el marc de l'arqueologia urbana. Paisatge, cultura i alimentació en la Lleida romana i islàmica*. Informe de la fase II., Lleida. Informe inédito. pp.: 10-21.

- RIERA, S.** 2002. «El paisatge vegetal», en: N. Alonso, M. Gené, E. Junyent, A. Lafuente, J. B. López, A. Moya, E. Tartera (coords.) *L'assentament protohistòric, medieval i d'època moderna de El Vilot de Montagut (Alcarràs, Lleida)*. Lleida: Pagès Editors. pp: 283-286.
- RIERA, S.** 2005. *Canvis ambientals i modelació antròpica del territori entre l'època ibèrica i l'altmedieval a Catalunya: aportacions de la Palinologia*. Cota Zero, 20: 99-107.
- RIERA, S.; WANSARD, G.; JULIÀ, R.** 2004. *2000-year environmental history of a karstic lake in the Mediterranean Pre-Pyrenees: the Estanya lakes (Spain)*. Catena, 55: 293-324.
- RIERA, S.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; JULIÀ, R.** 2006. *Historical land use changes and lake responses: the contribution of non-pollen palynomorphs*. Review of Palynology and Palaeobotany, 141 (1-2): 127-137.
- RIERA, S.; CURRÁS, A.; EJARQUE, A.; PALET, J.M.; ORENGO, H.; JULIÀ, R.; MIRAS, Y.** 2009. «Variabilité climatique, occupation du sol et gestion de l'eau en Espagne de l'Âge du Fer à l'époque médiévale: intégration des données paléo-environnementales et archéologiques», en: E. Hermon (ed.), *Changements climatiques dans une perspective historique et systémique des interactions société- environnement naturel dans l'empire romain*. Université Laval, Québec: Editoriale Scientifico de Naples. pp.: 251-280.
- RIERA, S.; JULIÀ, R.** 2012. *Proposta d'evolució del front marítim de Barcelona durant l'Holocè, a partir de la integració de dades geotècniques, intervencions arqueològiques i cronologies absolutes*. QuarHis-II, 8: 16-38.
- RIU, M.** 1950. «Trashumància de la Vall del Lord a les comarques centrals de Catalunya», en: *Asamblea Intercomarcal del Penedés y Conca d'Òdena*. Martorell. pp.: 150-160.
- RIUS, D.; VANNIÈRE, B.; GALOP, D.** 2012. *Holocene history of fire, vegetation and land use from the central Pyrenees (France)*. Quaternary research, 77: 54-64.
- RIVAS MARTÍNEZ, S.** 1983. *Pisos bioclimáticos de España*. Lazaroa, 5: 33-43
- RIVAS MARTÍNEZ, S.** 1987. «Nociones sobre Fitosociología, Biogeografía y Bioclimatología», en: M. Peinado, S. Rivas Martínez (eds.), *La Vegetación de España*. Alcalá de Henares: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá de Henares.
- ROBERTS, N.; LAMB, H.F.; EL HAMOUTI, N.; BARKER, P.** 1994. «Abrupt holocene hydro-dynamic events: palaeolimnological evidence from North-West Africa», en: A.C. Millington, K. Pye (eds.) *Environmental Change in frylands. Biogeographical and Geomorphological perspectives*. Chichester. pp. 163-176.
- ROBERTS, N.; REED, J.M.; LENG, M.J.; KUZUCUOĞLU, C.; FONTUGNE, M.; BERTAUX, J.; WOLDRING, H.;**
- BOTTEMA, S.; BLACK, S.; HUNT, E.; KARABIYIKOĞLU, M.** 2001. *The tempo of Holocene climatic change in the eastern Mediterranean region: new high-resolution crater- lake sediment data from central Turkey*. The Holocene 11 (6), 721-736.
- ROBERTS, N.; MORENO, A.; VALERO-GARCÉS, B.L.; CORELLA, J.P.; JONES, M.; ALLCOCK, S.; WOODBRIDGE, J.; MORELLÓN, M.; LUTERBACHER, J.; XOPLAKI, E.; TÜRKEŞ, M.** 2011a. *Palaeolimnological evidence for an east-west climate see-saw in the Mediterranean since AD 900*. Global and Planetary Change, 84-85: 23-34.
- ROBERTS, N.; EASTWOOD, W.J.; KUZUCUOĞLU, CA.; FIORENTINO, G.; CARACUTA, V.** 2011b. *Climatic, vegetation and cultural change in the eastern Mediterranean during the mid-Holocene environmental transition*. The Holocene, 21: 147-162.
- ROC, A.C.; PÉREZ, A.** 2003. *Dispositivo sedimentario desarrollado en la Cuenca de Gallocanta a lo largo del Holoceno*. Cordillera Ibérica, NE España. Geogaceta, 34: 11-14.
- ROC, A.C.; SÁNCHEZ GOÑI, M.F.; PÉREZ, A.; ALFONSO, S.; JOUANNEAU, J.M.; SÁNCHEZ, J.A.** 2002 *Relación entre la evolución sedimentaria de la laguna de Gallocanta (Cordillera Ibérica, NE de España) y la historia de la vegetación de su cuenca durante el Cuaternario reciente*. Journal of Iberian Geology, 28: 123-142.
- ROCA, J.R.; JULIÀ, R.** 1997. *Late-Glacial and Holocene lacustrine evolution based on ostracode assemblages in Southeastern Spain*. Geobios, 30 (6): 823-830.
- ROIGÉ, X.** (Coord.) 1995. Pirineo Catalán. *Cuadernos de Transhumancia*, 13.
- ROS, M.T.** 1992. *Les apports de l'antracologie à l'étude du peléoenvironnement végétal en Catalogne (Espagne)*. Bulletin Société Botanique Française, 139: 483-493.
- ROS, M.T.** 1993. *Análisis antracológico del yacimiento del Bronce Medio de Punta Farisa (Fraga, Huesca)*. Estudios de la Antigüedad, 6/7: 45-47.

- ROS, M.T.** 1994/96. La vegetació de la Catalunya Meridional i territoris propers de la depressió de l'Ebre en la Prehistòria recent i protohistòria a partir dels estudis antracològics. Gala 3-5, 19-339.
- ROS, M.T.** 1995a. *Memoria del estudio antracológico del yacimiento de Masada de Ratón (Fraga, Huesca)*. Informe inédito.
- ROS, M.T.** 1995b. *Memoria del estudio antracológico del yacimiento de Tozal de los Regallos (Candasnos, Huesca)*. Informe inédito.
- ROS, M.T.** 1996a. *Memòria de l'estudi antracològic del jaciment de Els Vilars (Arbeca, les Garrigues)*. Informe DGICYT, inédito.
- ROS, M.T.** 1996b. *Informe de l'anàlisi antacològica del jaciment Les Roques del Sarró (Lleida, Segrià)*. Informe inédito.
- ROS, M.T.** 1997. *La vegetació de la Catalunya Meridional i territoris propers de la Depressió de l'Ebre, en la Pre- història recent i Protohistòria, a partir dels estudis antracològics*. Gala, 3-5: 19-32.
- ROS, M.T.** 2002. «Estudi micromorfològic de la sedimentació i dels elements de combustió», en: N. Alonso, M. Gené, E. Junyent, A. Lafuente, J. B. López, A. Moya, E. Tartera (coords.) *L'assentament protohistòric, medieval i d'època moderna de El Vilot de Montagut (Alcarràs, Lleida)*. Pagès Editors. Lleida. pp. 219-229.
- ROSEN, A.M.** 2007. *Civilizing Climate. Social Responses to Climate Change in the Ancient Near East*. Lanham: Altamira Press. 209 p.
- ROYO, J.L.; GÓMEZ, F.** 1997. *Excavaciones y estudio de materiales en el poblado neolítico de Riols I durante 1992-1993*, Arqueología Aragonesa, 1993: 23-34.
- RUBIALES, J.M.; GARCÍA-AMORENA, I.; GÉNOVA, M.; GÓMEZ MANZANEQUE, F.; MORLA, C.** 2007. *The Holocene history of highland pine forests in a submediterranean mountain: the case of Gredos mountain range (Iberian Central range, Spain)*. Quaternary Science Reviews, 26: 1759-1770.
- RUBIÓ, J.** 1977. *Ivars d'Urgell i l'Antic Estany*. Lleida: Dilagro. 227 p.
- RUIZ DEL CASTILLO, J.** 1993. *Análisis palinológico de nueve perfiles turbosos cuaternarios en el sector oriental del Sistema Central español*. Tesis doctoral inédita. Universidad Complutense de Madrid..
- RUIZ, M.; RUIZ, J.P.** 1986. *Ecological History of Transhumance in Spain*. Biological Conservation, 37 (1): 73-86.
- RUIZ-GÁLVEZ, M.** 1985. *El mundo celtibérico visto bajo la óptica de la Arqueología Social*. Kalathos, 5-6: 71-106.
- RUIZ ZAPATA, M.B.; GARCÍA ANTÓN, M.; ACASO DELTELL, E.** 1987. *Datos polínicos para el conocimiento de la vegetación del Macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama)*. Acta Salmanticensia, 65: 351-354.
- RUIZ ZAPATA, M.B.; GARCÍA ANTÓN, M.; VÁZQUEZ GÓMEZ, R.; GIL GARCÍA, M.J.; ANDRADE OLALLA, A.** 1988. *Análisis polínico de dos turberas localizadas en el Macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama, Madrid)*. II Congreso Geológico de España. Vol. 1. Granada: Universidad de Granada y Sociedad Geológica de España. pp.: 329-332.
- RUIZ ZAPATA, M.B.; GIL GARCÍA, M.J.; DORADO VALIÑO, M.** 1996. *Climatic changes in the Spanish Central Zone during the last 3000 B.P based on pollinic analysis*. Berlin: Springer Verlag. (NATO ASI Series I. Global Environmental Change, 36). pp.: 9-23.
- RUIZ ZAPATA, M.B.; ANDRADE OLALLA, A.; DORADO VALIÑO, M.; GIL GARCÍA, M.J.; FRANCO MÚGICA, F.; LÓPEZ GARCÍA, P.; LÓPEZ SÁEZ, J.A.; MACÍAS ROSADO, R.; ARNAZ, A.M.; UZQUIANO OLLERO, P.** 1997. *Las transformaciones del ecosistema en la Comunidad de Madrid*, Arqueología, paleontología y etnografía, 5: 95-164
- RUIZ ZAPATA, M.B.; GÓMEZ, M.; LÓPEZ SÁEZ, J.A.; GIL GARCÍA, M.J.; SANTISTEBAN, J.I.; MEDIAVILLA, R.; DORADO VALIÑO, M.; VALDEOLMILLOS, A.** 2006. *Detección de la actividad antrópica durante el Holoceno reciente, a través de la asociación de palinomorfos polínicos y no polínicos en dos depósitos higroturbosos (el Berruero y Rascafría) en la Sierra de Guadarrama, Madrid*. Revista Española de Micropaleontología, 38: 355-366.
- RUIZ ZAPATA, M.B.; GÓMEZ GONZÁLEZ, C.; LÓPEZ SÁEZ, J.A.; GIL GARCÍA, M.J.; VERA, M.S.; MEDIAVILLA, R.; DOMÍNGUEZ, F.; SANTISTEBAN, J.** 2007. *Cambios en la vegetación durante el holoceno reciente en el valle de Lozoya (Sierra de Guadarrama, Madrid)*. Revista Española de Paeontología, 22 (2): 95-102.
- RUIZ ZAPATA, M.B.; GÓMEZ GONZÁLEZ, C.; GIL GARCÍA, M.J.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; ARSUAGA, J.L.; BAQUEDANO, E.** 2008. *Evolución de la vegetación durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno en el Valle Alto del Río Lozoya. Yacimiento arqueopaleontológico de la cueva de la Buena Pinta (Pinilla del Valle. Sistema Central Español)*. Geogaceta, 44: 83-86.

- RUIZ ZAPATA, B.; GÓMEZ GONZÁLEZ, C.; GIL GARCÍA, M.J.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; SANTISTEBAN, J.I.; MEDIAVILLA, R.; DOMÍNGUEZ, F.; VERA, M.S.** 2009a. *Reconstrucción de las condiciones paleoambientales del depósito Pñ (Macizo de Peñalara, Sierra de Guadarrama. Madrid), durante los últimos 2.000 años, a partir del contenido en microfósiles no polínicos (NPPs)*. Geogaceta, 46: 135-138.
- RUIZ ZAPATA, M.B.; GÓMEZ GONZÁLEZ, C.; LÓPEZ SÁEZ, J.A.; DORADO VALIÑO, M.; VALDEOLMILLOS RODRÍGUEZ, A.; GIL GARCÍA, M.J.** 2009b. *Detección de la actividad antrópica durante el Holoceno reciente en la Tolla, Collado de El Berruero (Sierra de Guadarrama, Madrid, España) a través de la asociación de polinómorfos polínicos y no polínicos*. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biológica, 103(1-4): 121-129.
- RUIZ ZAPATERO, G. Y LORRIO, A.J.** 2005. «Celtiberia: entre la afinidad y la complejidad cultural», en: F. Beltrán y J. Velaza (eds.), *IX Coloquio sobre Lenguas y Culturas Paleohispánicas. (Barcelona 2004)*. Zaragoza: Institución Fernando El Católico (Paleohispánica, 5). pp. 657-684.
- RULL, V.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; CORELLA, J.P.; MORELLÓN, M.; GIRALT, S.** 2010. *Vegetation changes in the southern Pyrenean flank during the last millennium in relation to climate and human activities: the Montcortés lacustrine record*. Journal of Paleolimnology, 46: 387-404.
- SÁENZ DE RIVAS, V.** 1973. *Estudios palinológicos sobre Quercus de la España mediterránea*. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biológica, 71: 315-329.
- SÁENZ DE RIVAS, V.** 1979. *Pollen morphology of Spanish Cistaceae*. Grana, 18: 91-98.
- SÁENZ RIDRUEJO, C.; RUIZ RUIZ, E.** 2005. «La Cañada Soriana Oriental», en: P. García Martín (coord.), *Cañadas, cordeles y veredas*. 4ª ed. Salamanca: Junta de Castilla y León (Mundo Rural, 13). 244 p.
- SÁEZ, A.; JUNYENT, E.** 2010. *L'enigma dels ibers*. Sàpiens, 95: 42-43.
- SALRACH, J.M.** 1987. *El procés de feudalització*, vol 4 de P. Vilar (dir.) y J. Termes (coord.) *Història de Catalunya*. Barcelona: Edicions 62. 485 p.
- SÁNCHEZ GOÑI, M.F.; HANNON, G.E.** 1999. High-altitude vegetational pattern on the Iberian Mountain Chain (north-central Spain) during the Holocene. The Holocene, 9(1): 39-57.
- SÁNCHEZ MORENO, E.** 1998. *De ganados, movimientos y contactos. Revisando la cuestión transhumante en la Protohistoria hispana: la meseta occidental*. Studia Historica, Historia Antigua, 16: 53-84.
- SANCHO, C.; MUÑOZA, A.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; CINTA OSÁCARA, M.** 2007. *Palaeoenvironmental interpretation of Late Pleistocene-Holocene morphosedimentary record in the Valsalada saline wetlands (Central Ebro Basin, NE Spain)*. Journal of Arid Environments, 75 (8): 742-751.
- SANS I TRAVÉ, J.M.** 2002. *Armes, queviures i bestiar d'algunes comandes del Temple a Catalunya, Aragó i València segons uns inventaris de 1289 (primera part)*. Sacra Militia. Revista di Storia degli Ordini Militari, iii: 47-88.
- SANZ PÉREZ, E.** 1999. *Las aguas subterráneas en Soria*. Soria: Diputación Provincial de Soria (Temas Sorianos). 367 p.
- SCOTT, D.B.; MEDIOLI, F.S.** 1983. *Agglutinated rizophods in Lake Erie: modern distribution and stratigraphic implications*. Journal of Paleontology, 57: 809-820.
- SCOTT, L.; NYAKALE, M.** 2002. *Pollen indications of Holocene palaeoenvironments at Florisbad spring in the central Free State, South Africa*. The Holocene, 12: 497-503.
- SCUSSOLINI, P.; VEGAS-VILARRÚBIA, T.; RULL, V.; CORELLA, J.P.; VALERO-GARCÉS, B.; GOMÀ, J.** 2011. *Middle and late Holocene climate change and human impact inferred from diatoms, algae and aquatic macrophyte pollen in sediments from Lake Montcortés (NE Iberian Peninsula)*. Journal of Paleolimnology, 46: 387-404.
- SEBASTIÁN CAUDET, A.; GÓMEZ BARRERA, J.A.** 2003. *Las pinturas Rupestres esquemáticas del covacho del Ocejón I (Valverde de los Arroyos, Guadalajara)*. Saldvie, 3: 1-13.
- Servei Meteorològic de Catalunya.** *Climatologia. EL Plà d'Urgell. 1971-2000*. (en línea). consultado en Diciembre 2010. Disponible en: http://www20.gencat.cat/docs/meteocat/Continguts/Climatologia/climatologies_comarcals/documents/PlaUrgell.pdf
- SOERS, E.** 1972. *Stratigraphie et géologie structurale de la partie orientale de la Sierra de Guadarrama (Espagne Centrale)*. Studia Geologica Salmanticensia, 4: 7-94.
- SOPENA VICIÉN, M.C.; PEÑA MONNÉ, J.L.** 1998. *Evolución del paisaje del Holoceno Superior en el Valle del Cinca, sector de Binaced*. Arqueología Espacial, 19-20: 185-197.

- STEVENSON, A.C.** 2000. *The Holocene forest history of the Montes Universales, Teruel, Spain*. *The Holocene*, 10: 603-610.
- STEVENSON, A.C.; MACKLIN, M.; PASSMORE, D.; BENAVENTE, J.** 1991. *Respuesta de los sistemas lacustres y fluviales a los cambios medioambientales y a la actividad humana en Alcañiz (Teruel)*. *Al-Qànnis*, 2: 25-35.
- STEWART, A.V.** 1996. *Plantain - Plantago lanceolata - a potential pasture species*. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 58: 77-86.
- STOCKMARR, J.** 1971. *Tablets with spores used in absolute pollen analysis*. *Pollen et spores*, 13: 615-621.
- STOFFLE, R.W.; TOUPAL, R.S.; ZEDEÑO, M.N.** 2003. «Landscape, nature, and culture: a diachronic model of human-nature adaptations», en: H. Selin (ed.), *Nature across Cultures: Views of Nature and the Environment in Non-Western Cultures*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp.: 97-114.
- SUGITA, S.** 1993. *A model of pollen source area for an entire lake surface*. *Quaternary Research*, 39: 239-244.
- SUGITA, S.** 1994. *Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments: Theory and method in patchy vegetation*. *Journal of Ecology*, 82: 881-897.
- TELLER, J. T.; LAST, W.M.** 1990. *Paleohydrological indicators in playas and salt lakes, with examples from Canada, Australia, and Africa*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 76: 215-240.
- THORNDYCRAFT, V.R.; BENITO, G.** 2006. *The Holocene fluvial chronology of Spain: evidence from a newly compiled radiocarbon database*. *Quaternary Science Reviews*, 25: 223-234.
- TINNER, W.; CONEDERA, M.; AMMANN, B.; LOTTER, A.F.** 2005. *Fire ecology north and south of the Alps since the last Little Ice Age*. *The Holocene*, 15: 1214-1226.
- VALDÉS, B.; DíEZ, M.J.; FERNÁNDEZ, I.** 1987. *Atlas polínico de Andalucía Occidental*. Sevilla: Instituto de Desarrollo Regional no 43, Universidad de Sevilla, Excma. Diputación de Cádiz, 447 pp.
- VALERO GARCÉS, B.L.; DELGADO HUERTAS, A.; NAVAS, A.; MACHÍN, J.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; KELTS, K.** 2000a. *Quaternary palaeohydrological evolution of a playa lake: Salada Mediana, central Ebro Basin, Spain*. *Sedimentology*, 47: 1135-1156.
- VALERO GARCÉS, B.L.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; DELGADO HUERTAS, A.; NAVAS, A.; MACHÍN, J.; KELTS, K.** 2000b. *Lateglacial and Late Holocene environmental and vegetational change in Salada Mediana, central Ebro Basin, Spain*. *Quaternary International* 73/74: 29-46.
- VALERO GARCÉS, B.; NAVAS, A.; MACHÍN, J.; STEVENSON, T.; DAVIS, B.** 2000c. *Responses of a Saline Lake Ecosystem in a Semiarid Region to Irrigation and Climate Variability. The History of Salada Chiprana, Central Ebro Basin, Spain*. *Ambio*, 29 (6): 344-350.
- VALERO GARCÉS, B.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; NAVAS, A.; MACHÍN, J.; DELGADO HUERTAS, A.** 2004a. «Datos paleoambientales de las cuencas lacustres del sector central de la depresión del Ebro. La Salada de Mediana», en: J.L. Peña, L.A. Longares y M. Sánchez (eds.) *Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*. Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico. Zaragoza. pp: 265-274.
- VALERO GARCÉS, B.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; NAVAS, A.; MACHÍN, J.; DELGADO HUERTAS, A.; PEÑA-MONNÉ, J.L.; SANCHO-MARCÉN, C.; STEVENSON, T.; DAVIS, B.** 2004b. *Paleohydrological fluctuations and steppe vegetation during the last glacial maximum in the central Ebro valley (NE Spain)*. *Quaternary International*, 122: 43-55.
- VALERO GARCÉS, B.L.; MORENO, A.; NAVAS, A. MATA, P.; MACHÍN, J.; DELGADO HUERTAS, A.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; SCHWALB, A.; MORELLÓN, M.; CHENG H.; EDWARDS R.L.** 2008. *The Taravilla lake and tufa deposits (Central Iberian Range, Spain) as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 259: 136-156.
- VALIENTE MALLA, J.** 1997. *Guía de la Arqueología en Guadalajara*. Guadalajara: AACHE (Tierra de Guadalajara, 15). 128 p.
- VAN DER KNAAP, W.O.; VAN LEEUWEN, J.F.N.; FANKHAUSER, A.; AMMANN, B.** 2000. *Palynostratigraphy of the last centuries in Switzerland based on 23 lake and mire deposits: chronostratigraphic pollen markers, regional patterns, and local histories*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 108: 85-142.
- VAN GEEL, B.** 2001. «Non pollen palynomorphs», en: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 3, Terrestrial, Algal and Silicaceous Indicators*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp.: 99-119.