



## PALEOVEGETACIÓN EN EL YACIMIENTO ACHELENSE DE PUENTE PINO Y SU ENTORNO (TOLEDO, ESPAÑA)

*Paleovegetation in the acheulian archaeological site of Puente Pino  
and surrounding area (Toledo, Spain)*

M. B. Ruiz Zapata(1), J. M. Rodríguez de Tembleque(2),  
A. Pérez-González(3), M. J. Gil García(1) & M. Santonja(2)

(1) Departamento de Geología. Edificio de Ciencias. Universidad de Alcalá de Henares.  
28871 Alcalá de Henares (Madrid) blanca.rui.z@uah.es

(2) Museo Arqueológico Regional de Madrid. Plaza de las Bernardas, s/n. 28801 Alcalá de Henares  
(Madrid) puentepino@yahoo.es y manuel.santonja@madrild.org

(3) Centro Nacional de Investigación sobre Evolución Humana (CENIEH).  
Avda. La Paz, 8 - Entreplanta. 09004 Burgos alfredo.perez@cenieh.es

**Resumen:** Se ha analizado el registro polínico de tres secuencias del yacimiento achelense de Puente Pino (Alcolea de Tajo, Toledo) denominadas SPe (Sector Pinar Excavación), SPp (Sector Pinar Perfil) y STe (Sector Torreta Excavación). La zona basal (SPe-I) de la secuencia SPe se encuentra asociada al nivel arqueológico PNA y ha sido datada en la segunda mitad del Pleistoceno medio; mientras que el resto de dicha secuencia (zona SPe-II), así como las secuencias SPp y STe, se sitúan en el último tercio del Pleistoceno superior. Los resultados de los análisis revelan un cierto grado de homogeneidad florística en el territorio durante ambos períodos, materializada por la presencia dominante y constante de *Pinus* y, en menor proporción, de Oleaceae, *Quercus* tipo perennifolio y *Juniperus*. En el grupo herbáceo destacan Asteraceae liguliflorae y tubuliflorae, Poaceae, Chenopodiaceae y los taxones nitrófilos *Plantago* y *Rumex*. En el grupo de los microfósiles no polínicos (MNP) se constata una permanencia del tipo 3b y de *Glomus cf. fasciculatum*. En líneas generales, esta composición define la instalación de unas condiciones de carácter mediterráneo; sin embargo, durante el Pleistoceno superior, la disminución gradual tanto de la masa forestal como de la diversidad del conjunto florístico, y el aumento de los referidos MNPs, reflejan unas condiciones más secas.

**Palabras claves:** Pleistoceno, valle del Tajo, palinología, depósitos fluviales y eólicos, achelense.

**Abstract:** Pollen data of three polinic sequences, located in Puente Pino acheulian archaeological site (Alcolea de Tajo, Toledo), have been analyzed. One of them, SPe (Excavation Pinar Sector), is formed by two zones, SPe-I and SPe-II. The first one, related to PNA archaeological level, is located in the base of that sequence and has been dated in the sec-



M. B. Ruiz Zapata, J. M. Rodríguez de Tembleque, A. Pérez González & M. J. Gil García (2009). Paleovegetación en el yacimiento achelense de Puente Pino y su entorno (Toledo, España). *Rev. C. & G.*, 23 (1-2), 113-126.

ond part of The Middle Pleistocene. The other one, SPe-II, and the rest of secuences, SPp (Profile Pinar Sector) and STe (Excavation Torreta Sector), belong to the last third of The Upper Pleistocene.

The results of the analysis show a certain degree of homogeneity in the composition of the landscape during both periods. The forest group is dominated by *Pinus* and low presence of Oleaceae, *Quercus* evergreen and *Juniperus*. The herbs group is formed by Asteraceae, Poaceae, Chenopodiaceae and Nitrophilus taxa (*Plantago* and *Rumex*). *Glomus* cf. *fasciculatum*, and 3b type are the most important elements in the Non pollen microfossil (NPMs) group. This composition reflects the Mediterranean climatic conditions. However some meaningful differences are observed. In The Middle Pleistocene the landscape is formed by an open forest while in The Upper Pleistocene the landscape is dominated by herbaceous plants, *Glomus* cf. *fasciculatum* and 3b type increase and the total plants diversity is reduced. These changes in the forest development and vegetation diversity, through The Middle and Upper Pleistocene, evidence a deforestation caused by dry severe meteorological conditions.

**Keywords:** Pleistocene, Tajo valley, fluvial and eolian deposits, palynology, acheulian.

## 1. Situación y estado actual de la investigación del yacimiento

El yacimiento de Puente Pino se localiza en el término municipal de Alcolea de Tajo (Toledo, España), junto a la presa del embalse de Azután, inmediatamente aguas abajo del cañón granítico del mismo nombre y de la desembocadura del río Uso (Fig. 1).

Dicho yacimiento se encuentra vinculado a terrazas de +40 m y +35 m del río Tajo y en él se han descrito dos secuencias sedimentarias (Figs. 2 y 3), una, fluvial, de la segunda mitad del Pleistoceno medio, y otra, mixta, constituida por aportes fluviales laterales y depósitos eólicos, del último tercio del Pleistoceno superior; separadas, por lo tanto, por una discontinuidad importante.

Desde su descubrimiento en el año 2000 (Rodríguez de Tembleque et al., 2005), se han realizado prospecciones de los perfiles estratigráficos de la formación y cinco campañas de excavación que han permitido registrar varios niveles arqueológicos, aunque las investigaciones se han centrado por ahora en dos niveles concretos, situados en dos áreas diferentes, denominados PNA (Pinar Nivel Arqueológico) y TGS (Torreta Gravas Superiores), y muy especialmente en el primero. Ambos niveles contienen industria achelense (Figs. 4 y 5) elaborada sobre todo en cuarcita y cuarzo. La industria de PNA está asociada a sedimentos de baja energía, arenas y limo-arcillas de 10-15 cm de potencia (Fig. 3), y la del nivel TGS a un depósito de grava

de unos 20 cm de espesor (Fig. 2). Esta última suele presentar erosión y páginas eólicas intensas, a menudo generalizadas, y aparentemente se encuentra en posición derivada (Rodríguez de Tembleque, 2004, 2005).

El sedimento del nivel arqueológico TGS es un aporte lateral de génesis fluvial desarrollado sobre la terraza a +40 m del río Tajo, mientras que el nivel arqueológico PNA parece estar asociado a depósitos de baja energía de una terraza a +35 m, en principio del mismo colector, que se encaja en la anterior (Rodríguez de Tembleque, 2008). Este último nivel podría ocupar una posición altimétrica intermedia entre las terrazas +40-45 m y +30 m de la secuencia fluvial regional del río Tajo, en la que se han reconocido 15 niveles de terraza con las siguientes cotas (Santonja y Pérez-González, 2002; Rodríguez de Tembleque, 2008): +3-5 m, +12-14 m, +20 m, +30 m + 40-45 m, +50 m, +60-65 m, +75-80 m, +85 m, +95-100 m, +105 m, +115-120 m, +125-130 m, +155 m y +185 m. La terraza de +20 m se habría formado ya en el Pleistoceno superior (Santonja y Pérez-González, 1997), y la de +60-65 m hacia el final del Pleistoceno inferior (Pinilla et al., 1995).

Por lo que respecta al nivel arqueológico PNA, la concentración y diversidad de industria y de utensilios, la presencia de percutores, yunque, cantos fracturados y algunos cantos rodados, éstos últimos probables *manuports*, así como la notable integridad de las cadenas operativas, parecen indicar que se trata de un área bien conservada en la

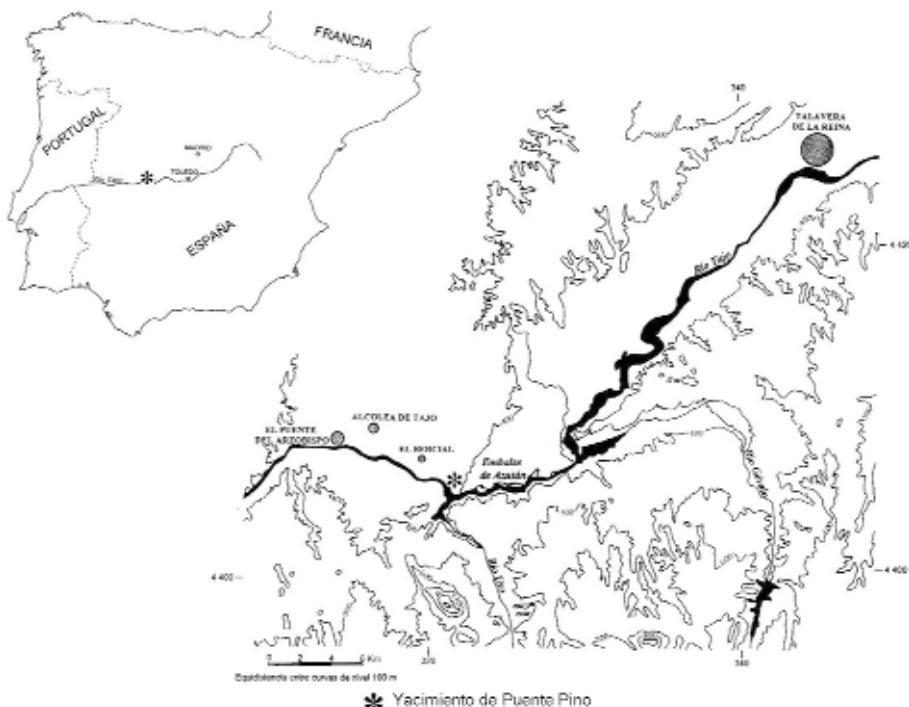


Figura 1. Situación del yacimiento de Puente Pino (Alcolea de Tajo, Toledo) en la Península Ibérica.  
Figure 1. Location of Puente Pino archaeological site (Alcolea de Tajo, Toledo) in the Iberian Peninsula.

cual los humanos, además de fabricar instrumentos, realizaron otras actividades.

La situación geográfica estratégica del yacimiento, el registro de diferentes niveles arqueológicos diacrónicos en el mismo emplazamiento, y la existencia de varios enclaves achelenses, también con abundante y variada industria, asociados a diferentes depósitos aluviales y coluviales en el entorno (Rodríguez de Tembleque, 2008), sugieren que la zona fue frecuentada por grupos humanos de forma recurrente.

## 2. Flora y clima actuales

Desde el punto de vista botánico, la zona donde se ubica el yacimiento pertenece, básicamente, a la provincia corológica Luso-Extremadureña, dentro del piso mesomediterráneo, aunque hace frontera con un pequeño islote de vegetación de la Castellano-Maestrazgo-Manchega (Rivas Martínez, 1987). La vegetación climática de la

vega del Tajo en dirección noreste, está representada por encinares manchegos basófilos, aunque este tipo de vegetación ha desaparecido prácticamente. Al sur y oeste, y ocupando la mayor parte del territorio, la vegetación climática corresponde a los encinares luso-extremadureños que crecen sobre suelo ácidos y que en la Sierra Ancha se presentan en su fracción más térmica, viéndose acompañados incluso por el acebuche u olivo silvestre (*Olea europaea* L. var. *Sylvestris* Brot.) (Muñoz, 1997).

La extensa vega formada por el río Tajo en el dominio terciario es particularmente rica en cultivos de regadío. En el entorno del embalse de Azután, una menor antropización del medio permite el desarrollo, aunque escaso, del bosque ripario característico de los ambientes mediterráneos y basófilos, como la olmeda de *Ulmus minor* Millar (López García y López Sáez, 2000).

La temperatura media anual es de 15-16°C, con una media de 6°C en invierno y 20°C en verano. La precipitación media anual se sitúa en torno a los 500 mm, con lluvias irregulares que provocan

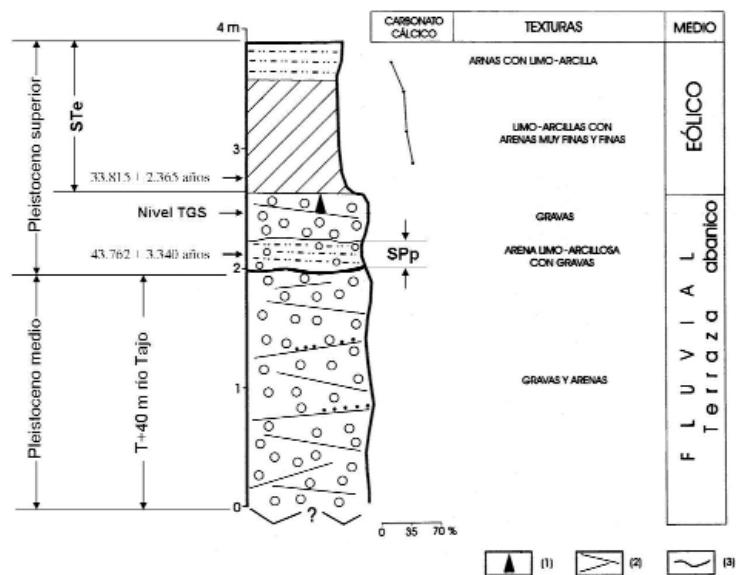


Figura 2. Columna estratigráfica del Sector Torreta en el área de excavación. Se han señalado los tramos correspondientes a las secuencias polínicas STe (Sector Torreta Excavación) y SPp (Sector Pinar Perfil). Las dataciones se han obtenido, mediante luminescencia estimulada óptimamente, en el Laboratorio de Datación y Radioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid. (1) Industria del nivel arqueológico TGS. (2) Estratificación cruzada. (3) Discontinuidad estratigráfica mayor.

*Figure 2. Litostratigraphic column of the Torreta Sector in the excavation area. The respective stretches of the STe (Excavation Torreta Sector) and SPp (Profile Pinar Sector) polinic sequences have been pointed. Dates have been obtained, by Optical Stimulated Luminiscense, in the Laboratorio de Datación y Radioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid. (1) Lithic industry from TGS archaeological level. (2) Crossed stratification. (3) Main stratigraphic discontinuity.*

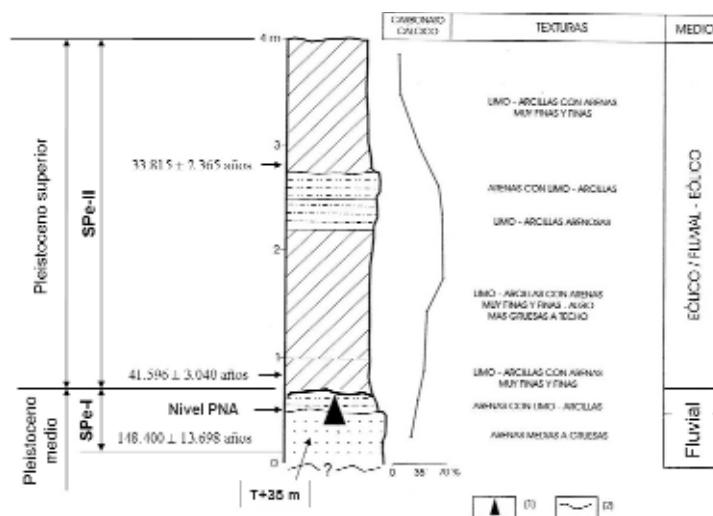


Figura 3. Columna estratigráfica del Sector Pinar en el área de excavación. Se han señalado los tramos de las zonas I y II que comprenden la secuencia polínica SPe (Sector Pinar Excavación). Las dataciones se han obtenido, mediante luminiscencia estimulada ópticamente, en el Laboratorio de Datación y Radioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid. (1) Industria lítica del nivel arqueológico PNA (2). Discontinuidad estratigráfica mayor.

*Figure 3. Litostratigraphic column of the Pinar Sector in the excavation area. The stretches of the I and II zones that make up the SPe (Excavation Pinar Sector) polinic sequences have been pointed. Dates have been obtained, by Optical Stimulated Luminiscense, in the Laboratorio de Datación y Radioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid. (1) Lithic industry from PNA archaeological level. (2) Main stratigraphic discontinuity.*

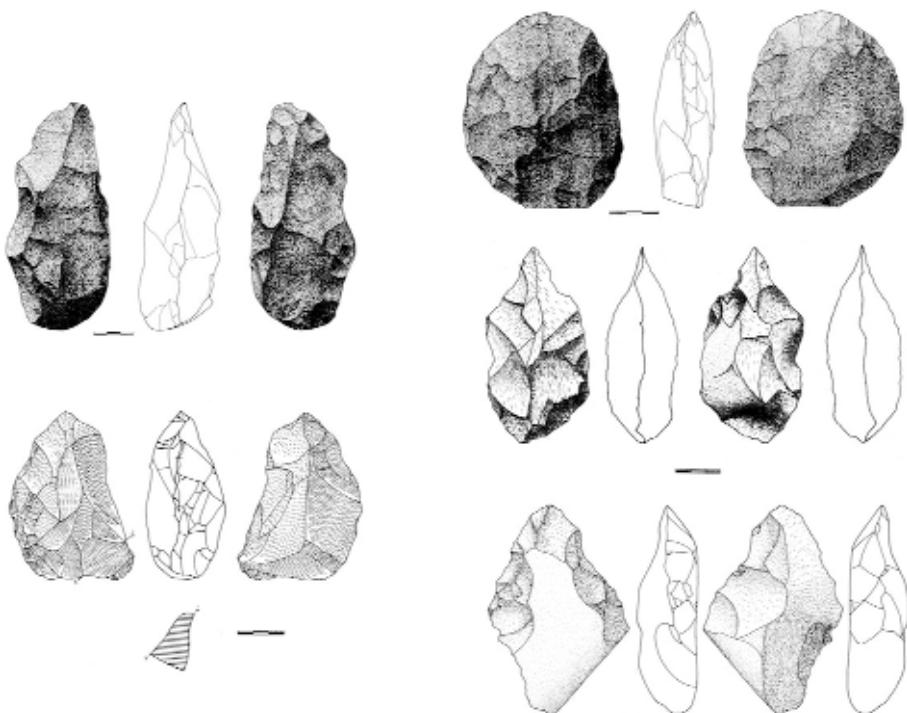


Figura 4. Bifaces del nivel arqueológico PNA.  
*Figure 4. Bifaces from PNA archaeological level.*

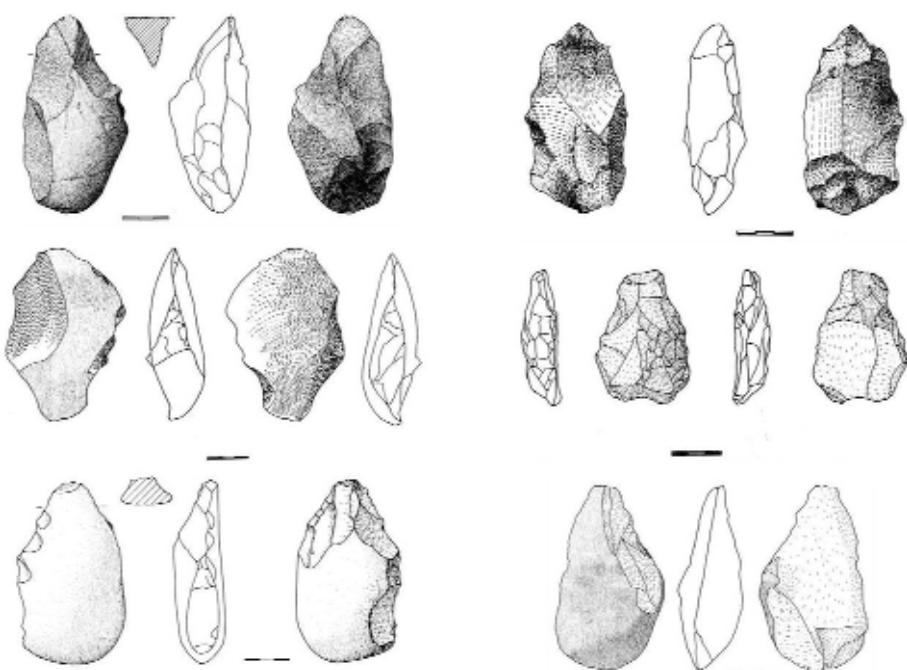


Figura 5. Macro-utensilios del nivel arqueológico TGS.  
*Figure 5. Macro-tools from TGS archaeological level.*

sequías estivales. Se trata, por lo tanto, de un clima semiárido que hacia el oeste pasa a ser subhúmedo seco, mesotérmico, con escaso superávit de agua en invierno y sequía en verano (Muñoz, 1997; Bueno et al., 2005).

### 3. Litología de las secuencias y método

#### 3.1. Litología de las secuencias

Con el fin de realizar una aproximación a la reconstrucción del paisaje vegetal y de las condiciones climáticas que tuvieron lugar durante el periodo de formación de algunos de los depósitos del yacimiento, se ha llevado a cabo un análisis del contenido en polen de 27 muestras procedentes de tres secuencias sedimentarias parciales del mismo denominadas SPe (Sector Pinar Excavación), SPp (Sector Pinar Perfil) y STe (Sector Torreta Excavación).

##### 3.1.1. Secuencia polínica SPe

Se corresponde con la columna sedimentaria muestreada en el perfil oeste del área excavada en el Sector Pinar (Fig. 6), la cual está constituida, de abajo arriba, por arenas masivas medias a gruesas de al menos 40 cm de potencia; arenas con limo-arcillas, de 10-15 cm de espesor; y limo-arcillas con arenas finas o muy finas, intercaladas a media altura por dos niveles, uno de limo-arcillas arenosas, y otro de arenas con limo-arcillas, cuya potencia total es de unos 2,5 m (Fig. 3). Los dos primeros depósitos (muestras 01 a 03 y PNA1-1 a PNA1-3, Fig. 6) son de génesis fluvial y, por su posición morfoestratigráfica (T +35 m), tienen una cronología mesopleistocena, habiéndose obtenido una datación por OSL (Optical Stimulated Luminiscense) en granos de cuarzo de las arenas masivas de  $148 \pm 400$  ka (muestra OSL Mad. 3229, Tabla 1), la cual, en principio, debe considerarse una edad mínima. Los otros sedimentos, limos-arenas-limos (muestras PNA1-4 a PNA1-14, Fig. 6) están datados en el Pleistoceno superior, en torno a 42 ka (muestra OSL Mad. 3160, Tabla 1), y su origen es eólico-fluvial (Rodríguez de Tembleque, 2008). La industria lítica (nivel arqueológico PNA) se localiza en la parte superior de las arenas masi-

vas y también en las arenas suprayacentes (muestras PNA1-1 a PNA1-3, Fig. 6).

En dicha columna se recogieron 17 muestras, las 9 inferiores (01 a 03, y PNA1-1 a PNA1-6) de un modo continuo, y las 8 restantes (PNA1-6 a PNA1-14), a intervalos de unos 25 cm de distancia (Fig. 6). Esta diferencia en la resolución del muestreo se explica por el mayor interés del nivel arqueológico y de los sedimentos adyacentes, frente a las capas situadas encima, de naturaleza fundamentalmente limo-arcillosa, que completa la secuencia y cuyo conjunto es muy compacto y homogéneo.

##### 3.1.2. Secuencia polínica SPp

Está representada por dos muestras, PEN-1 y PEN-2, procedentes del depósito fluvial pardo-rojizo, de escasa potencia y baja energía, constituido por arena limo-arcillosa con gravas (Fig. 2). Dichas muestras se han recogido en el perfil (carretera) del Sector Pinar, en un lugar donde el referido depósito es algo más potente que en el Sector Torreta (Fig. 7). El depósito en cuestión se ha desarrollado sobre gravas y arenas de la terraza de +40 m del río Tajo y está vinculado al mismo ciclo sedimentario que las gravas del nivel arqueológico TGS, del que no se han recogido muestras por sus características. Recientemente se ha obtenido una datación, por OSL en granos de cuarzo, de algo más de 43 ka (muestra OSL Mad-4910, Tabla 1), que parece coherente con la interpretación más plausible, desde el punto de vista geológico, de la secuencia sedimentaria general del yacimiento. En ese caso, el depósito podría haberse formado en el OIS 3.

##### 3.1.3. Secuencia polínica STe

Esta secuencia comprende 8 muestras (TGS-1 a TGS-8) recogidas en los depósitos eólicos de limo-arcillas, con arenas muy finas y finas, y arenas con limo-arcillas (Fig. 7), que sellan TGS y alcanzan una potencia total de 1 m aproximadamente (Fig. 2). El primero de estos sedimentos se corresponde con las limo-arcillas superiores de SPe y habría comenzado a formarse en torno a los 34 ka (muestra OSL Mad-3161, Tabla 1) (Rodríguez de Tembleque, 2008).

### Perfil Oeste Sector Pinar-Excavación. Secuencia SPe

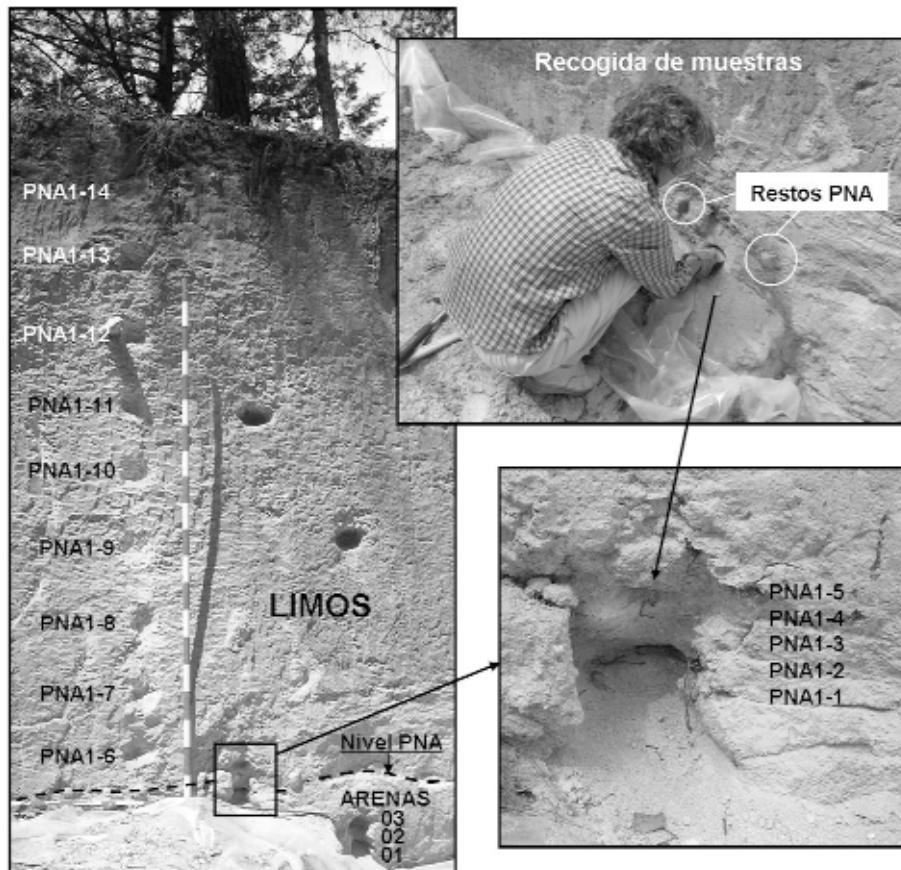


Figura 6. Posición de las muestras de la secuencia polínica SPe (Sector Pinar Excavación) recogidas en el perfil oeste de la zona excavada en el Sector Pinar, y situación del nivel arqueológico PNA en dicho lugar. Se ha destacado, mediante circunferencias blancas, dos piezas líticas de dicho nivel.

*Figure 6. Location of the samples of the SPe (Excavation Pinar Sector) polinic sequence. They have been extracted from the west profile of the Pinar Sector excavated area. In this profile, PNA archaeological level has been pointined and white circumferences are highlighting two lithic pieces of this level.*

### 3.2. Método

En todos los casos el muestreo se realizó de muro a techo sobre los afloramientos en trinchera de cada secuencia, evitando así los posibles problemas de contaminación asociados a la caída de material en cada una de las tomas.

Para aislar los granos de polen, las muestras fueron sometidas, según protocolos estandarizados (Coûteaux, 1977; Moore et al., 1991), a un ataque físico-químico con ácidos y álcalis. Posteriormente

al residuo obtenido se le aplicaron técnicas de enriquecimiento que concentraron el contenido polínico mediante el empleo de licor denso de Thoulet (Goeury y Beaulieu, 1979).

Para la determinación de los tipos polínicos se tomó como referencia la palinoteca de la Universidad de Alcalá de Henares y los manuales de Valdés et al. (1987), Moore et al. (1991) y Reille (1992). Los microfósiles no polínicos (MNPs), se han identificado siguiendo la tipología numérica y genérica establecida por van Geel (Van Geel, 1978;

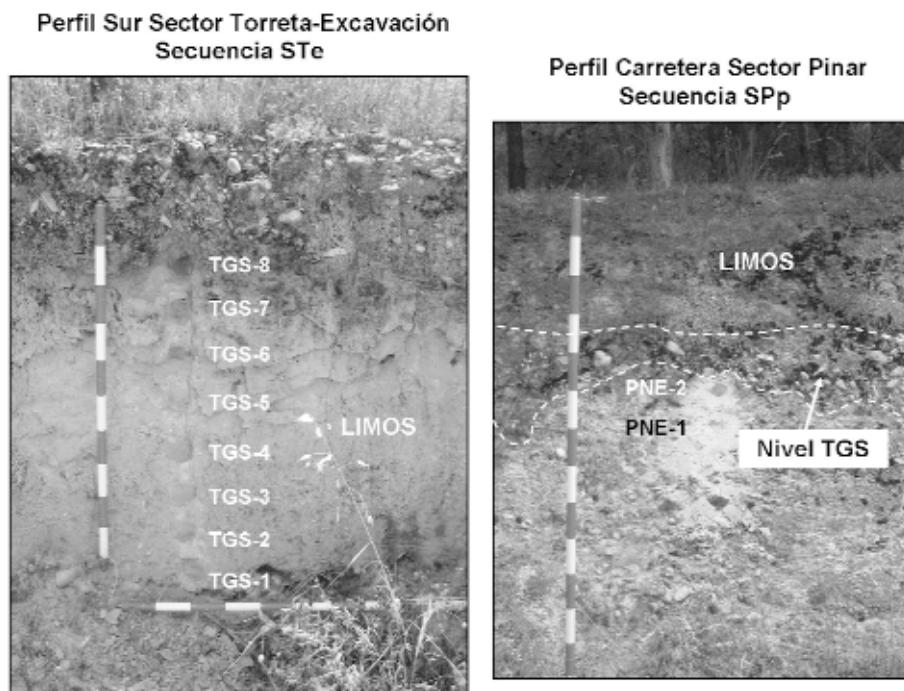


Figura 7. Posición de las muestras de las secuencias polínicas STe (Sector Torreta Excavación) y SPp (Sector Pinar Perfil) recogidas, respectivamente, en el perfil sur de la zona excavada en el Sector Torreta y en el perfil de la carretera que delimita el Sector Pinar por el oeste. En éste último perfil (secuencia SPp) se ha señalado el nivel arqueológico TGS, que en el perfil de la secuencia STe se encontraría inmediatamente por debajo del lugar donde se tomó la muestra TGS-1.

*Figure 7. Location of the samples of the STe (Excavation Torreta Sector) and SPp (Profile Pinar Sector) polinic sequences. They have been extracted, respectively, from the south profile of the excavation area of the Torreta Sector and from the profile of the road that demarcates the Pinar Sector in the west. In the last profile (SPp secuence), the placement of the TGS archaeological level has been pointed. In the first one, TGS level has a similar situation, under the limos and so just under TGS-1 sample.*

Van Geel et al., 1981; Van Geel y Aptroot, 2006; López Sáez et al., 2000, 2005; López Sáez y López Merino, 2007; y Riera et al., 2006).

Los datos, procesados mediante el paquete informático TILIA®, TILIA GRAPH® y TGVIEW (© Eric C. Grimm), se han expresado gráficamente en un histograma polínico (Fig. 8 y Fig. 9), donde se visualiza, de manera aislada y en porcentajes relativos cada uno de los taxones presentes en las muestras (espectro polínico). Así mismo se recoge, mediante presencias, la información obtenida en las muestras con bajo contenido en polen, que reflejan la permanencia de algunos de los taxones en el área. Finalmente, y sólo en las muestras ricas en polen, se ha representado la relación entre el polen arbóreo y el polen no arbóreo (que engloba los elementos arbustivos y herbáce-

os), con el fin de conocer la estructura del paisaje vegetal y sus cambios en el tiempo. Las frecuencias relativas de dichos taxones se calcularon a partir de la Suma Base, en la que se excluye el polen de la vegetación acuática, las esporas y los MNPs. Las esporas monoletas y triletas identificadas y los MNPs, se han representado porcentualmente a partir de la Suma Total, que incluye todos los palinomorfos, polínicos y no polínicos.

#### 4. Resultados y caracterización paleo-vegetal

##### 4.1. Secuencia polínica SPe

Las tres muestras inferiores, denominadas 01, 02 y 03 (Fig. 6), y que se recogieron en el depósito

de arenas masivas mesopleistocenas, han resultado completamente estériles.

En el resto de la secuencia se han identificado un total de 21 taxones, de los que 6 son arbóreos, 4 arbustivos y 11 herbáceos (Fig. 8). También se han documentado esporas monoletas y triletas, así como MNPs (*Glomus cf. fasciculatum*, *Riccia* y el tipo 3b). En cuanto a la riqueza de las muestras, sólo en PNA1-1, PNA1-2 y PNA1-3 (SPe-I, Fig. 8) se ha contabilizado un número cuantificable y representativo de granos de polen. Se trata de las muestras asociadas al nivel arqueológico PNA. En el resto de la columna alternan muestras estériles con otras de bajo contenido en polen, éstas últimas representadas en el histograma polínico mediante presencias. La muestra PNA1-4 se localiza, aparentemente, por encima de la cicatriz erosiva entre los depósitos del Pleistoceno medio y superior (Figs. 3 y 6). Estos hechos han condicionado la estructuración del histograma polínico en dos zonas polínicas (Fig. 8):

#### 4.1.1. Zona polínica SPe-I

Esta zona comprende las muestras PNA1-1, PNA1-2 y PNA1-3 (Fig. 6), que abarcan el techo del nivel de arenas y el depósito arenoso limo-arcilloso que contiene la industria, unos 15 cm de potencia en total. El sedimento muestreado tendría una cronología mesopleistocena de más de 135 ka (OIS  $\geq$  6), según datación por OSL en granos de cuarzo (muestra OSL Mad-3229, Tabla 1), y probablemente en torno a los 350 ka por la posición de estos aluviones de terraza en la secuencia geomorfológica del valle del río Tajo (Rodríguez de Tembleque, 2008).

Dicha zona (SPE-I, Fig. 8) se caracteriza por el dominio del estrato arbóreo, sobre todo *Pinus*, pero también Oleaceae y *Quercus*-p, y por la presencia de *Ulmus*. El elemento arbustivo, aún no siendo muy representativo, es muy variado, al igual que ocurre con el estrato herbáceo. Destaca, igualmente, la presencia de esporas y la de los MNPs

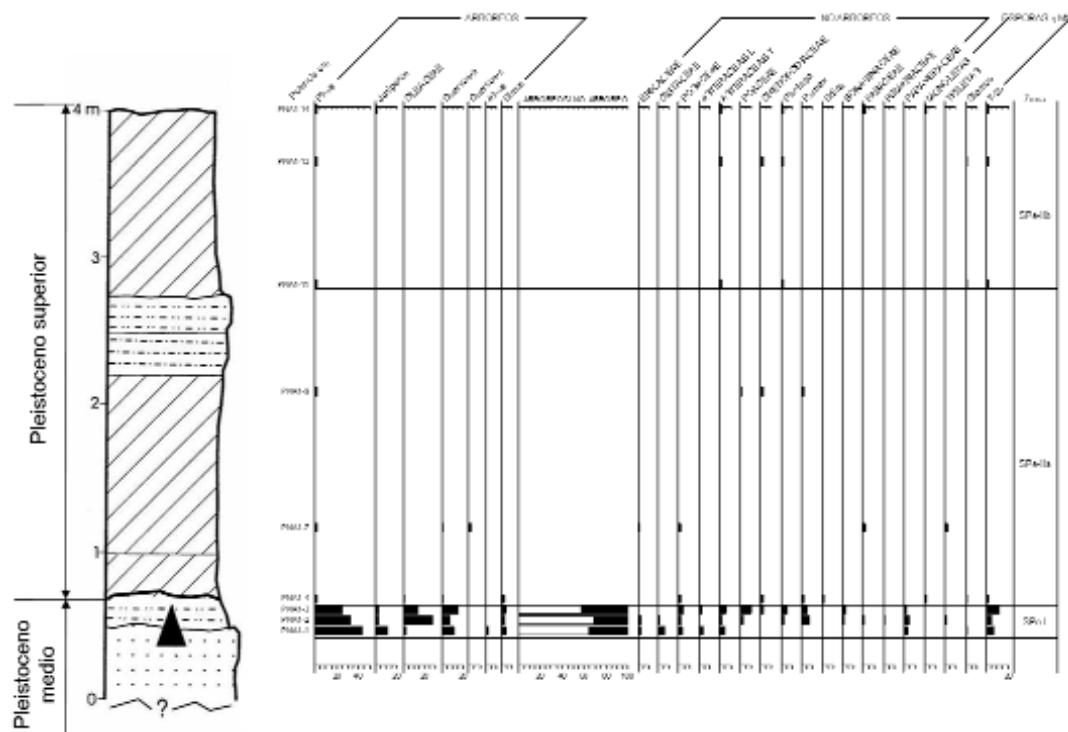


Figura 8. Columna estratigráfica del Sector Pinar en el área de excavación e histograma de la secuencia polínica SPe (Sector Pinar Excavación). Véase leyenda de la columna estratigráfica en la figura 3.

Figure 8. Litostratigraphic column of the Pinar Sector in the excavation area and histogram of the SPE (Excavation Pinar Sector) politic sequence. Legend of litostratigraphic column can be seen in the figure 3.

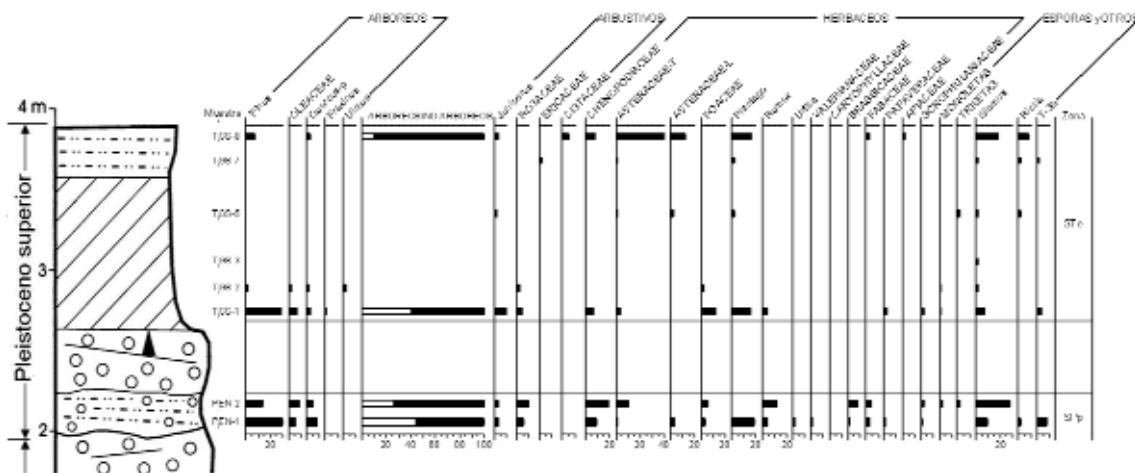


Figura 9. Columna estratigráfica del Sector Torreta en el área de excavación e histograma de las secuencias polínicas SPP (Sector Pinar Perfil) y STE (Sector Torreta Excavación). No se han recogido muestras del nivel arqueológico TGS por tratarse de un depósito de gravas. Véase leyenda de la columna estratigráfica en la figura 2.

Figure 9. Lithostratigraphic column of the Torreta Sector in the excavation area and histogram of the SPP (Profile Pinar Sector) and STE (Excavation Torreta Sector) polinical sequences. Polinical samples have not been taken from TGS archaeological level because it is a gravel deposit. Legend of lithostratigraphic column can be seen in the figure 2.

*Glomus cf. fasciculatum* y el tipo 3b, este último en porcentajes relativamente altos.

La presencia *Alnus* en la muestra PNA1-1, procedente del techo de las arenas, junto a *Ulmus*, sería reflejo de la proximidad de un cauce de agua. En las muestras PNA1-2 y PNA1-3, los hechos más significativos son la expansión de Oleaceae, la reducción porcentual de *Pinus* y la ausencia de *Alnus*, posiblemente como respuesta a la retirada y estabilización de un cauce fluvial así como a la instalación de unas condiciones climáticas de tipo mediterráneo. En tales muestras se aprecia también un desarrollo tanto cuantitativo como cualitativo del estrato herbáceo, en el que destacan Asteraceae, Chenopodiaceae, Poaceae, Papaveraceae, Fabaceae, Boraginaceae y los taxones nitrófilos *Plantago*, *Rumex* y *Urtica*. La mayor presencia del MNP tipo 3b (indicador de condiciones secas), la naturaleza de los taxones herbáceos y el aumento de la mediterraneidad, favorecerían la proliferación de *Quercus* y Oleaceae. Bajo estas condiciones, más secas que las que define PNA1-1, se produce una reducción de la masa forestal, que explicaría la presencia del MNP *Glomus cf. fasciculatum* (asociado a fenómenos de deforestación). Por otra parte, la expansión detectada en los citados

taxones nitrófilos podría ser el resultado de la acumulación de excrementos de animales y, en ese caso, representar un testimonio de su presencia en el área donde se ubica el yacimiento y/o en su entorno.

#### 4.1.2. Zona polínica SPe-II

Abarca la casi totalidad de la secuencia, muestras PNA1-4 a PNA1-14 (Fig. 6), y tiene una edad bastante posterior a la del tramo precedente. Las cronologías obtenidas por OSL en granos de cuarzo (muestras OSL Mad-3160, Mad-4910 y Mad-3161; Tabla 1), la sitúan en el Pleistoceno superior, entre aproximadamente 47 ka y 31 ka (OIS 3) (Rodríguez de Tembleque, 2008). Los resultados - alternancia entre muestras estériles y otras de bajo contenido polínico (SPe-II, Fig. 8)- no permiten la interpretar el paisaje vegetal, si bien ponen de manifiesto algunos aspectos importantes, como la presencia constante de *Pinus* y la pérdida tanto de Oleaceae como de *Ulmus*, así como una disminución de la diversidad en el grupo arbustivo y herbáceo.

De acuerdo con la información proporcionada por la secuencia estratigráfica se han definido las subzonas polínicas SPe-IIa y SPe-IIb.

Tabla 1. Dataciones por luminiscencia ópticamente estimulada, obtenidas en diferentes depósitos del yacimiento de Puente Pino, realizadas por el Laboratorio de Datación y Radioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid.

Table 1. Dates by Optical Stimulated Luminiscence, obtained in different deposits of the Puente Pino archaeological site, carried out by the Laboratorio de Datación y Radioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid.

Muestra (referencia del laboratorio)	Dosis Arqueológica (Gy)	Dosis Anual (mGy/año)	Fecha (años B.P.)	Profundidad aproximada (m) Sedimento (facies)
Mad-3161 OSL	289,80	8,57	$33.815 \pm 2.365$	1,25 Limo-arcillas con arenas muy finas y finas
Mad-4910 OSL	95,84	2,19	$43.726 \pm 3.340$	1,40 Arena limo-arcillosa con gravas
Mad-3160 OSL	359,81	8,65	$41.596 \pm 3.040$	2,80 Limo-arcillas con arenas muy finas y finas
Mad-3229 OSL	1.443,94	9,73	$148.400 \pm 13.698$	2,90 Arenas medias a gruesas

#### 4.1.2.1. Subzona polínica SPe-IIa

Comprende las muestras PNA1-4 a PNA1-10 (Fig. 6), recogidas en los limo-arcillas inferiores y los depósitos más arenosos que los cubren, cuya edad estaría comprendida, *grosso modo*, entre 47 ka y 38,5 ka (muestras OSL Mad-4910 y Mad-3160, Tabla 1). En la parte basal, junto a *Pinus*, se registran presencias de Oleaceae, *Quercus*-p, *Ulmus* y *Quercus*-c, así como Ericaceae y Rosaceae, Chenopodiaceae, *Rumex*, y *Urtica*, esporas monoletas y triletas, y los MNPs *Glomus* cf. *fasciculatum* y el tipo 3 b (SPe-IIa, Fig. 8). Sin embargo hacia el techo de la subzona, en la última muestra con contenido en polen (PNA1-9), tan sólo se registran presencias de *Pinus*, Poaceae, Chenopodiaceae y *Rumex*. Estos datos ponen de manifiesto la acentuación de las condiciones secas y de la deforestación, detectada en el techo de la zona anterior, asociada a una pérdida de diversidad.

#### 4.1.2.2. Subzona polínica SPe-IIb

Se desarrolla a partir de los  $33.815 \pm 2.365$  años (muestra OSL Mad-3161, Tabla 1) (Rodríguez de Tembleque, 2008), y comprende las muestras PNA1-11 hasta PNA1-14 (Fig. 6), recogidas en los limo-arcillas superiores. *Pinus* se mantiene junto a presencias de taxones herbáceos (Asteraceae, Chenopodiaceae y *Plantago*) y de los MNPs *Glomus* cf. *fasciculatum* y el tipo 3b (SPe-IIb, Fig. 8). De algún modo y con todas las precauciones

que exigen unos datos limitados, se podría definir la instalación de unas condiciones de carácter más seco, tendencia que ya quedaba apuntada en el techo de la subzona anterior.

#### 4.2. Secuencia polínica SPp

En las muestras (PEN-1 y PEN-2) de esta secuencia (Fig. 7) se han identificado un total de 19 taxones (SPp, Fig. 9), de los que 3 son arbóreos (*Pinus*, Oleaceae y *Quercus*-p), 2 arbustivos (*Juniperus* y Rosaceae) y 14 herbáceos (Chenopodiaceae, Asteraceae liguliflorae y tubuliflorae, Poaceae, *Plantago*, *Rumex*, *Urtica*, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Fabaceae, Papaveraceae, Saxifragaceae, Scrophulariaceae y Valerianaceae); así como esporas (monoletas y triletas) y los MNPs *Glomus* cf. *fasciculatum* y el tipo 3b. Estos resultados revelan unas condiciones mediterráneas de carácter relativamente seco y permiten también suponer cierta abundancia de vida animal en el área. En su evolución se observa la pérdida del componente arbóreo, debido fundamentalmente a *Pinus* y *Quercus*-p, que se vincula al desarrollo de Chenopodiaceae, Asteraceae tubuliflorae y, en menor medida, de Poaceae, Brassicaceae y Fabaceae. También se aprecia pérdida de diversidad de este grupo herbáceo y el aumento de los indicadores de deforestación, que debió afectar principalmente a los encinares en favor del acebuche.

#### 4.3. Secuencia polínica STe

De las ocho muestras (TGS-1 a TGS-8) de esta secuencia (Fig. 7), tan sólo las procedentes de muro y techo presentan polen en cantidades cuantificables (STe, Fig. 9). En el resto de la secuencia alternan muestras estériles con otras de bajo contenido polínico.

En total se han identificado 19 taxones: 5 arbóreos (*Pinus*, Oleaceae, *Quercus*-p, *Fraxinus* y *Ulmus*), 4 arbustivos (*Juniperus*, Ericaceae, Cistaceae y Rosaceae) y 10 herbáceos (Asteraceae tubuliflorae y liguliflorae, Scrophulariaceae, Papaveraceae, Poaceae, Chenopodiaceae, Apiaceae, Fabaceae, *Plantago* y *Rumex*), así como esporas monoletas y triletas, y los MNPs *Glomus cf. fasciculatum* y el tipo 3b. Dicha composición define también condiciones mediterráneas relativamente secas y afectadas por procesos de deforestación.

En la parte basal de estos limos, la presencia de *Fraxinus* y *Ulmus* refleja cierto grado de humedad edáfica relacionado con la proximidad de un cauce; por otro lado, la presencia de taxones nitrófilos, como *Plantago* y *Rumex*, pudiera revelar la existencia de fauna. En el resto de la secuencia la información parcial disponible sugiere un paisaje muy empobrecido y abierto, donde, como se deduce de los resultados obtenidos en la muestra superior (TGS-8), *Pinus* y *Quercus*-p tienen una presencia poco relevante, al igual que ocurre con el estrato arbustivo, frente al dominio herbáceo, debido a la expansión de Asteraceae, Chenopodiaceae y *Plantago*, y a la existencia de Apiaceae y Fabaceae y de altos valores de *Glomus cf. fasciculatum*. Todo parece indicar que se produce un tránsito hacia unas condiciones más secas, apoyado además por la falta de registro de los taxones de ribera.

#### 5. Discusión y conclusiones

Pese a que la información de carácter polínico es parcial, de un modo general se han observado una serie de hechos recurrentes, como son la presencia dominante y constante de *Pinus* y, en menor proporción, de Oleaceae y *Quercus* tipo perennífilo, junto a *Juniperus*. Entre las herbáceas están bien representadas Asteraceae, tanto liguliflorae

como tubuliflorae, Poaceae, Chenopodiaceae y los taxones nitrófilos (*Plantago* y *Rumex*); y dentro de los MNPs, el tipo 3b y *Glomus cf. fasciculatum*. Esta información define el establecimiento de unas condiciones mediterráneas fundamentalmente secas y sometidas a una intensa deforestación.

En este contexto se puede afirmar que durante la formación de los depósitos muestreados correspondientes al Pleistoceno medio (SPe-I) y al Pleistoceno superior (SPe-II, STe y SPp), la vegetación regional de la zona estaba caracterizada por el desarrollo de pinares no muy densos, mientras que la vegetación local estaba dominada por paisajes abiertos, de tipo mediterráneo (*Quercus*-p, Oleaceae, *Juniperus*). La vegetación que de acuerdo con los resultados obtenidos constituiría el paisaje del yacimiento y de su entorno, sería un encinar muy aclarado, con presencia de estrato arbustivo (enebro fundamentalmente), desarrollado bajo un régimen térmico típicamente mediterráneo. Igualmente queda constancia de la permanencia de un cauce fluvial próximo, en torno al cual prosperían los taxones de ribera y los acuáticos y cuyas fluctuaciones pueden entenderse, en el contexto climático, como relacionadas con variaciones en la tasa de humedad. El desarrollo de los taxones herbáceos nitrófilos (*Plantago*, *Rumex* y *Urtica*), junto a la presencia del MNP *Riccia*, relacionados todos ellos con presencia de fauna, permiten suponer unas buenas condiciones tróficas en el entorno del yacimiento.

Paisajes similares, para el Pleistoceno medio y superior, se han descrito en secuencias sedimentarias desarrolladas sobre terrazas fluviales del río Tajo (Formación Salchicha y Formación Valdelobos) en las proximidades de la ciudad de Toledo (Martín Arroyo, 1998; Martín Arroyo et al., 1999); así como en la terraza compleja del valle del río Jarama (secuencias MCH y FAR de Maresa), datada en el Pleistoceno medio (Ruiz Zapata et al., 2007). No obstante en ambos casos los registros polínicos presentan un mayor desarrollo de la vegetación de ribera que en el yacimiento de Puente Pino. La singular ubicación geográfica de este yacimiento -justo a la salida de un cañón fluvial del río Tajo- podría explicar la escasez de vegetación de ribera registrada en el mismo, a pesar de la proximidad de dicho colector.

En la secuencia polínica SPe-I, vinculada a la industria del nivel arqueológico PNA y que se habría desarrollado dentro del intervalo de tiempo comprendido entre los 350-150 ka, es decir, en la segunda mitad del Pleistoceno medio, se constata un claro dominio del paisaje arbóreo y un cierto grado de humedad ambiental, que permitió el desarrollo de la vegetación propia de entornos riparios. Estas formaciones de ribera, constituidas por *Alnus*, *Fraxinus* y *Salix*, no llegan a ser comparables con las de un río principal. Sin embargo, también se aprecian los primeros síntomas de deforestación, bajo un clima más seco que conllevó la reducción del bosque ripario inicial.

Durante el último tercio del Pleistoceno superior, desde aproximadamente 42 ka hasta más de 34 ka, periodo en el que se enmarcan las secuencias SPe-II, STe y SPp, se observa un menor desarrollo del bosque (STe y SPp), asociado al dominio progresivo de los taxones herbáceos, definiendo una tendencia hacia la instalación de paisajes degradados bajo condiciones más secas y, posiblemente, menos térmicas, que pudieron incidir en la desaparición del acebuche y la persistencia del enebro y el pino. Por otro lado, aunque en ambas secuencias se repite el mismo ciclo, es en SPp donde se observa de un modo más patente el proceso de degradación. Esta acentuación del proceso responde a las dificultades de recuperación de la vegetación ante la reiteración de condiciones climáticas adversas de carácter más fresco y seco.

En el transcurso de las secuencias analizadas, la zona quedó caracterizada por una cierta homogeneidad en la dinámica vegetal, con dominio de paisajes abiertos de tipo mediterráneo y un pobre cortejo herbáceo, interrumpidos, en ocasiones, por vegetación de ribera aparentemente desarrollada al amparo de cursos fluviales no muy importantes, o bien condicionada por la singular ubicación geográfica del yacimiento. Es posible deducir, así mismo, que el clima era de tipo mediterráneo seco, con algunas fluctuaciones hacia condiciones aún más secas.

### Agradecimientos

A Pablo G. Silva y a los especialistas designados para la revisión de este artículo por su correcciones y sugerencias.

### Referencias bibliográficas

- Bueno, P., Balbin, R. & Barroso, R. (2005). *El Dolmen de Azután (Toledo). Áreas de habitación y áreas funerarias en la cuenca interior del Tajo*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares (Madrid), 278 pp.
- Coûteaux, M. (1977). A propos de l'interpretation des analyses polliniques de sediments minéraux, principalement archéologiques. En: *Le Milieu Végétal, les Faunes et l'Homme. Supplément Bulletin A.F.E.Q.*, 47, 259-276.
- Goeury, CL. & Beaulieu, J.L. (1979). À propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux. *Pollen et Spores*, 21, 239-251.
- López García, P. & López Sáez, J.A. (2000). Análisis polínico del Dolmen de Azután (Toledo, España). *Revista Española de Micropaleontología*, 32 (1), 107-113.
- López Sáez, J.A., van Geel, B. & Martín Sánchez, M. (2000). Aplicación de los microfósiles no polínicos en Palinología Arqueológica. *Actas del 3º Congresso de Arqueología Peninsular*, ADECAP-UTAD, Vila Real (Portugal), 9: 11-20.
- López Sáez, J.A., López Merino, L., Cugny, C. & Galop, D. (2005). Paleoecología de medios húmedos: el aporte de los microfósiles no polínicos. *Nuestra Tierra*, 3, 13-15.
- López Sáez, J.A. & López Merino, L. (2007). Coprophilous fungi as a source of information of anthropic activities during the prehistory in the Amblés valley (Ávila, Spain): the archaeopalynological record. *Revista Española de Micropaleontología*, 38 (1-2), 49-75.
- Martín Arroyo, T. (1998). *Paleoclimatología y paleoambiente durante el Pleistoceno Medio y Superior en el valle del Tajo*. Tesis Doctoral (Inédita), Universidad de Alcalá de Henares, Madrid (España), 173 pp.
- Martín Arroyo, T., Ruiz Zapata, B., Pérez-González, A., Valdeolmillos, A., Dorado, M., Benito, G. & Gil García, M.J. (1999). Paleoclima y Paleoambiente durante el Pleistoceno superior y el Tardiglaciar en la Región Central peninsular. En: *Avances en el Estudio del Cuaternario Español* (L. Pallí y C. Roque, eds.). X Reunión Nacional de Cuaternario. Servei de Publicacions de la Universitat de Girona, Girona (España), 317-324.
- Moore, P.D., Webb, J.A. & Collinson, M.E. (1991). *Pollen analysis* (Second edition). Blackwell Oxford (U. K.), 216 pp.
- Muñoz, J. (1997). Toledo. En: *Paisajes Naturales de Segovia, Ávila, Toledo y Cáceres* (E. Martínez de Pisón, ed.). Estudios Geográficos de Administración Local, Madrid (España), 107-106.
- Pinilla, L., Pérez-González, A., Sopeña, A. & Parés, J.M. (1995). Fenómenos de hundimientos sinesedimentarios en los depósitos cuaternarios del río Tajo en la cuenca de Madrid (Almoguera-Fuentidueña de Tajo). En: *Reconstrucción de Paleoambientes y Cambios Climáticos durante el Cuaternario* (T. Aleixandre & A. Pérez-González, eds.). Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales, 3. CSIC, Madrid (España), 125-139.
- Reille, M. (1992). *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille (France), 520 pp.

- Riera, S., López Sáez, J.A. & Julià, R. (2006). Lake responses to historical land use changes in northern Spain: the contribution of non-pollen palynomorphs in a multiproxy study. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141, 127-137.
- Rivas Martínez, S. (1987). *Memoria del MAPA de series de vegetación de España*. MAPA-ICONA. Madrid.
- Rodríguez de Tembleque, J.M. (2004). Yacimiento de Puente Pino: nuevas perspectivas en el estudio del Paleolítico inferior de la Península Ibérica. *Zona Arqueológica*, 4 (4), 440-451.
- Rodríguez de Tembleque, J.M. (2005). El Paleolítico inferior en la cuenca del Tajo (Castilla-La Mancha). En: *Los Primeros Pobladores de Castilla-La Mancha*. Fundación Cultura y Deporte de la JCCM y Caja de Castilla-La Mancha., Toledo (España), 112-139.
- Rodríguez de Tembleque, J.M. (2008). *Primeras ocupaciones humanas en la Meseta española: Estudio geoarqueológico de depósitos fluviales en la cuenca media del Tajo*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid (España). Servicio de Publicaciones de la UAM (formato digital), 843 pp.
- Rodríguez de Tembleque, J.M., Santonja, M. & Pérez-González, A. (2005). Puente Pino: Un yacimiento Achelense en Alcolea de Tajo (Toledo, España). En: *Geoarqueología y Patrimonio en la Península Ibérica y el Entorno Mediterráneo* (M. Santonja, A. Pérez-González & M.J. Machado, eds.). ADEMA, Soria (España), 283-295.
- Ruiz Zapata, M.B., Pérez-González, A., Panera, J., Dorado, M., Valdeolmillos, A., Gómez, C. & Gil García, M.J. (2007). Nuevos datos en la reconstrucción del paisaje vegetal durante el Pleistoceno Medio, en el entorno del río Jarama (secuencias MCH y FAR-I del yacimiento de Maresa, Madrid). En: *Contribuciones al Estudio del Periodo Cuaternario* (J. Larios & P.G. Silva, eds.). AEQUA, Ávila (España), 217-218.
- Santonja, M. & Pérez-González, A. (1997). Los yacimientos achelenses en terrazas fluviales de la Meseta Central española. En: *Cuaternario Ibérico* (I. Rodríguez Vidal, ed.). AEQUA, Huelva (España), 224-234.
- Santonja, M. & Pérez-González, A. (2002). El Paleolítico inferior en el interior de la Península Ibérica. Un punto de vista desde la Geoarqueología. *Zephyrus*, 53-54, 27-77.
- Valdés, B., Díez, M.J. & Fernández, I. (1987). *Atlas polínico de Andalucía Occidental*. Instituto de Desarrollo Regional, 43, Universidad de Sevilla, Exema. Diputación de Cádiz, Sevilla (España), 447 pp.
- Van Geel, B. (1978). *A palaeoecological study of Holocene peat bog sections, based on the analysis of pollen, spores and macro and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals*. Ph D Thesis University of Amsterdam, Amsterdam (The Netherlands), 215 pp.
- Van Geel, B. & Aptroot, A. (2006). Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia*, 82, 313-329.
- Van Geel, B., Bohncke, S.J.P. & Dee, H. (1981). A palaeoecological study of an Upper Late Glacial and Holocene sequence from 'De Borchert', The Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 31, 367-448.