

## EVOLUCIÓN CLIMÁTICA DURANTE EL HOLOCENO EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA (SUBMESETA SUR IBÉRICA)

M. DORADO VALIÑO, A. VALDEOLMILLOS RODRÍGUEZ,  
M. B. RUIZ ZAPATA, M<sup>a</sup> J.GIL GARCÍA  
& I. DE BUSTAMANTE GUTIÉRREZ.

Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Campus Universitario.  
Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares. Madrid.

**Resumen.** Se ha realizado el estudio palinológico de un testigo obtenido en un depósito higroturboso localizado en la Cuenca Alta del Guadiana (Submeseta Sur Ibérica). La dinámica de la vegetación observada en el diagrama polínico y su correlación con otras secuencias de la región mediterránea ha permitido distinguir varias fases climáticas durante los últimos 10.400 años BP. La tendencia del clima durante este periodo ha sido: clima continental frío y árido en la base de la secuencia polínica; en la parte intermedia, entre los 8.500 y 5.800 años BP, clima cálido y húmedo y, finalmente, alrededor de los 4.500 años BP, el inicio de un clima mediterráneo continental seco. Asimismo, dentro de esta tendencia general, se han observado tres fases áridas entre los 9.100-8.500 años BP, entre los 5.800-4.500 años BP y entre los 2.500-2.000 años BP.

**Palabras clave:** Cuenca del Guadiana, análisis polínico, Holoceno, cambio climático, Submeseta Sur Ibérica

**Abstract.** Is has been carried out a palynological study of a core obtained from a deposit located in the high basin of Guadiana river (Southern Iberian Meseta). The dynamics of the vegetation from the pollen diagram and its correlation with other sequences from the mediterranean region has allowed to distinguish the climatic phases that have occurred during the last 10,400 years BP. The evolutionary trend has been as follows: a continental climate cold and arid in the lower part of the pollen sequence; in the middle part, between 8,500 and 5,800 years BP, a warm and humid climate and finally, from 4,500 years BP, the beginning of a continental mediterranean climate. Also, three arid phases have been observed: between 9,100-8,500 years BP, between 5,800-4,500 years BP and between 2,500-2,000 years BP.

**Key Words:** Guadiana Basin, pollen analysis, Holocene, climatic change, Southern Iberian Meseta.

### 1. Introducción

El conocimiento actual de la dinámica de la vegetación y de las variaciones climáticas durante el Tardiglaciario y el Holoceno en la Península Ibérica es muy amplio, sin embargo la mayor parte de estos

datos corresponden a las áreas eurosiberianas de la Península, a las zonas costeras atlánticas y mediterráneas y a los macizos montañosos. Por el contrario, apenas se dispone de información sobre las zonas bajas del interior peninsular y sobre todo de la Submeseta Sur Ibérica, que constituye en la actualidad una de las zonas más representativas de un clima mediterráneo continental seco.

En la Cuenca Alta del Guadiana, localizada en la Submeseta Sur Ibérica, debido a la descarga del acuífero de la Llanura Manchega y a la escasa pendiente del terreno se originaron amplias zonas húmedas de las que sólo permanece actualmente el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel. Estas zonas húmedas dieron lugar a la formación de depósitos higroturbosos. Menéndez Amor & Florschütz (1968) realizaron el estudio palinológico de un testigo obtenido en uno de estos depósitos y obtuvieron un registro polínico desde los 3.190 años BP aunque debido a la existencia de varios niveles polínicamente estériles y a la baja cantidad de granos de polen en casi todas las muestras la información aportada fue limitada. Posteriormente, García Antón *et al.* (1986) realizaron un estudio palinológico en otro de dichos depósitos obteniendo un registro desde los 6.240 años BP. En este estudio queda reflejada, en la base del diagrama, una vegetación que indica un clima más húmedo que el actual. En este trabajo presentamos los resultados del estudio palinológico de un testigo obtenido en estos depósitos higroturbosos y que han permitido reconstruir los cambios de vegetación y las variaciones climáticas en el área de estudio durante los últimos 10.400 años BP.

## 2. Área de estudio

### *Situación geográfica*

La Cuenca alta del río Guadiana se localiza, en el límite meridional de la Submeseta Sur Ibérica (Figura 1). Constituye una región natural de 16.130 km<sup>2</sup>. El testigo se ha obtenido en el extremo más occidental de esta cuenca, a 615 m de altitud, aguas abajo del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel, concretamente al oeste de la carretera que une los municipios de Carrión de Calatrava y Malagón (Figura 2). Esta zona está limitada al norte por los Montes de Toledo, con altitudes entre los 900 y 1.400 m, y al oeste por los Montes de Ciudad Real, con altitudes entre los 800 y 1.000 m.

### *Geología*

La Llanura Manchega corresponde a una depresión morfoestructural (Pérez González, 1996), cuyo zócalo está constituido por materiales del Paleozoico y Mesozoico, y rellenada por sedimentos continentales del Terciario y Cuaternario (Figura 2). El relleno de la cuenca está constituido por materiales detríticos con intercalaciones carbonatadas del Paleogeno; materiales detríticos que pasan gradualmente a facies evaporíticas del Mioceno; y calizas y margas del Plioceno y con costras calcáreas, de hasta 1m de espesor, del Plioceno final y Pleistoceno inferior. Esta serie llega a alcanzar espesores de 100-110m. Sobre estos materiales se han modelado durante el Cuaternario valles, formas de disolución y depósitos eólicos. Los materiales que conforman los fondos de los valles son detríticos, orgánicos y salinos. Los Montes de Toledo y Montes de Ciudad Real son alineaciones precámbricas y paleozoicas de cuarcitas, areniscas y pizarras.

### *Clima*

El clima de la región es templado mediterráneo continental. Se caracteriza por inviernos fríos en los que se pueden alcanzar temperaturas extremas de -19°C y veranos secos y calurosos, con máximas que superan los 40°C. La temperatura media anual es de 14-15°C (Niñerola *et al.*, 1976). Las precipitaciones son poco abundantes, siendo la media anual de 450 mm que se distribuyen a lo largo del otoño y la primavera. La evapotranspiración potencial media anual es de 850 mm (MOPU, 1980), superando considerablemente la cantidad de agua de lluvia, por lo que se puede definir la zona como árida.

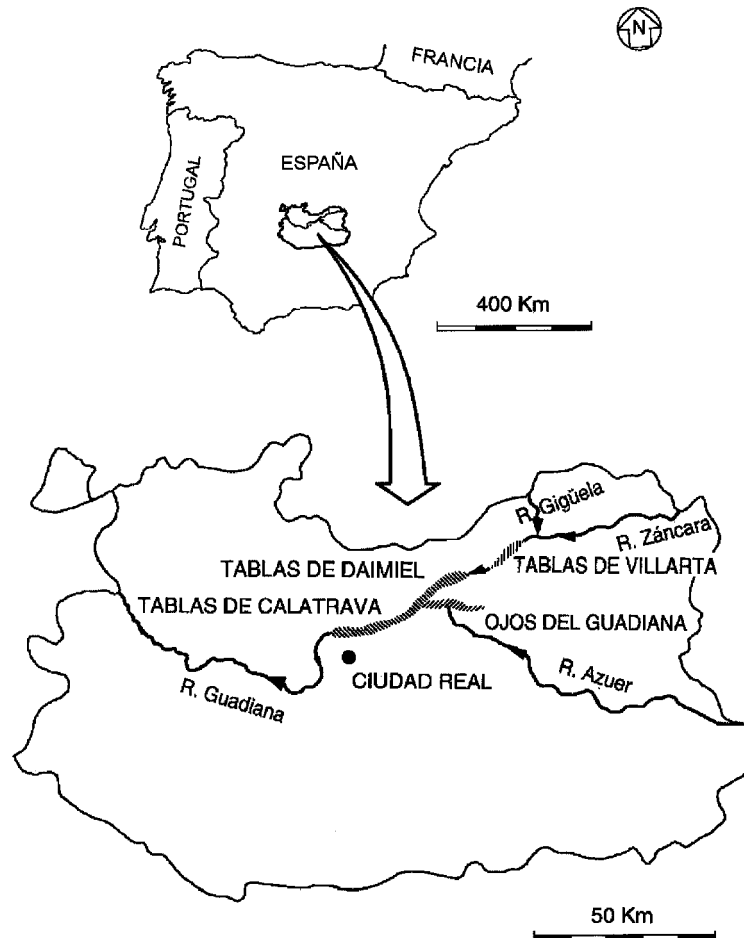


Figura 1. Situación geográfica de la Cuenca Alta del río Guadiana (Submeseta Sur Ibérica)  
Geographical allocation of the High Basin of the river Guadiana (Southern Iberian Meseta)

### Hidrología

Los ríos de esta región discurren por llanuras muy áridas con sistemas de terrazas muy poco desarrollados. Las pendientes son inferiores al 11 por lo que son cursos extremadamente lentos y propensos en algunos tramos al desbordamiento (Sánchez & del Moral, 1991). El caudal de estos ríos es muy irregular debido al clima. En verano pueden llegar a secarse y con fuertes lluvias inundan grandes superficies de terreno.

Las características climáticas de esta zona, tienen como consecuencia que los recursos hidráulicos de la región sean muy reducidos, del orden de  $340 \text{ Hm}^3/\text{año}$  (SGDGOH, 1989).

Las aguas subterráneas del acuífero de la Llanura Manchega han jugado un papel muy importante en la hidrología de la cuenca alta del Guadiana ya que gracias al aporte de agua a través de las zonas de descarga natural, el río Guadiana mantenía el caudal a partir de los Ojos durante los meses de verano. En la actualidad este aporte de aguas subterráneas es muy bajo debido al gran descenso del nivel freático tanto por las condiciones climatológicas como por la sobreexplotación del acuífero.

### Vegetación

En la Llanura Manchega la vegetación potencial es típicamente mediterránea. Está constituida por bosques de *Quercus rotundifolia* acompañados por *Arbutus unedo*, *Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus alaternus*,

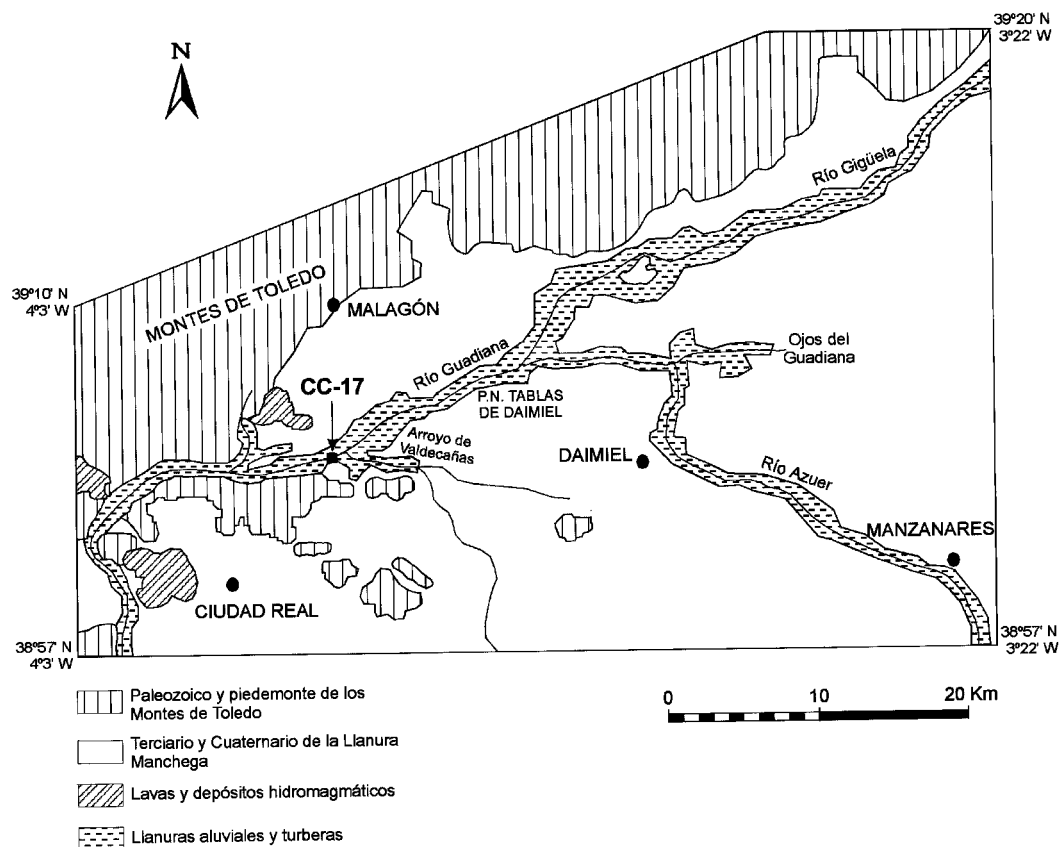


Figura 2. Esquema morfogeológico de la Cuenca Alta del Guadiana (simplificada de Pérez González, 1996) y localización del sondeo CC-17  
 Morpho-geological scheme of the High Basin of the river Guadiana (simplified from Pérez González, 1996) and location of core CC-17

*Pistacia terebinthus* y *Rosa canina*. En la actualidad la vegetación está constituida por encinares (*Quercus rotundifolia*) aclarados y utilizados como dehesas y por extensas zonas de cultivo.

En los Montes de Toledo y Montes de Ciudad Real la vegetación se caracteriza por la presencia de encinares en zonas de mayor sequía y de *Quercus suber* y *Quercus pyrenaica* sobre terreno más húmedo; los matorrales sustitutorios son muy variados: *Cistus albidus*, *Cistus ladanifer*, *Erica scoparia*, *Erica arborea*, *Erica australis*, y en ocasiones acompañados por *Arbutus unedo* y *Genista hirsuta*.

### 3. Material y Métodos

El testigo analizado (CC-17) se obtuvo con una sonda mecánica (Eijkelkamp) alcanzándose una profundidad de 6,81 m. La existencia de un nivel de arenas a dicha profundidad hizo imposible continuar el sondeo. El muestreo del testigo se realizó en batería de ventanas y los 75 cm más superficiales no se muestrearon ya que podrían estar removidos debido a las prácticas agrícolas recientes. Las muestras fueron sometidas al tratamiento físico-químico clásico (Coûteaux, 1977; Moore & Webb, 1978) para la extracción de los granos de polen.

Los datos de polen se presentan como frecuencia relativa de polen de cada taxón en un diagrama polínico (Figura 3) elaborado mediante los programas informáticos TILIA® y TILIA GRAPH® (© Eric C. Grimm). Las frecuencias relativas de taxones arbóreos, arbustivos y herbáceos se calcularon a partir del total

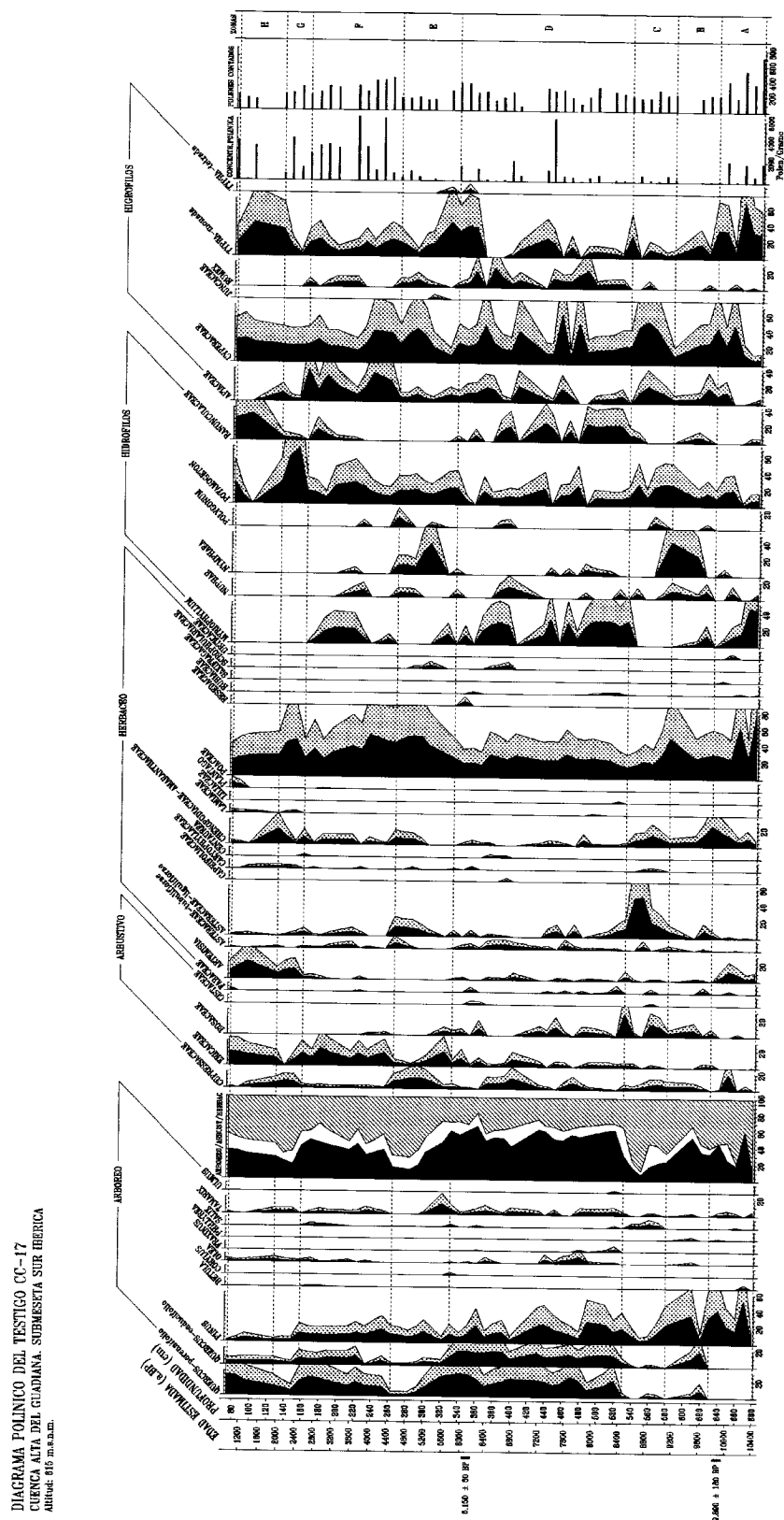


Figura 3. Diagrama Policlínico del testigo CC-17  
*Pollen Diagram of core CC-17*

de polen excluyendo el polen de vegetación acuática. Estos taxones acuáticos se han dividido en dos grupos (Cirujano, 1990, 1995): hidrófitos, que corresponden a plantas que viven sumergidas en el agua o parcialmente emergidas, e higrófitos, que corresponden a plantas que viven en zonas con alta humedad edáfica. La concentración polínica o frecuencia polínica absoluta de las muestras se ha calculado mediante el método volumétrico basado en la relación que existe entre el área de la preparación observada, el número de granos de polen contados en ella, el volumen del residuo montado y el peso de sedimento tratado.

Se han realizado dos dataciones absolutas de  $^{14}\text{C}$  (en Beta Analytic Inc., Miami, Florida, EEUU) cuyos resultados se muestran en la Tabla 1. A partir de estas dataciones se ha calculado la edad de todas las muestras mediante interpolación lineal.

La litología del testigo analizado se describe en la Figura 4. Los dos tipos de gasterópodos encontrados en los sedimentos indican características del ambiente acuático diferentes. Los del género *Succinea* son anfibios, especies de aguas estancadas poco profundas con crecimiento abundante de plantas higrófitas. Los del género *Theodoxus* son especies de aguas en movimiento que viven principalmente en arroyos y a veces en lagos. Además son especies termófilas características de las fases cálidas del Cuaternario.

Los oncolitos se forman por la colonización de las algas cianofíceas sobre objetos erráticos. Éstos se localizan sobre los fondos de canal cuando el régimen del flujo es laminar. Para el crecimiento de las algas cianofíceas es necesaria la existencia de luz y que las aguas estén oxigenadas. Los sólidos en suspensión (turbidez) disminuyen la penetración de la luz y por tanto la actividad fotosintética (Ordóñez & García del Cura, 1983).

#### 4. Resultados

Los cambios en las asociaciones polínicas permiten dividir el Diagrama Polínico (Fig.3) en ocho zonas (las edades han sido estimadas mediante interpolación lineal con el programa TILIA® —© Eric C. Grimm— a partir de las dataciones absolutas):

*Zona A (681-630 cm). Edad estimada: 10.400 a 9.700 años BP*

Con una datación de  $9.890 \pm 180$  BP a 635-645 cm, en esta zona la vegetación está formada principalmente por *Pinus*, Cupressaceae, *Artemisia* y Chenopodiaceae. La vegetación acuática está dominada por *Myriophyllum* y *Typha*-mónada (*Typha*-m) en la parte inferior de la zona y en la parte superior los valores de los dos taxones descienden mientras que los de Cyperaceae aumentan.

*Zona B (630-580 cm). Edad estimada: 9.700 - 9.100 años BP*

Se observa la expansión de árboles termófilos, *Quercus*-perennifolio (*Quercus*-p), *Quercus*-caducifolio (*Quercus*-c) y *Olea* y la disminución de los elementos estépico (*Artemisia* y Chenopodiaceae). *Nymphaea*, *Nuphar* y *Potamogeton* son los taxones dominantes en la vegetación acuática y los higrófitos retroceden (*Typha*-m, Cyperaceae y Apiaceae).

| Número de Referencia | Profundidad (cm) | Datación $^{14}\text{C}$ (años BP) | Resultados calibrados (2s, 95%) | Edad (calBP)  |
|----------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------|
| ß - 79215            | 346 - 356        | $6.150 \pm 60$                     | 5.240BC - 4.925BC               | 7.190 - 6.875 |
| ß - 79216            | 635 - 645        | $9.890 \pm 180$                    | > 8.590BC                       | > 10.540      |

Tabla 1. Dataciones de  $^{14}\text{C}$  y edades calibradas en el testigo CC-17.  
Radiocarbon dates and calibrated ages in the core CC-17.

| Zonas   | Fases climáticas                                                                                       | Profundidad (cm)                                            | Litología y macrorestos                                                                                         |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                                                                                                        | 0-75                                                        | No muestreado. Removido por prácticas agrícolas                                                                 |
| Zona H  | ↑<br>acentuación mediterraneidad<br><br>FASE ÁRIDA<br><br>Clima mediterráneo continental seco<br><br>↓ | 75-100                                                      | Fangos carbonatados                                                                                             |
| Zona G  |                                                                                                        | 100-184                                                     | Limos negros con restos de gasterópodos ( <i>Succinea</i> )                                                     |
| Zona F  |                                                                                                        | 184-238                                                     | Arcillas limosas grises con restos de plantas y gasterópodos pequeños ( <i>Succinea</i> )                       |
| Zona E  | FASE ÁRIDA                                                                                             | 238-336                                                     | Arcillas grises oscuras, poco limosas, con restos de plantas y gasterópodos pequeños ( <i>Succinea</i> )        |
| Zona D  | ↑<br><br>6.150 ± 60 BP<br><br>Clima cálido y húmedo<br><br>↓                                           | 336-346                                                     | Arcillas negras con restos de plantas                                                                           |
|         |                                                                                                        | 346-356                                                     | Arcillas grises oscuras con restos de plantas                                                                   |
|         |                                                                                                        | 356-366                                                     | Turba negra con limos, restos de plantas y gasterópodos pequeños ( <i>Succinea</i> )                            |
|         |                                                                                                        | 366-376                                                     | Arenas limosas grises con oncolitos pequeños                                                                    |
|         |                                                                                                        | 376-396                                                     | Turba negra con limos, restos de plantas y gasterópodos pequeños ( <i>Succinea</i> )                            |
|         |                                                                                                        | 396-455                                                     | Oncolitos pequeños con arcillas negras                                                                          |
| Zona C  | FASE ÁRIDA                                                                                             | 455-475                                                     | Oncolitos pequeños con limos grises oscuros y arenas                                                            |
|         |                                                                                                        | 475-485                                                     | Oncolitos grandes con arenas y limos                                                                            |
|         |                                                                                                        | 485-535                                                     | Oncolitos grandes con arenas, limos y muchos granos de cuarzo. El tamaño de los oncolitos disminuye hacia techo |
|         |                                                                                                        | 535-545                                                     | Turba negra con limos, restos de plantas y gasterópodos pequeños ( <i>Succinea</i> ). Pocos granos de cuarzo    |
|         |                                                                                                        | 545-595                                                     | Arcillas limosas grises oscuras con gasterópodos pequeños ( <i>Succinea</i> ). Granos de cuarzo                 |
| Zona B  | ↑<br>Inicio mejora climática<br>↓                                                                      | 595-605                                                     | Oncolitos pequeños con algunos limos. Muchos granos de cuarzo                                                   |
| 605-625 |                                                                                                        | Oncolitos pequeños casi sin matriz. Muchos granos de cuarzo |                                                                                                                 |
| Zona A  | ↑<br>9.890 ± 180 BP<br>↓<br>Clima continental frío y árido                                             | 625-635                                                     | Oncolitos grandes y pequeños con arcillas grises oscuras y limos. Muchos granos de cuarzo                       |
|         |                                                                                                        | 635-655                                                     | Arcillas limosas negras con granos de cuarzo y algunos gasterópodos pequeños rotos                              |
|         |                                                                                                        | 655-675                                                     | Limos marrones oscuros con gasterópodos ( <i>Theodoxus fluviatilis</i> )                                        |
|         |                                                                                                        | 675-681                                                     | Arenas grises                                                                                                   |

Figura 4. Fases climáticas establecidas mediante la secuencia policlínica de la litología y de los macrorestos de los sedimentos del testigo CC-17  
 Climate phases from pollen sequence and lithology and macrofossils of the sediments from the core CC-17

## 26 Dorado, Valdeolmillos, Ruiz, Gil & Bustamante

### Zona C (580-530 cm). Edad estimada: 9.100 - 8.500 años BP

Caracterizada por la disminución de los principales taxones arbóreos (*Pinus*, *Quercus-p* y *Quercus-c*) y por la gran expansión de la vegetación herbácea, que alcanza valores del 85% debido principalmente al aumento de Asteraceae liguliflorae (Asteraceae-l) y Chenopodiaceae. Se observa un incremento de higrófitos (principalmente Cyperaceae y Apiaceae) mientras que los hidrófitos sólo están representados por *Potamogeton* y bajos valores de *Polygonum*.

### Zona D (530-330 cm). Edad estimada: 8.500 - 5.800 años BP

En esta zona con una datación de  $6.150 \pm 60$  BP a 346-356 cm de profundidad, se observa una recuperación de la vegetación arbórea (valores del 60%) debido al aumento de *Pinus* y al desarrollo de *Quercus-p*, *Quercus-c* y *Olea*. Junto a esta recuperación se observa una mayor diversidad taxonómica. Hacia la parte superior de esta zona *Pinus* comienza a ser un elemento secundario en la vegetación arbórea. Los taxones hidrófitos se desarrollan considerablemente dominando *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Nuphar* y *Nymphaea*, pero en la parte superior, alrededor de los 6.300 años BP, se observa la regresión de estos hidrófitos y la expansión de higrófitos, principalmente *Typha-m*.

El tramo superior de esta zona podría correlacionarse con la zona I del diagrama polínico Castillo de Calatrava (García Antón *et al.*, 1986) que tiene una datación en su base de  $6.240 \pm 190$  BP y se caracteriza por el progresivo retroceso de los valores de *Pinus* y *Quercus-c* mientras que *Quercus-p* es el taxón arbóreo dominante.

### Zona E (330-263 cm). Edad estimada: 5.800-4.500 años BP

La vegetación arbórea (ambos tipos de *Quercus* y *Pinus*) disminuye hasta valores inferiores al 20% mientras que los valores de Cupressaceae, Asteraceae-l y Chenopodiaceae aumentan. En la vegetación acuática aumentan los porcentajes de *Nymphaea* y *Potamogeton*.

### Zona F (263-158 cm). Edad estimada: 4.500-2.500 años BP

Esta zona se inicia con la recuperación de la vegetación arbórea (40-45%) debida al aumento de los valores de *Quercus-p* y más tarde de *Quercus-c*, aunque este último pierde importancia en la vegetación arbórea. También es importante destacar el desarrollo de Ericaceae y de una curva continua de *Olea*. En la parte inferior los hidrófitos sólo están representados por *Potamogeton* y por bajos valores de *Myriophyllum* mientras que en la parte intermedia se produce un incremento de estos dos taxones y de *Nuphar* y *Nymphaea*. En la parte superior de la zona tiene lugar la desaparición de *Myriophyllum*, *Nuphar* y *Nymphaea* en el diagrama.

Podríamos correlacionar esta zona con el tramo comprendido entre los 450 y los 360 cm del diagrama polínico Daimiel II (Menéndez Amor & Florschütz, 1968) que presenta una datación de  $3.190 \pm 70$  BP a 390 cm y en el que la vegetación arbórea constituye aproximadamente el 55% del total de polen y está dominada por *Quercus* (p y c) y, con valores más bajos, por *Pinus*.

### Zona G (158-128 cm). Edad estimada: 2.500-2.000 años BP

Caracterizada por el retroceso de los valores de la vegetación arbórea hasta el 20%. Disminuyen los porcentajes de los tres elementos arbóreos principales (*Quercus-c*, *Quercus-p*, *Pinus*) y de *Olea* y Ericaceae mientras que Cupressaceae y *Artemisia* aumentan. Los hidrófitos sólo están representados por altos valores de *Potamogeton* y bajos porcentajes de Ranunculaceae. Los higrófitos están poco representados y sólo destacan Cyperaceae y bajos valores de *Typha-m* y Apiaceae.

Esta zona podría correlacionarse con la zona II de Castillo de Calatrava (García Antón *et al.*, 1986) en la que se observa una disminución de los valores de polen arbóreo (del 40 al 23%), debido al fuerte descenso de *Quercus-p* y *Quercus-c*, y que los autores sitúan en la base del Subatlántico (2.500 BP aproximadamen-



te), definiendo este momento como una fase de menor humedad y con un cierto enfriamiento. También se puede correlacionar con el tramo comprendido entre los 360 y los 290 cm del diagrama Daimiel II (Menéndez Amor & Florschütz, 1968) en el que se observa una importante disminución de los valores de *Quercus* (p y c) y de *Pinus*, siendo el porcentaje de vegetación arbórea del 25% aproximadamente.

*Zona H (128-75 cm). Edad estimada: 2.000-1.000 años BP*

Se observa la recuperación de la vegetación arbórea hasta valores del 30-35%. Los valores de *Quercus*-p aumentan pero los de *Quercus*-c y *Pinus* no se restablecen. También destacan los altos porcentajes que presentan *Ericaceae* y *Artemisia*. En cuanto a la vegetación acuática sólo *Ranunculaceae* representa a los hidrófitos y se produce un considerable aumento de los porcentajes de *Typha*-m.

Esta zona se puede correlacionar con la parte inferior de la zona III del diagrama polínico de Castillo de Calatrava (García Antón *et al.*, 1986) cuya base tiene una datación de  $1.730 \pm 80$  BP y que se caracteriza por la recuperación de la vegetación arbórea hasta valores del 40% debida, fundamentalmente, al aumento de *Quercus*-p. En el diagrama Daimiel II (Menéndez Amor & Florschütz, 1968), el tramo comprendido entre los 290 cm y los 90 cm podría correlacionarse con esta zona. En este tramo también se observa una recuperación de la vegetación arbórea, debida al aumento de *Quercus*, y un aumento de *Artemisia*.

## 5. Discusión e interpretación de los resultados

La dinámica de la vegetación observada en el diagrama polínico y su correlación con otras secuencias polínicas de la región mediterránea ha permitido establecer una cronología para esta secuencia y distinguir varias fases (Figura 4) en la evolución climática durante el Holoceno en la Cuenca Alta del Guadiana (Ciudad Real).

En primer lugar, entre los 10.400 y los 9.700 años BP (Zona A) la asociación polínica sugiere un clima continental frío y árido. En zonas de alta montaña estos episodios, fríos y áridos, están caracterizados por la disminución de la vegetación arbórea y el aumento de *Artemisia*, *Chenopodiaceae* y *Poaceae* (Van Mourik, 1986; Peñalba, 1989; Van der Knaap & Van Leeuwen, 1991; Ramil, 1993; Pérez i Obiol & Juliá, 1994). Sin embargo, en zonas más bajas (tanto en altitud como en latitud) junto con el aumento de las plantas estépicas, puede observarse un aumento de *Pinus* (Menéndez & Florschütz, 1961; Pons & Reille, 1988) causado por el descenso de su límite altitudinal, debido a que el empeoramiento climático es más severo en zonas de mayor altitud. Esta etapa podría corresponder al Dryas III o Dryas reciente y estaría definida en nuestro diagrama por una asociación polínica constituida por *Pinus*, *Cupressaceae*, *Artemisia* y *Chenopodiaceae*, composición muy similar a la que presenta la zona i del diagrama de Padul 3 —Granada— (Pons & Reille, 1988) y la zona N2PA3 del diagrama de Navarrés 2 —Castellón— (Carrión & Dupré, 1996). En Padul el final del Dryas III está datado en  $10.000 \pm 110$  BP y en Navarrés los autores establecen una edad de 9.800 BP para el final de este episodio. Durante esta fase los sedimentos cambian de arenas a limos (con *Theodoxus fluviatilis*) y más tarde a arcillas negras (con gasterópodos del género *Succinea*), lo que sugiere un descenso progresivo de la energía y de la lámina de agua que da lugar a que los taxones higrófitos sustituyan a los hidrófitos.

A partir del 9.700 BP (Zona B) la expansión de árboles termófilos (*Quercus*-p, *Quercus*-c y *Olea*) junto al descenso de elementos estépicas (*Artemisia* y *Chenopodiaceae*) indican un clima algo más cálido y húmedo característico del inicio del Holoceno. La formación de oncolitos junto con el dominio de taxones hidrófitos parecen indicar la existencia de un medio con aguas permanentes, limpias y oxigenadas, con flujo laminar. Este sistema acuático desarrollado bajo un régimen fluvial permanente podría ser la respuesta a un clima más húmedo que en la etapa anterior.

Alrededor del 9.100 BP y hasta el 8.500 BP, aproximadamente (Zona C), el retroceso de la vegetación arbórea y el incremento de los porcentajes de elementos estépicas (*Artemisia*, *Chenopodiaceae* y *Asteraceae*-l) indican la existencia de una fase árida desde el punto de vista hídrico. En Padul, en las zonas

o y p del diagrama Padul 3, el brusco retroceso de los valores de *Quercus-c* y *Quercus-p* podría responder a la existencia de un episodio más árido posterior a los 9.300 BP y anterior a los 8.200 BP. Asimismo, Valero & Kelts (1997) indican condiciones de balance hídrico más negativo en el Mediterráneo, África occidental, las montañas del Atlas y el sur de España (registros de Padul —Granada— y Salines —Alicante—) durante el Holoceno inferior (aproximadamente hacia el 8.500 BP). En nuestra secuencia, durante esta fase más árida, con un balance hídrico más negativo, la formación de un nivel de turba (con gasterópodos del género *Succinea*) y la expansión de taxones higrófitos (Cyperaceae y Apiaceae) al final de esta etapa sugieren una pérdida de energía en el medio acuático y un descenso de la lámina de agua.

Después de esta fase árida, a partir del 8.500 BP (comienzo de la Zona D), el importante desarrollo de *Quercus-p*, *Quercus-c* y *Olea*, el aumento de los valores de *Pinus* y la mayor diversidad taxonómica indican el establecimiento de un clima cálido y húmedo. Estas condiciones climáticas de mayor humedad también están registradas en el norte de África y Sahara occidental (Street-Perrott & Perrott, 1993) y en el sureste de la Península Ibérica (Pons & Reille, 1988) y se iniciaron antes del 8.000 BP. Los sedimentos son oncolitos en una matriz de arenas y limos grises y la vegetación acuática está constituida principalmente por taxones hidrófitos lo que sugiere un incremento de la lámina de agua y de la energía del medio que da lugar a un sistema con aguas en movimiento, algo más profundas y permanentes (Ordoñez & García del Cura, 1983; Cirujano, 1995).

Hacia el 7.000 BP (parte media de la Zona D) *Pinus* pasa a ser un elemento secundario en la vegetación arbórea debido a que aumenta de nuevo su límite altitudinal y es reemplazado por ambos tipos de *Quercus* en las zonas más bajas. Por otro lado, tal y como indica una de las dataciones realizadas, alrededor de los 6.300 años BP se observa una regresión de los hidrófitos y una expansión de los higrófitos (principalmente *Typha-m*) y los sedimentos son arcillas negras y turba con numerosos restos de plantas y de gasterópodos del género *Succinea*. Todo ello indica un descenso de la lámina de agua.

Hacia el 5.800 BP, aproximadamente, el importante retroceso de la vegetación arbórea (fundamentalmente *Quercus-p* y *Quercus-c*) así como la expansión de Cupressaceae, Asteraceae-l y Chenopodiaceae, indican una nueva fase árida que duraría hasta el 4.500 BP (Zona E). Los sedimentos contienen mayor cantidad de limos pero fundamentalmente siguen siendo arcillas con elevado contenido en materia orgánica y los valores de algunos taxones hidrófitos aumentan. Esto parece indicar un ligero ascenso de la lámina de agua que en principio no sería acorde con la existencia de una fase árida como indica la vegetación terrestre. Valero & Kelts (1997) explican la contradicción entre la existencia de condiciones áridas y el incremento del balance precipitación-evaporación durante el Tardiglaciario con un escenario similar al propuesto por Robert & Wright (1993) para el Cercano Oriente: veranos con temperaturas ligeramente inferiores, alguna precipitación y un incremento importante de la nubosidad; inviernos muy fríos que impiden el crecimiento de los árboles. Este episodio árido y probablemente más frío hacia la mitad del Holoceno se detecta también en el norte de África (Ben Tiba & Reille, 1982; Ritchie, 1984; Ballouche *et al.*, 1986; Lamb *et al.*, 1989), en Padul —Granada— (Pons & Reille, 1988), Salines y Elx —Alicante— (Juliá *et al.*, 1994a, 1994b, 1996) y en las Islas Baleares (Yll *et al.*, 1997; Burjachs *et al.*, 1997).

A partir del 4.500 BP (comienzo Zona F) la asociación polínica indica una mejora climática debida fundamentalmente a una disminución de la aridez, aunque no se recuperan las condiciones de humedad de la etapa anterior al último episodio árido (menores porcentajes de vegetación arbórea, bajos valores de *Quercus-c*). Parece que es a partir de este momento cuando se establece un clima mediterráneo continental seco. Para Street-Perrott & Perrott (1993) el régimen mediterráneo moderno de veranos secos y mayor influencia sahariana comenzó hace unos 4.000 años. El sistema acuático presenta tres fases: en la primera los sedimentos son arcillas grises oscuras poco limosas y dominan los taxones higrófitos (disminución del nivel del agua); en la segunda fase los sedimentos son arcillas limosas grises y dominan los taxones hidrófitos (aumento del nivel del agua); y por último, en la tercera fase los sedimentos son limos negros y desaparecen la mayor parte de los taxones hidrófitos (nuevo descenso del nivel del agua). Estas oscilaciones de la lámina de agua del sistema acuático podrían indicar una mayor variabilidad en los balances precipitación-evaporación.

Entre los 2.500 y los 2.000 BP (Zona G) tiene lugar un brusco retroceso de la vegetación arbórea, tanto en nuestro diagrama como en los diagramas de Castillo de Calatrava (García Antón *et al.*, 1986) y Daimiel II (Menéndez Amor & Florschütz, 1968), y una expansión de Cupressaceae, *Artemisia* y Chenopodiaceae

que podría indicar condiciones climáticas de mayor aridez. Este episodio árido también ha sido detectado en Tigalmine (Atlas Medio de Marruecos) entre los 2.500-2.000 BP (Roberts *et al.*, 1994). Asimismo, en el diagrama de Huelva (Menéndez Amor & Florschütz, 1964), en la zona comprendida entre los 330 y los 290 cm (con una datación a techo de  $2.220 \pm 80$  BP), se observa un importante retroceso de la vegetación arbórea por la caída de los valores de *Quercus*, *Pinus* y *Salix* y que podría ser debido a una fase de mayor aridez, aunque los autores interpretan este retroceso como el resultado de actividad antrópica. En la Cuenca del Ebro (Gutiérrez Elorza & Peña-Monné, 1998) se detecta un incremento gradual de la aridez a partir del 2.500 BP, aproximadamente, después de una etapa de mayor humedad durante la Edad del Hierro. En esta etapa los sedimentos son limos negros con numerosos restos de gasterópodos, lo que podría indicar un sistema acuático con aguas estancadas y eutrofizadas que favorecería la expansión de *Potamogeton* (taxón que presenta alta tolerancia a la turbidez y baja tolerancia a la turbulencia) y podría impedir el desarrollo de otros taxones hidrófitos.

A partir del 2.000 BP (comienzo de la Zona H) la recuperación de la vegetación arbórea parece indicar una disminución de la aridez, pero los bajos valores de *Quercus-c* y, en general, de la vegetación arbórea (no superiores al 35%), muestran una acentuación de la mediterraneidad. Los sedimentos son limos negros y posteriormente fangos carbonatados, cuya precipitación es bio-inducida por formaciones de carófitos. La existencia de estos fangos carbonatados junto con el desarrollo de Ranunculaceae indican un sistema acuático, a partir del 1.400 BP, constituido por aguas someras, estacionales y con elevada concentración de carbonatos.

La actividad antrópica no se detecta claramente en nuestro diagrama polínico. Según los datos históricos, los asentamientos más antiguos en esta zona de la Llanura Manchega y a cuyos habitantes se les atribuye una actividad agrícola y ganadera (Nájera *et al.*, 1979) corresponden a la Edad del Bronce, 1.600-1.400 años a.C. (3.550 - 3.350 BP) (Nájera & Molina, 1977; Molina *et al.* 1983). También hay registro de la existencia de asentamientos agrícolas romanos (Ramos, 1988). En ninguno de los dos casos se detectan en los diagramas de la zona indicios de marcada presión antrópica coincidentes con la existencia de estos asentamientos. Por el contrario, se observa una recuperación de la vegetación arbórea a partir de los 2.000 BP y sólo hay considerables valores de polen de Cerealia en el diagrama de Castillo de Calatrava (García Antón *et al.*, 1986) con bastante posterioridad a los  $1.730 \pm 80$  BP. Por tanto no parece haber correlación entre la actividad antrópica y cambios importantes en la vegetación. Burjachs *et al.* (1997) consideran que la evolución del paisaje en los últimos 10.000 años ha estado más condicionada por microciclos climáticos que por el hombre a excepción de un pasado reciente (150, 1.000, 2.000... años) que se habría de matizar para cada región.

En nuestro caso los resultados obtenidos hasta el momento y su correlación con otros diagramas polínicos nos induce a pensar que la dinámica de la vegetación en esta zona desde el inicio del Holoceno y hasta, aproximadamente, los últimos 1.000 años ha estado más condicionada por el clima que por la presión antrópica.

## 6. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo nos han permitido distinguir ocho fases climáticas durante los últimos 10.400 años BP. De una manera general, la tendencia evolutiva del clima durante el Holoceno en la Cuenca Alta del Guadiana (Ciudad Real) ha sido: clima continental frío y árido, clima cálido y húmedo a partir del 8.500 BP y clima mediterráneo continental seco a partir del 4.500 BP. Dentro de esta tendencia general se han detectado tres fases áridas: entre los 9.100-8.500 BP, 5.800-4.500 BP y 2.500-2.000 BP. Asimismo se observa la tendencia a una progresiva aridez a partir de los 5.800 BP al igual que ocurre en la vertiente mediterránea (Burjachs *et al.*, 1997).

Paralelamente se ha producido un descenso de la lámina de agua del sistema acuático y una disminución progresiva de la energía del medio. Estos hechos han originado la formación de un sistema palustre-lacustre donde los hidrófitos han sido sustituidos por los higrófitos que pueden crecer en un sistema acuático condicionado por una mayor estacionalidad de la lámina de agua y por numerosos años de sequía, como ocurre en la actualidad.

También hay que destacar que existe un desfase entre la respuesta de la vegetación y la respuesta del medio acuático a las variaciones climáticas. Comparando los límites de las fases climáticas establecidas mediante la secuencia polínica con la litología del testigo (Fig.4) se observa que la respuesta del medio acuático a un cambio climático precede a la respuesta de la vegetación. Por ejemplo, en los tránsitos entre las zonas A y B o C y D (tránsito frío/árido hacia cálido/húmedo) el río aumenta su caudal (lámina de agua) antes de que la mejora climática incida en la vegetación. El mismo desfase ocurre en el tránsito desde etapas de mayor humedad a etapas más áridas: la lámina de agua desciende antes de que la aridez incida en la vegetación.

### Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por la Fundación Ramón Areces en el marco del proyecto *Evolución climática en la Submeseta sur durante el Cuaternario: Las Tablas de Daimiel y Las Lagunas de Ruidera*.

### Referencias bibliográficas

- Ballouche, A., Lefèvre, D., Carruesco, C.V., Raynal, J.F. & Texier, J.P.** (1986): Holocene environments of coastal and continental Morocco. En LÓPEZ VERA, F. (ed.). *Quaternary climate in western Mediterranean*. Madrid. Universidad Autónoma, 517-531
- Ben Tiba, B. & Reille, M.** (1982): Recherches pollenanalytiques dans les montagnes de Kroumirie (Tunisie Septentrionale): Premiers résultats. *Ecología Mediterranea*, 4, 7-86
- Burjachs, F., Giralt, S., Roca, J.R., Seret, G. & Julià, R.** (1997): Palinología holocénica y desertización en el Mediterráneo occidental. En IBÁÑEZ, J.J., VALERO GARCÉS, B.L. & MACHADO, C. (eds.). *El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo. Implicaciones en la desertificación*. Logroño. Geoforma Ediciones, 379-394
- Carrión, J.S. & Dupré, M.** (1996): Late Quaternary vegetational history at Navarrés, Eastern Spain. A two core approach. *New Phytol*, 134, 177-191
- Cirujano, S.** (1990): *Flora y vegetación de las Lagunas y humedales de la provincia de Albacete*. Instituto de Estudios Albacetenses, sér I, Ensayos Históricos y Científicos nº 52, 144 p.
- Cirujano, S.** (1995): *Flora y vegetación de las lagunas y humedales de la provincia de Cuenca*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha-CSIC Madrid, 224 p.
- Coûteaux, M.** (1977): A propos de l'interpretation des analyses polliniques de sediments minéraux, principalement archéologiques. En *Le Milieu Végétal, les faunas et l'Homme. Supplément Bulletin A. F. E. Q.*, 47, 25 9-276
- García Antón, M., Morla, C., Ruiz Zapata, B. & Sainz Ollero, H.** (1986): Contribución al conocimiento del paisaje vegetal Holoceno en la Submeseta Sur Ibérica: análisis polínico de sedimentos higroturbosos en el Campo de Calatrava, Ciudad Real, España. En LÓPEZ VERA, F. (ed.). *Quaternary climate in western Mediterranean*. Madrid. Universidad Autónoma, 189-203
- Gutiérrez Elorza, M. & Peña-Monné, J.L.** (1998): Geomorphology and Late Holocene climatic change in Northeastern Spain. *Geomorphology*, 23, 205-217
- Julià, R., Negendank, J.F.W., Seret, G., Brauer, A., Burjachs, F., Endres, CH., Giralt, S., Purés, J.M. & Roca, J. R.** (1994a): Holocene climatic and desertification in Western Mediterranean region. *Terra Nostra*, 1/94, 81-84
- Julià, R., Negendank, J.F.W., Seret, G., Brauer, A., Burjachs, F., Endres, CH., Giralt, S. & Roca, J.R.** (1994b): *Origin and evaluation of desertification in the Mediterranean environment in Spain*. Informe Final del Proyecto EV5VCT91 -0037.
- Julià, R., Negendank, J.F.W., Seret, G., Brauer, A., Burjachs, F., Endres, CH., Giralt, S., Purés, J.M., Roca, J.R. & Wansard, G.** (1996): *Origin and evolution of desertification in the Mediterranean environment in Spain*. Abstracts de «International Conference on Mediterranean Desertification-Research Results and Policy Implications». 29 Octubre-1 Noviembre, 1996. Crete-Hellas.

- Lamb, H.F., Eicher, U. & Switsur, V.R.** (1989): An 18,000-year record of vegetational, Lake level and climatic change from the Middle Atlas, Morocco. *Journal of Biogeography*, 16, 65-74
- Menéndez, J. & Florschütz, F.** (1961): Contribución al conocimiento de la vegetación en España durante el Cuaternario: resultados pollnicos. *Estudios Geológicos*, 17, 83-99
- Menéndez Amor, J. & Florschütz, F.** (1964): Resultados del análisis paleobotánica de una capa de turba en las cercanías de Huelva (Andalucía). *Estudios Geológicos*, 20, 183-186
- Menéndez Amor, J. & Florschütz, F.** (1968): Estudio palinológico de la turbera de Daimiel. En *La Préhistoire. Problemes et tendances*. Paris. CNRS, 291-294
- Molina, F., Carrión, F., Blanco, I., Contreras, F. & López, J.** (1983): La Motilla de las Cañas (Daimiel, Ciudad Real). Campaña de 1983. *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*, 8, 301-324
- Moore, P.D. & Webb, J.A.** (1978): *An illustrated guide to pollen analysis*, 1.<sup>a</sup> Ed. London: Hodder & Stoughton, 131 p.
- MOPU** (1980): *Plan Hidrológico Nacional Avance 80*. Grupo de trabajo regional del Guadiana. Confed. Hidrog. Guad.
- Nájera, T. & Molina, F.** (1977): Edad del Bronce en La Mancha: excavaciones en las Motillas del Azuer y los Palacios (campaña 1974). *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*, 2, 251-300
- Nájera, T., Molina, F., De la Torre, F., Aguado, P. & Sáez, L.** (1979): La Motilla del Azuer (Daimiel, Ciudad Real), campaña de 1976. *Noticiario Arqueológico Hispano*, 6, 19-50
- Niñerola, S., Nguyen, Q., Torrens, J., Batlle, A., & Calvin, J.** (1976): El embalse subterráneo de la Llanura Manchega. *Hidrol. Rec. Hidrau.* Vol.1, 234-253
- Ordóñez, S. & García del Cura, M.A.** (1983): Recent and Tertiary fluvial carbonates in Central Spain. *Spec. Pubis. int. Ass. Sediment.*, 6, 485-497
- Peñalba, M.C.** (1989): *Dynamique de Végétation tardiglaciaire et holoceno du centre-nord de l'Espagne d'après l'analyse pollinique*. Tesis Doctoral. University of Aix-Marseille III. Inédita.
- Pérez González, A.** (1996): Marco Geológico y Geomorfológico. En CIRUJANO, S. & ÁLVAREZ, M. (eds.). *Las Tablas de Daimiel. Ecología Acuática y Sociedad* Madrid. Publicaciones del Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, 31-34
- Pérez i Obiol, R. & Juliá, R.** (1994): Climatic change on the Iberian Peninsula recorded in a 30,000-yr pollen record from Lake Banyoles. *Quaternary Research*, 41, 91-98
- Pons, A. & Reille, M.** (1988): The Holocene and upper Pleistocene pollen record from Padul (Granada, Spain). A new study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 66, 243-263
- Ramil, P.** (1993): Evolución climática e historia de la vegetación durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno en las regiones montañosas del NO Ibérico. En PÉREZ ALBERTI, A., GUTIÁN RIVERA, L. & RAMIL REGO, P. (eds.). *La evolución del paisaje en las montañas del entorno de los Caminos Jacobeos: cambios ambientales y actividad humana*. Xunta de Galicia, 25-60
- Ramos, J.** (1988): Romanización de Castilla-La Mancha. I *Congreso de Historia de Castilla La Mancha*, 4, 53-69
- Ritchie, J.C.** (1984): Analyse pollinique de sédiments holocènes supérieurs des hauts plateaux du Maghreb oriental. *Pollen et Spores*, 26, 489-496
- Roberts, N. & Wright, H.E. Jr.** (1993): Vegetation, Lake-level and climatic history of the Near East and Southwest Asia. En: WRIGHT, H.E. JR., KUTZBACH, J.E., WEBB T. III, RUDDIMAN, W.F., STREET-PERROT, F.A. & BARTLEIN, P.J. (Eds), *Global Climates since the Last Glacial Maximum*, Minneapolis. University of Minnesota Press, 194-220
- Roberts, N., Lamb, H.F., El Hamouti, N. & Barker, P.** (1994): Abrupt Holocene Hydroclimatic events: Palaeolimnological evidence from North-West Africa. En MILLINGTON, A.C. & PYE, K. (eds.). *Environmental Change in Drylands: Biogeographical and Geomorphological perspectives*. John Wiley & Sons, 163-175
- Sánchez, M.J. & del Moral, A.** (1991): El Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. En *Guía de los espacios naturales de Castilla-La Mancha*. Toledo. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, 491-497
- Street-Perrott, A.F. & Perrott, R.A.** (1993): Holocene Vegetation, Lake levels and climate of Africa. En WRIGHT, H.E. JR., KUTZBACH, J.E., WEBB T. III, RUDDIMAN, W.F., STREET-PERROTT, F.A. & BARTLEIN, P.J. (eds.). *Global Climates since the Last Glacial Maximum*. Minneapolis. University of Minnesota Press, 318-356

- Valero Garcés, B.L. & Kelts, K.R.** (1997): Desertificación y cambio global en la Península Ibérica durante el último ciclo glacial a partir de restos lacustres. En IBÁÑEZ, J.J., VALERO GARCÉS, B.L. & MACHADO, C. (eds.). *El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo. Implicaciones en la desertificación*. Logroño. Geoforma Ediciones, 419-437
- Van Mourik, J.M.** (1986): *Pollen profiles of slope deposits in the Galician area (NWSpain)*. Tesis Doctoral. Universiteit van Amsterdam. Nederlandse Geografische Studies, 12, 171 p.
- Van der Knaap, W.O. & Van Leeuwen, J.F.N.** (1991): The vegetation succession since Late Glacial times in the Serra da Estrela, Portugal, studied on the Lake of Charco da Candeeira. En *XVPeat Excursion of the Syst.-Geobot. Institute*. The Netherlands: University of Bern. Laboratory of Paleobotany and Palynology. State University of Utrecht, 123 p.
- Yll, E.I., Pérez-Obiol, R., Pantaleón-Cano, J. & Roure J.M.** (1997): Palynological evidence for climatic change and human activity during the Holocene on Minorca (Balearic Islands). *Quaternary Research*, 48, 339-347.

*Recibido el 13 de Octubre de 1998*

*Aceptado el 10 de Febrero de 1999*