



## TAFONOMÍA POLÍNICA EN LA CUEVA DELARDACHO (ALBACETE, ESPAÑA)

*Pollen taphonomy in Cueva del Ardacho (Albacete, Spain)*

C. Navarro Camacho<sup>(1)</sup>, J.S. Carrión García<sup>(1)</sup> y M. Munuera Giner<sup>(2)</sup>

(1) *Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología,  
Universidad de Murcia, 30100 Campus de Espinardo, Murcia, España.*  
(2) *Departamento de Producción Agraria, ETS de Ingeniería Agronómica,  
Universidad Politécnica de Cartagena, 30203 Cartagena, Murcia, España.*

**Resumen:** Se ha realizado un estudio tafonómico del polen y esporas contenidas en el sedimento superficial de la Cueva del Ardacho (Férez, Albacete). Todos los taxones predominantes en la vegetación local y regional son recolectados en las muestras del interior de la cavidad, observándose una enorme variabilidad en los espectros polínicos recogidos, debido probablemente a la compleja morfología interna de la cueva. A partir de este estudio se constata la enorme complejidad tafonómica que subyace a la definición de un espectro polínico en este tipo de ambiente sedimentario, siendo necesario utilizar toda la información disponible (porcentajes, concentraciones, diversidad) con el fin de establecer un modelo tafonómico que posibilite la identificación de vectores y fuentes adicionales de polen y que permita corregir posibles sesgos y hacer inferencias válidas sobre la composición y grado de cobertura de las comunidades vegetales del entorno.

**Palabras clave:** Paleoecología, Palinología, Tafonomía, Arqueología, Cuevas, SE Ibérico.

**Abstract:** A palynological study of surface sediments from Cueva del Ardacho (Albacete, Spain) is presented. Results confirm that all types occurring in local and regional vegetation are collected in internal samples, although pollen spectra show high spatial variation because of the complexity of cave morphology. It is confirmed the existence of a negative gradient for pollen concentration with increasing distance to the entrance, accompanied with an increase in zoophilous taxa and a decrease in anemophilous taxa. There is great taphonomical complexity in cave sites, being necessary to use all the available information (percentages, pollen concentrations, pollen taxa diversity) to establish a robust taphonomical model which allows making reliable inferences of the vegetation around the site.

**Keywords:** Palaeoecology, Palynology, Taphonomy, Archaeology, Caves, Southeastern Spain.



Navarro, C., Carrión, J. S. y Munuera, M. (2001). Tafonomía polínica en la Cueva del Ardacho (Albacete, España). *Rev. C. & G.*, 15 (1-2), 61-74. © SEG. AEQUA. GEOFORMAEdiciones

### 1. Introducción

La palinología de depósitos de cuevas, debido a la escasez de información tafonómica, ha sido objeto de gran controversia entre los palinólogos que trabajan en depósitos convencionales (Bottema,

1975; Coûteaux, 1977; Turner & Hannon, 1988; Bottema & Woldring, 1994). Otros autores sostienen que los estudios en cuevas pueden proporcionar evidencias sobre las condiciones paleoambientales, siempre que se tengan en cuenta los problemas de preservación y representación polínicas (Leroi-

Gourhan & Renault-Miskovsky, 1977; Bryant & Holloway, 1983; Dupré, 1988; Cattani & Renault-Miskovsky, 1989; Davis, 1990; Horowitz, 1992; Sánchez-Goñi, 1994; Carrión *et al.*, 1999).

Estudios realizados en relación con el ambiente externo de la cueva indican que hay tres tipos principales de transporte y dispersión del polen hacia el interior de la misma: aéreo, acuático y biótico. Algunos de estos medios de transporte son mejor comprendidos que otros. En los últimos años se han publicado varios experimentos utilizando diversos tipos de trampas polínicas para intentar caracterizar la dinámica de la lluvia polínica en el interior de cuevas y abrigos rocosos. Algunos de estos estudios incluyen el uso de filtros Cour (Burjachs, 1988), filtros UFH (Loublier, 1974), trampas Tauber (Burney & Burney, 1993), cajas de Petri (Bui-Thi-Mai, 1974) y portaobjetos impregnados con glicerina (van Campo & Leroi-Gourhan, 1956; Coles & Gilbertson, 1994), y sugieren que se pueden hacer inferencias paleoambientales relativas a la vegetación local y regional.

El transporte biótico parece representar una fuente importante de restos orgánicos en cuevas (Jennings, 1957, 1980). La comparación del polen actual procedente del suelo con polen de excrementos frescos sugiere que el espectro polínico, en algunos tipos de material coprolítico, puede dar un buen reflejo de la vegetación de los alrededores (Scott & Cooremans, 1992; Bousman & Scott, 1994).

Los pólenes y esporas también pueden ser introducidos en la cueva a través de corrientes de agua o por percolación (Damblon, 1974; Bastin, 1979, 1982; Coles, 1988; Coles *et al.*, 1989; Davis, 1990; Davis & Buchmann, 1994). Los espeleotemas son una fuente de información muy valiosa en las cuevas y, en algunos casos, pueden proporcionar información sobre la composición general de la vegetación que había en las cercanías de la cueva en el momento en el que tuvo lugar la formación del espeleotema (Bastin, 1978, 1982; Bastin *et al.*, 1977, 1982; Bastin & Schneider, 1984; Bastin & Gewalt, 1986; Brook *et al.*, 1982, 1987, 1990; Carrión, 1992). Los procesos asociados con estos tres tipos de transporte polínico son de suma importancia pero, en gran medida, resultan desconocidos. Por esta razón, parece que el estudio de sedimentos actuales puede aproximarse mejor a la realidad sedimentaria que el obtenido a partir de

trampas polínicas, ya que en estas últimas, los granos de polen son depositados bajo condiciones artificiales. Se ha realizado un estudio tafonómico de los sedimentos superficiales recogidos en la Cueva del Ardacho (Albacete, España), en el que se comparan dichos espectros con la lluvia polínica del exterior y con la vegetación actual que crece alrededor de la cueva.

## 2. Marco físico y biogeográfico

La Cueva del Ardacho está localizada en el término municipal de Férez, al sur de la provincia de Albacete (38° 20' 30" N, 02° 01' 36" O), no lejos del curso del río Segura, entre los embalses de la Fuensanta y del Cenajo, situándose a una altitud de 825 m. Esta zona se encuentra dentro de la comarca de las sierras de Alcaraz y Segura, perteneciente a la unidad geoestructural bética (Figura 1). Desde el punto de vista biogeográfico, esta comarca se incluye dentro de la Provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega, Subsector Manchego-Murciano (Sánchez-Gómez & Alcaraz, 1993). La cercana estación meteorológica de Elche de la Sierra registra una temperatura media anual de 15,4°C y una precipitación media anual de 286 mm. Todas estas características climáticas hacen que esta zona se corresponda con el piso Mesomediterráneo bajo ombroclima semiárido, dejándose notar, más hacia el norte, el ombroclima seco (Rivas-Martínez, 1987).

La vegetación que aparece en esta zona pertenece a la serie basófila de los encinares meso-supramediterráneos: *Querceto rotundifoliae* (bosques esclerófilos dominados por la encina, *Quercus rotundifolia*). Las copas unidas de las encinas determinan un sotobosque sombrío en el que prosperan arbustos (*Arbutus unedo*, *Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Pistacia terebinthus* y *Jasminum fruticans*), lianas (*Smilax aspera*, *Lonicera implexa*, etc.), herbáceas, por lo general poco abundantes, y un estrato de líquenes y musgos esciófilos. Próximos a los encinares, en las zonas topográficamente desfavorables para la formación de suelos, se instalan originalmente los arbustos propios del matorral: romero (*Rosmarinus officinalis*), jaras (*Cistus* sp. pl.), tomillos (*Thymus* sp. pl.), etc. Dentro de esta zona hay áreas extensas repo-

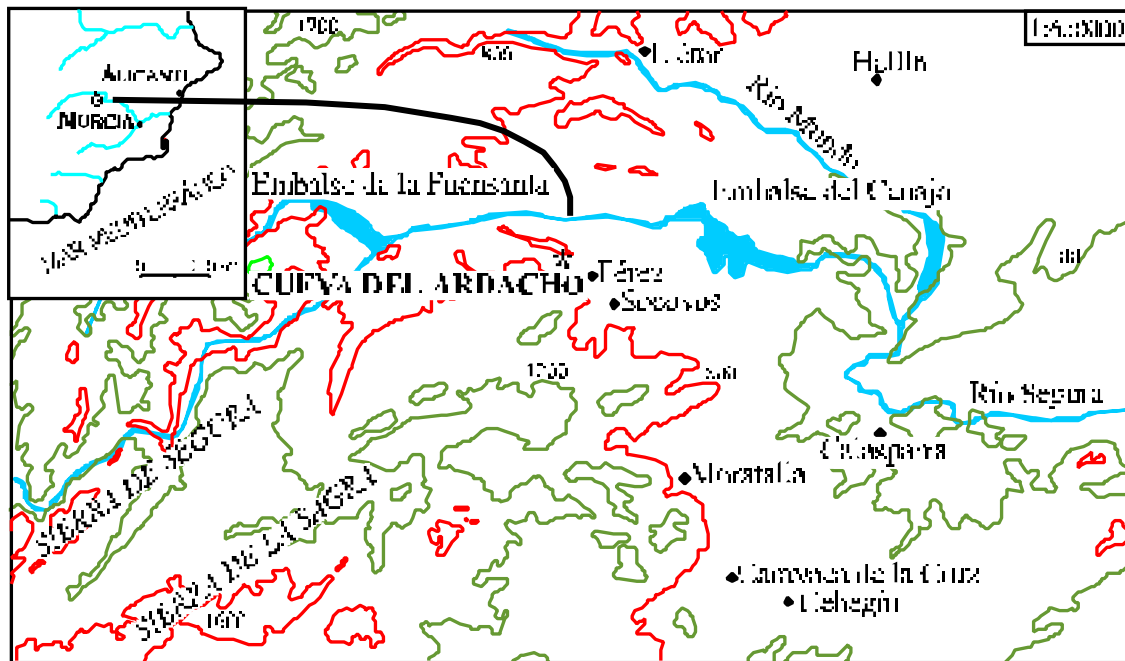


Figura 1. Localización de la Cueva del Ardacho (Férez, Albacete), sudeste de España.  
 Figure 1. Location of Cueva del Ardacho (Férez, Albacete) in southeastern Spain.

bladas con pino carrasco (*Pinus halepensis*) o pino piñonero (*Pinus pinea*). Los cultivos están muy extendidos en la zona.

En los cerros que hay por encima de la cueva encontramos *Juniperus phoenicea*, *J. oxycedrus*, *Pinus halepensis*, *Rhamnus lycioides*, *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, *Stipa tenacissima*, *Fumana thymifolia*, *Helianthemum cinereum*, *Cistus clusii*, *Brachypodium retusum*, *Lithodora fruticosa* y *Genista scorpius*. En el fondo del barranco hay cultivos de secano cerealistas. Si nos desplazamos más hacia el sur, podemos encontrar pinares de *Pinus halepensis* que se hacen cada vez más densos. Apartir de los 400 m de altitud, se mezclan con *Pinus pinaster*. En estos bosques se puede encontrar algún ejemplar de *Quercus rotundifolia* y *Q. coccifera*. También son frecuentes los cultivos de vid, nogales y frutales de regadío. En la ladera y con una orientación a poniente, hay un sabinar de escasa cobertura sobre calizas sueltas, cuyas especies más abundantes son *Juniperus phoenicea*, *J. oxycedrus*, *Rhamnus lycioides*, *Rosmarinus officinalis*, *Satureja obovata*, *Stipa tenacissima*, *Genista scorpius*, *Thymus vulgaris* y *Cistus clusii*.

Aproximándonos a la cueva, a unos 10-25 m de la entrada de la misma encontramos: *Rosmarinus officinalis*, *Rhamnus lycioides*, *Juniperus phoenicea*, *J. oxycedrus*, *Satureja obovata*, *Ballota hirsuta*, *Stipa tenacissima*, *Pinus halepensis*, *Umbilicus horizontalis*, *Asparagus horridus*. Una vez situados en la boca de la cueva, fuera de la línea de goteo, podemos observar la presencia de *Celtis australis*, *Ballota hirsuta*, *Rhamnus lycioides*, *Asparagus acutifolius*, *Teucrium capitatum*, *Eryngium campestre*, *Umbilicus horizontalis*, *Satureja obovata*, *Juniperus phoenicea*, *J. oxycedrus*, *Sedum sedifforme*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris* y *Chaenorrhinum origanifolium*.

### 3. Material y métodos

La cavidad estudiada presenta una entrada izquierda de menores dimensiones (2 x 2m), que se abre a una galería de mayor tamaño (Sala II), la cual se comunica, a través de un pasillo estrecho, con una galería muy pequeña (Sala III) y, a través de un pasillo más amplio, con otra cavidad (Sala I).

Esta última se abre al exterior a través de una boca de mayores dimensiones (1,4 x 4,6 m). La cueva tiene en total una profundidad de treinta metros y presenta una orientación nordeste (Figura 2).

A lo largo de esta cavidad se recolectaron un total de dieciocho muestras de sedimento superficial, diecisiete formadas por sedimento seco, algunas de ellas con restos de excrementos, materia orgánica, restos de tela de araña, y la muestra 13 formada por sedimento húmedo, localizada al fondo de la sala II (Tabla 1). La muestra 5 es la única formada por restos de murciélago. Por último se recolectaron tres muestras de tela de araña (1, 2 y

23), localizadas en zonas próximas a las entradas (Figura 2). Adicionalmente se tomaron siete submuestras externas, dos de ellas de musgo de la zona más cercana a la cueva, y por tanto, representativas de la lluvia polínica local, y cinco de sedimento superficial en un radio de 20 km alrededor de la cavidad para estimar la lluvia polínica regional.

Se procesaron 5-15 g de sedimento por muestra, siguiendo la metodología propuesta por Girard & Renault-Miskovsky (1969). La identificación y recuento de palinomorfos se efectuó tomando como referencia la palinoteca del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Murcia. En este trabajo también se incluyó la identificación de

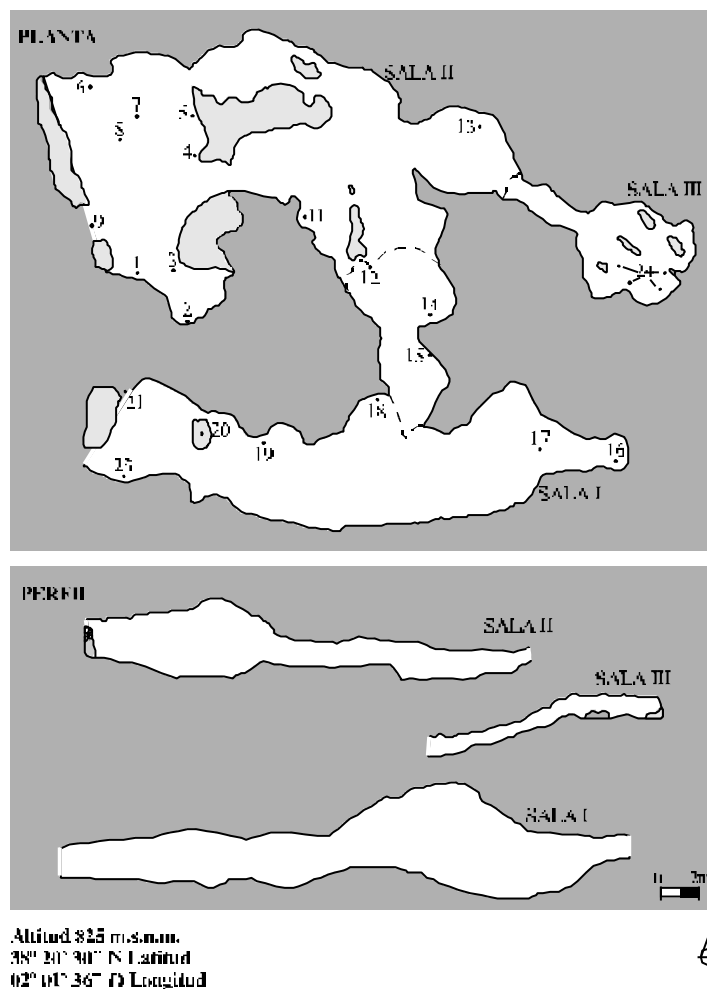


Figura 2. Secciones longitudinal y vertical de la Cueva del Ardacho, mostrando la localización de las muestras polínicas.  
Figure 2. Longitudinal and vertical sections of Cueva del Ardacho with location of pollen samples.

Tabla 1. Muestras recolectadas en la Cueva del Ardacho

| Número de muestra |                          | Tipo de muestra                          |
|-------------------|--------------------------|--|
| Interior          | 4,8,11,16,17,18,19,21,24 | Sedimento seco superficial               |
|                   | 6,12,20                  | Sedimento seco con excremento (*)        |
|                   | 3,6                      | Sedimento seco con materia orgánica (**) |
|                   | 7,14,15                  | Sedimento seco con tela de araña (***)   |
|                   | 13                       | Sedimento húmedo superficial             |
|                   | 5                        | Murcielaguina                            |
|                   | 1,2,23                   | Tela de araña                            |
|                   | Local                    | 10,22                                    |
| Regional          | 25,26,27,28,29           | Sedimento superficial                    |

extra-fósiles, para los cuales se adoptó la terminología propuesta por van Geel (1972, 1976, 1978, 1986), van Geel *et al.* (1981, 1983a, 1983b, 1986, 1989), Pals *et al.* (1980) y Carrión & van Geel (1999).

Los resultados del análisis polínico son presentados en diagramas porcentuales con las muestras ordenadas en función de su distancia a la entrada de la cueva (Figuras 3-7). Estos diagramas han sido elaborados utilizando los programas Tilia y Tilia Graph (Grimm, 1987, 1991). Adicionalmente, se

presenta un diagrama sintético en el que todas las muestras formadas por un mismo tipo de sedimento han sido representadas conjuntamente a través de la media porcentual de las mismas (Figura 8). Los granos de polen que aparecieron rotos o degradados fueron incluidos dentro del tipo “indeterminable”.

Con el fin de comprender la relación entre las diferentes muestras y variables utilizadas en este estudio, así como entre los valores polínicos obtenidos en las muestras del exterior e interior de la

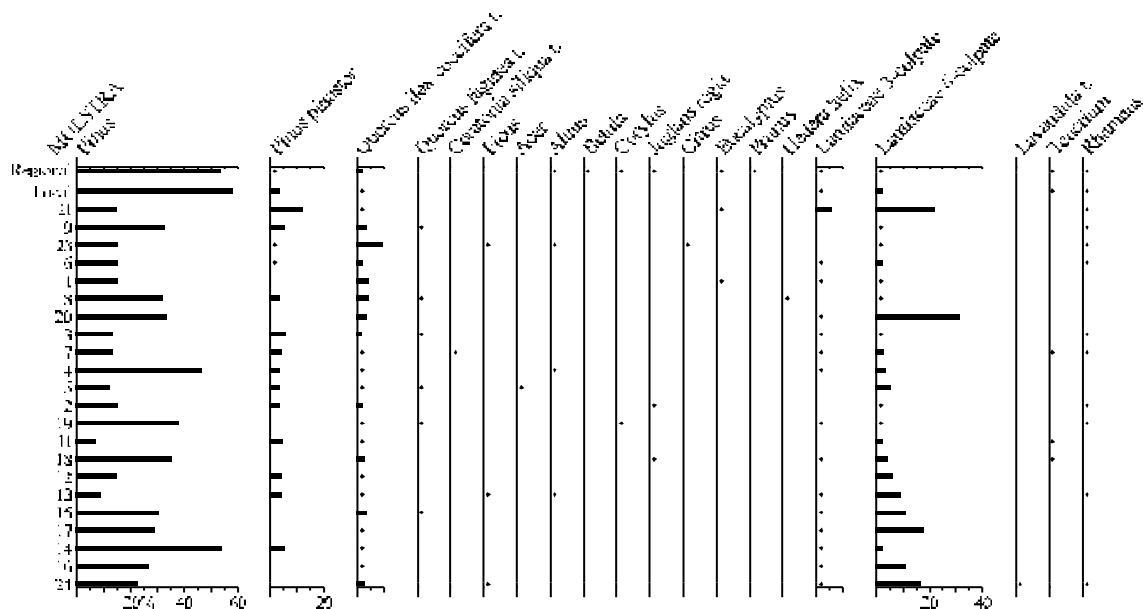


Figura 3. Diagrama polínico porcentual para los taxones arbóreos (AP). Muestras ordenadas en función de la distancia a la entrada de la cueva.  
 Figure 3. Percentage pollen diagram from Cueva del Ardacho. AP(Arboreal pollen). Samples ordered according to distance from the entrance.

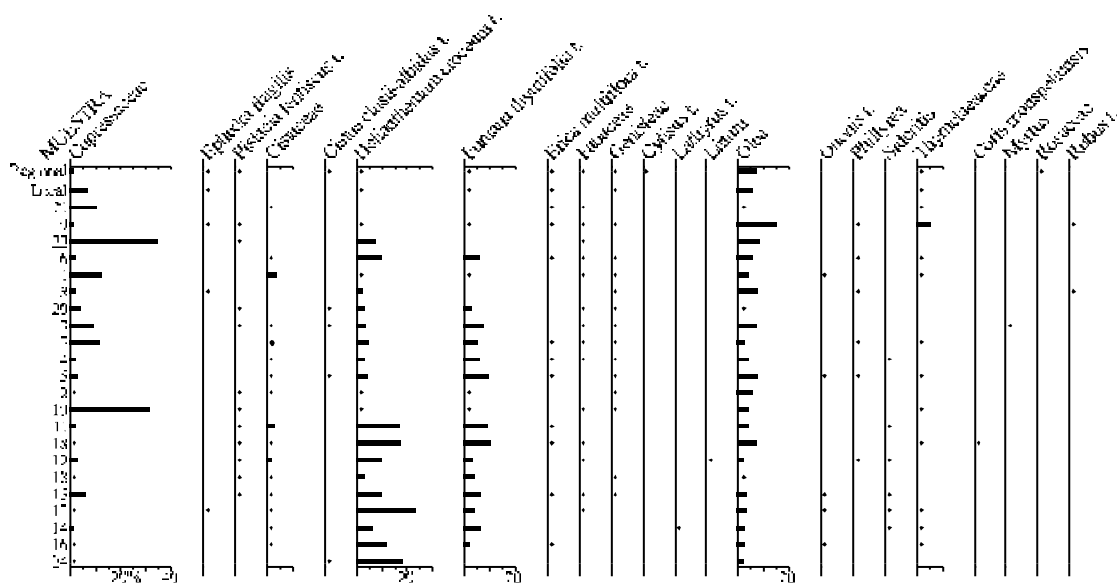


Figura 4. Continuación.  
Figure 4. Continuation.

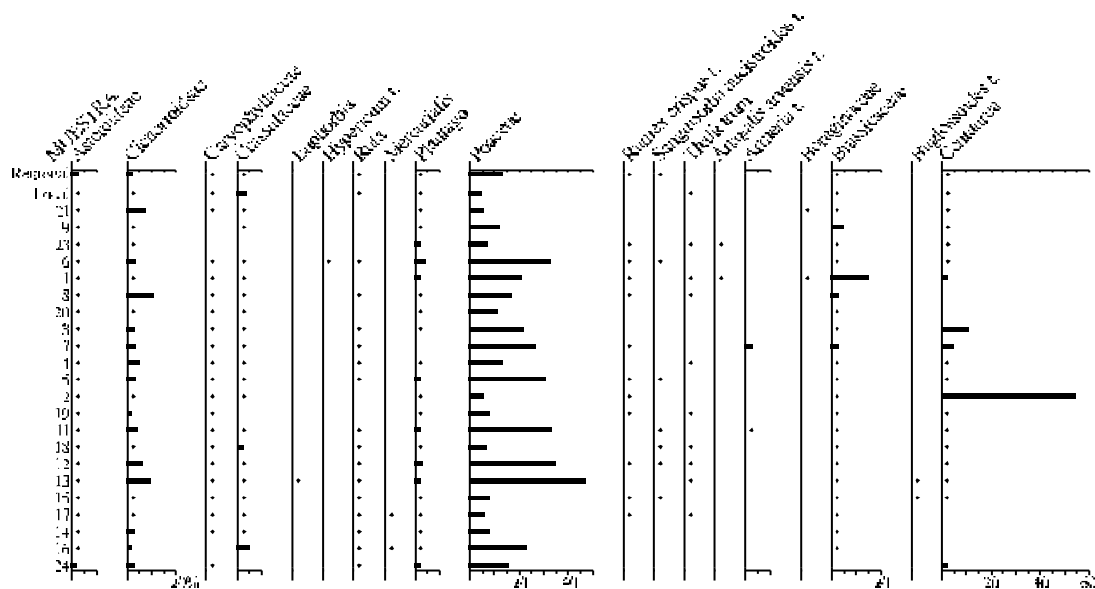


Figura 5. Diagrama polínico porcentual para los taxones herbáceos (NAP).  
Muestras ordenadas en función de la distancia a la entrada de la cueva.  
Figure 5. Percentage pollen diagram from Cueva del Ardacho. NAP(Non arboreal pollen).  
Samples ordered according to distance from the entrance.



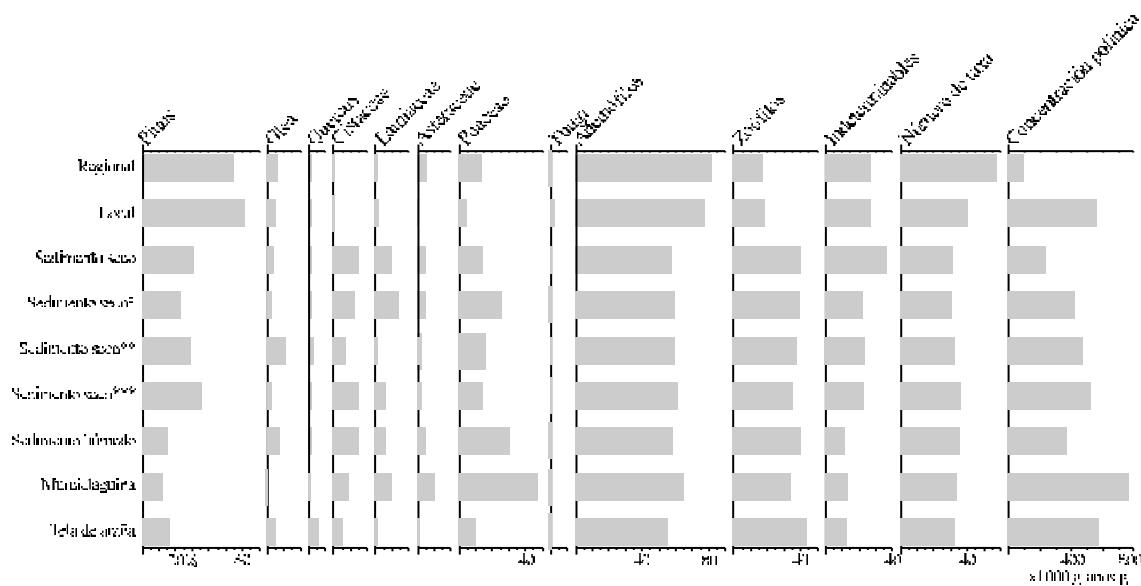


Figura 8. Diagrama polínico sintético de los porcentajes medios para cada tipo de muestras.  
 Figure 8. Summary pollen diagram of mean percentages of each sediment type.

cavidad, se ha realizado un estudio estadístico en el que se incluyeron los siguientes procedimientos: análisis de correlación de Spearman, análisis de componentes principales y estudio de regresión lineal, que contrasta estadísticamente la lluvia polínica del interior con la del exterior a nivel de las muestras. Este modelo refleja la variabilidad de las muestras externas que se explica a partir de los valores registrados en las muestras del interior y responde a la siguiente ecuación:

$$P_{ext} = c + a_1 p_1 + a_2 p_2 + \dots$$

donde  $c$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ , ... son valores constantes estimados automáticamente por el programa a partir de las relaciones encontradas entre los porcentajes polínicos externos e internos.  $P_1$ ,  $P_2$ , ... son los porcentajes polínicos relativos de las muestras del interior de la cavidad, mientras que  $P_{ext}$  representa los porcentajes polínicos externos (tanto locales como regionales), que han sido calculados utilizando el modelo a partir de los porcentajes internos para cada taxón. La bondad del modelo se estima a través del coeficiente de correlación (ExpVar%), que indica la variabilidad de los porcentajes polínicos externos explicada a partir de los porcentajes polí-

nicos en las muestras del interior de la cavidad (Arnold, 1981). Todos estos análisis fueron realizados a través del programa Minitab 2.1.

#### 4. Resultados

Los taxones predominantes son *Pinus* y, en menor medida, Lamiaceae hexacolpate, Cupressaceae, *Helianthemum croceum* type, *Fumana thymifolia* type, *Olea* y Poaceae, todos ellos correspondientes a especies representadas en la vegetación de los alrededores de la cueva. Se han identificado un total de 94 tipos polínicos, encontrándose, por lo general, un excelente estado de preservación de los palinomorfos. *Pinus* presenta un espectro polínico continuo a lo largo de toda la cueva, con unos porcentajes variables que alcanzan valores muy elevados en las muestras 8, 20, 4, 19, 18 y 14 (Figura 3). Se detectó la presencia de *Pinus pinaster* en la mayoría de las muestras del interior de la cavidad. Algunos tipos presentan una variación muy brusca a lo largo de las diferentes muestras, como es el caso de Lamiaceae hexacolpada, Cupressaceae, *Centaurea* y Brassicaceae (Figs. 3-5), sugiriendo un transporte polínico *in situ*.



Cabe destacar el hecho de que los espectros polínicos obtenidos en la Cueva del Ardacho muestran una enorme variabilidad, lo cual puede ser debido a la compleja morfología de la cueva, con varias salas, algunas de ellas muy alargadas y comunicadas por estrechos pasillos, entradas múltiples, etc. En general, hay un predominio de los pólenes correspondientes a especies anemófilas en prácticamente toda la cueva, así como en las muestras exteriores, notándose una disminución hacia el interior (Figura 7). El porcentaje de indeterminables ha sido alto solamente en ciertas muestras ubicadas en la entrada (21 y 8). El número de taxa es bastante homogéneo al igual que elevado (25-41) en todas las muestras analizadas (Figura 7). Las concentraciones polínicas encontradas en las muestras del interior de la cavidad fueron relativamente elevadas, incluso, en ocasiones, superiores a las de las muestras tomadas en el exterior, encontrándose los valores más altos en las muestras de murciela-

guina y tela de araña, y en aquellas muestras localizadas cerca de la entrada de la cueva (7, 3 y 6) (Figuras 7 y 8).

A partir del estudio de las correlaciones de Spearman, se pone de manifiesto un gradiente negativo de concentración hacia el fondo de la cavidad, a partir del coeficiente negativo detectado entre distancia a la entrada y concentración polínica (Tabla 2). Igualmente, se detecta una correlación positiva entre indeterminables y Cichorioideae. El análisis de componentes principales confirma estos resultados, así como la existencia de un gradiente negativo para los pólenes procedentes de especies anemófilas y positivo para los de especies zoófilas. Vemos que las variables que muestran cargas fuertemente negativas para CP1 son zoófilos y distancia a la entrada, mientras que anemófilos presenta cargas altamente positivas para dicho componente (Tabla 3). En la Figura 9 podemos observar que tanto los anemófilos como la muestra 23, localiza-

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Spearman para un grupo de variables de la Cueva del Ardacho (nivel de significación\* = 0,05; \*\* = 0,01)

| <i>Variables</i>                              | <i>Coefficientes</i> |
|---|----------------------|
| Distancia a la entrada-Concentración polínica | -0,405*              |
| Cichorioideae-Indeterminables                 | +0,414*              |

Tabla 3. Valores propios derivados del análisis de componentes principales

|                        |       |            |       |            |       |       |
|------------------------|-------|------------|-------|------------|-------|-------|
| Valor propio           | 2,661 | 2,546      | 1,714 | 1,078      | 0,915 | 0,487 |
| Proporción             | 0,266 | 0,255      | 0,171 | 0,108      | 0,092 | 0,049 |
| Acumuladas             | 0,266 | 0,521      | 0,692 | 0,800      | 0,891 | 0,940 |
| Valor propio           | 0,360 | 0,136      | 0,102 | 0,000      |       |       |
| Proporción             | 0,036 | 0,014      | 0,010 | 0,000      |       |       |
| Acumuladas             | 0,976 | 0,990      | 1,000 | 1,000      |       |       |
| <i>Variable</i>        |       | <i>CP1</i> |       | <i>CP2</i> |       |       |
| Pinus                  |       | -0,034     |       | -0,578     |       |       |
| Poaceae                |       | 0,167      |       | 0,474      |       |       |
| Indeterminables        |       | -0,273     |       | -0,080     |       |       |
| Anemófilos             |       | 0,517      |       | -0,226     |       |       |
| Zoófilos               |       | -0,517     |       | 0,226      |       |       |
| Fungi                  |       | -0,378     |       | -0,003     |       |       |
| Asteraceae             |       | 0,096      |       | 0,209      |       |       |
| Distancia a la entrada |       | -0,358     |       | 0,005      |       |       |
| Número de taxa         |       | -0,069     |       | 0,337      |       |       |
| Concentración polínica |       | 0,278      |       | 0,419      |       |       |

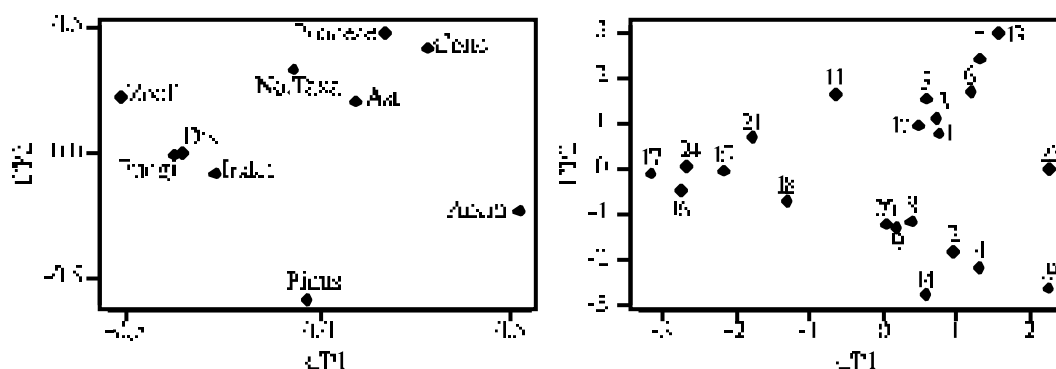


Figura 9. Análisis de componentes principales para variables y muestras de la Cueva del Ardacho.  
 Figure 9. Principal component analysis for variables and samples at Cueva del Ardacho.

da en la boca de la cueva, muestran los valores más elevados para el componente CP1, mientras que distancia a la entrada y zoófilos, junto con las muestras 17, 24 y 16 (ubicadas en la parte más profunda de la cueva) muestran los valores más bajos para CP1. Adicionalmente, se puede apreciar el hecho de que los pólenes indeterminables y las esporas fúngicas se hacen más abundantes hacia el interior de la cavidad, como se puede deducir a partir de los bajos valores de CP1 que presentan dichas variables. Los dos primeros componentes principales suponen un 26,6% y 25,5% para CP1 y CP2 respectivamente, representando una proporción acumulada de 52,1% (Tabla 3). El análisis de regresión

lineal efectuado entre las muestras, refleja un porcentaje de variabilidad de las muestras externas explicada a través de las muestras internas de 99,9% para el caso de la lluvia polínica local y de 99,5% para la regional (Tabla 4). En esta tabla se muestran las ecuaciones obtenidas para cada caso estudiado. Si comparamos los porcentajes resultantes del ajuste de regresión, podemos apreciar la desaparición del sesgo causado en el interior de la cueva por los diferentes tipos de transporte de palinomorfos implicados en la formación de los espectros polínicos, sobre todo en determinados tipos como *Pinus*, *Lamiaceae*, *Helianthemum*, *Poaceae* y *Cichorioideae* (Tabla 5).

Tabla 4. Análisis de regresión entre las muestras de la Cueva del Ardacho (números de muestra en negrita)

|          |                       |   |
|----------|-----------------------|---|
| LOCAL    | Ecuación de regresión | $-0,016+0,05x24-0,025x23+0,09x21+0,09x20+0,38x19-0,08x18-0,49x17+1,02x16-0,29x15+0,25x14-0,6x13+0,02x12+0,06x11+0,06x9+0,06x8-0,05x7-0,03x6+0,024x5+0,55x4-0,16x3+0,2x2-0,02x1$ |
|          | ExpVar (%)            | 99,9  |
| REGIONAL | Ecuación de regresión | $-0,08+0,78x24-0,24x23-0,02x21+0,1x20+0,18x19-0,74x18-0,99x17+0,49x16+0,44x15-0,64x14-1,22x13-0,15x12+0,68x11+0,18x9+0,1x8+0,1x7+0,8x6-0,1x5+1,8x4-0,54x3+0,13x2-0,07x1$        |
|          | ExpVar (%)            | 99,5  |

Tabla 5. Resultados (en porcentajes) del ajuste del análisis de regresión lineal para la lluvia polínica local y regional

| <i>Tipos polínicos</i> | <i>Media Cueva</i> | <i>Local</i> | <i>Ajuste local</i> | <i>Regional</i> | <i>Ajuste regional</i> |
|------------------------|--------------------|--------------|---------------------|-----------------|------------------------|
| Pinus                  | 25,48              | 60,13        | 60,12               | 54,38           | 54,36                  |
| Cupressaceae           | 6,95               | 7,24         | 7,24                | 2,29            | 2,34                   |
| Lamiaceae              | 8,12               | 2,88         | 3,33                | 1,09            | 1,5                    |
| Helianthemum           | 7,55               | 0,33         | 0,37                | 0,51            | 0,59                   |
| Cichorioideae          | 3,90               | 1,27         | 1,41                | 3,02            | 3,49                   |
| Poaceae                | 19,03              | 5,09         | 5,07                | 13,47           | 13,31                  |

**5. Discusión y conclusiones**

El valor interpretativo asignado a la palinología de cuevas en este trabajo se basa en la hipótesis de que los espectros polínicos de cuevas pueden representar la vegetación del entorno. Esto es corroborado a partir de los resultados obtenidos en este estudio y en otros anteriormente publicados (Navarro *et al.*, 2000) donde se pone de manifiesto una buena preservación y diversidad polínicas, así como una excelente representatividad de la vegetación externa, no solo local sino también regional. El número de tipos polínicos y los valores de concentración polínica encontrados en las muestras del interior de la cavidad han sido altos, incluso supera, en algunos casos, a los obtenidos en las muestras del exterior.

Se ha detectado una enorme complejidad de los espectros polínicos recogidos en el interior de la cavidad, lo que pone de manifiesto el hecho de que los fenómenos de distribución espacial de palinomorfos sobre el sedimento superficial, en este tipo de depósitos sedimentarios, están fuertemente influenciados por la morfología de la misma y procesos relacionados con el transporte polínico. Este fenómeno es igualmente perceptible en Cova Beneito (Alicante), donde algunas secciones (5C-3B) presentaron polen relativamente bien preservado mientras que otras (5D-3D) fueron estériles (Figura 10). Por un lado se podría pensar que la filtración cerca de las paredes de la cueva durante un largo período de tiempo, pudo dar lugar a ciclos de hidratación-deshidratación que condujeron a la completa destrucción de todo el cortejo fósil en el corte paleolítico 5D-3D (Carrión & Munuera, 1997).

Al igual que ocurría en las cuevas del Moro (Navarro *et al.*, 2000), se ha detectado una correla-

ción positiva entre los porcentajes de pólenes indeterminables y Cichorioideae, fenómeno que podría estar relacionado con la intervención de los proce-

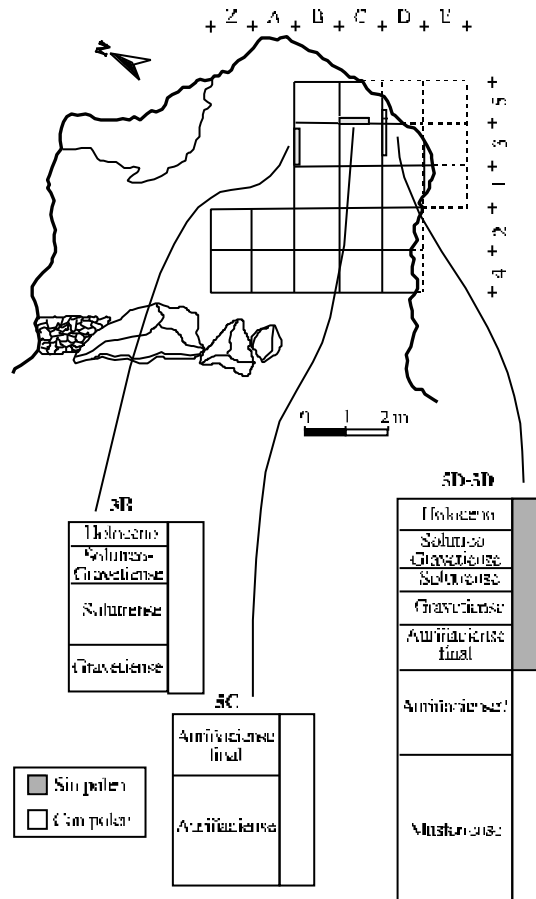


Figura 10. Mapa de excavación en Cova Beneito y localización de las secciones estudiadas (Carrión & Munuera 1997).  
Figure 10. Map of excavation grid in Cova Beneito and location of the sections studied (Carrión & Munuera 1997).

sos de degradación. El problema de la preservación polínica es importante a la hora de estudiar los procesos tafonómicos que afectan al registro polínico. Así, en Cueva Pernerás (Murcia) se comprobó que los sedimentos musterienses presentaban mejor potencialidad analítica que aquellos procedentes de estratos del Paleolítico Superior, en los cuales se detectó un bajo número de taxa, altos porcentajes de indeterminables, coincidiendo también con la presencia de polen de Asteroideae y Cichorioideae (Tabla 6). Quizás los niveles del Paleolítico Superior fueron afectados por una mayor aireación, mientras que el encostramiento presente en los niveles musterienses supuso estabilización del polen (Carrión *et al.*, 1995).

Queda confirmada la existencia de un gradiente negativo de concentración conforme nos adentramos hacia el fondo de la cavidad, como fue sugerido anteriormente por algunos autores (Burney & Burney, 1993). Esta disminución de la concentración va acompañada de un incremento de los pólenes de especies zoófilas, así como por una disminución de los pólenes de especies anemófilas (Coles & Gilbertson, 1994).

El establecimiento de un marco conceptual adecuado para el análisis polínico de sedimentos en cuevas requiere todavía una importante dosis de esfuerzo experimental. A partir de este estudio se constata la enorme complejidad tafonómica que subyace a la definición de un espectro polínico en este tipo de ambiente sedimentario, así como la posibilidad de

determinar *a priori*, en función de los rasgos inherentes al contingente de palinomorfos (preservación, concentración, coherencia ecológica, diversidad del espectro), las propiedades analíticas de los depósitos. Por lo tanto, es de vital importancia utilizar toda la información disponible, con el fin de establecer un modelo tafonómico que posibilite la identificación de vectores y fuentes particulares de polen y que permita corregir posibles sesgos y hacer inferencias válidas sobre la composición y grado de cobertura de las comunidades vegetales del entorno.

### Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Educación y Ciencia (CICYTCL197-0445-C02-01). Queremos agradecer el asesoramiento en la realización de los procedimientos estadísticos a J. Navarro y la ayuda prestada en el trabajo de campo a P. Sánchez-Gómez y E. Coy.

### Referencias bibliográficas

- Arnold, S.F. (1981). *The theory of linear models and multivariate analysis*. Wiley.
- Bastin, B. (1978). L'analyse pollinique des stalagmites: une nouvelle possibilité d'approche des fluctuations climatiques du Quaternaire. *Ann. Soc. Geol. Belg.*, 101, 13-19.
- Bastin, B. (1979). Essai de définition d'une terminologie précise applicable au commentaire des diagrammes polliniques se rapportant au Quaternaire. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 112, 7-12.

Tabla 6. Características arqueológicas, sedimentológicas y polínicas del registro polínico de Cueva Pernerás. Notar las diferencias entre la fiabilidad de las biozonas A y B (Carrión *et al.* 1995)

| Zona polínica | Arqueología                                    | Sedimento                        | Preservación  | Dominancia   |
|---------------|--|----------------------------------|---|--|
| B             | Mezcla de implementos del Paleolítico Superior | Bioturbación<br>Remoción         | Polen degradado<br>Bajo número de taxa<br>Alto %<br>Indeterminables | Cichorioideae<br>Asteroideae<br>Brassicaceae<br><i>Glomus</i>  |
| A             | <i>Musteriense</i>                             | Bien estratificado<br>Encostrado | Bien preservado<br>Alto número de taxa<br>Bajo %<br>indeterminables | <i>Pinus</i><br>Quercus<br>Olea<br>Artemisia<br>Chenopodiaceae |

- Bastin, B. (1982). Premier bilan de l'analyse pollinique de stalagmites holocènes en provenance de grottes belges. *Rev. Belg. Geogr.*, 106 (1), 87-97.
- Bastin, B. & Gewalt, M. (1986). Analyse pollinique et datation  $^{14}\text{C}$  de concrétions stalagmitiques holocènes: apports complémentaires des deux méthodes. *Geogr. Phys. Quatern.*, 40 (2), 185-196.
- Bastin, B. & Schneider, A.M. (1984). Palynologie. *Le Karst belge*. Köln. Geogr. Arb., 45, 87-93.
- Bastin, B., Dupuis, C. & Quinif, Y. (1977). Preliminary results of the application of Quaternary geological methods to speleogenetic studies of a Belgian cave. *Proc. 7th Int. Congr. Speleology, Sheffield*, pp. 24-28.
- Bastin, B., Dupuis, C. & Quinif, Y. (1982). Étude microstratigraphique et palynologique d'une croûte stalagmitique de la Grotte de la Vilaine Source (Arbre, Belgique): méthodologie et résultats. *Rev. Belg. Geogr.*, 106 (1), 109-120.
- Bottema, S. (1975). The interpretation of pollen spectra from prehistoric settlements (with special attention to Liguliflorae). *Palaeohistoria*, 17, 17-35.
- Bottema, S. & Woldring, H. (1994). Bronze Age and Byzantine pollen of the Kestel tin-mine (Turkey) and its possible origin: practical and experimental pollen analysis in archaeological context. En: *Aspects of archaeological palynology: methodology and applications* (O.K. Davis, ed.). AASPContributions Series, 29, 7-15.
- Bousman, C.B. & Scott, L. (1994). Climate or overgrazing? The palynological evidence for vegetation change in the eastern Karoo. *S. Afr. J. Sci.*, 90, 575-578.
- Brook, G.A., Burney, D.A. & Cowart, J.B. (1990). Palaeoenvironmental data for Ituri, Zaire, from sediments in Matupi Cave, Mt. Hoyo. *Virg. Mus. Nat. Hist. Mem.*, 1, 49-70.
- Brook, G.A., Keferl, E.P. & Nickmann, R.J. (1987). Palaeoenvironmental data for NWGeorgia, USA, from fossils in cave speleothems. *Int. J. Speol.*, 16, 69-78.
- Brook, G.A., Swain, P.C. & Wenner, D.B. (1982). A palaeoenvironmental history of northwest Georgia for the last 40,000 years from oxygen isotope and pollen analysis of speleothems in Red Spider Cave. *Geol. Soc. Am. Abstr. with Programs*, 14, 452.
- Bryant, J.V.M. & Holloway, R.G. (1983). The role of palynology in archeology. *Adv. Arch. Met. Theory*, 6, 191-224.
- Bui-Thi-Mai, M. (1974). *Contribution à l'étude du transport et de la sédimentation des pluies polliniques dans un abri sous-roche; L'Abri Vaufrey (Dordogne)*. Tesis, Université de Bordeaux.
- Burjachs, F. (1988). Análisis polínico de los niveles cerámicos de la cova 120 (Alta Garrotxa, Catalunya). En: *Actas del VI Simposio de Palinología* (J. Civis Llovera y M.F. Valle Hernández, eds.), 285-290.
- Burney, D.A. & Burney, L.P. (1993). Modern pollen deposition in cave sites: experimental results from New York State. *New Phytol.*, 124, 523-535.
- Carrión, J.S. (1992). A palaeoecological study in the western Mediterranean area. The Upper Pleistocene pollen record from Cova Beneito (Alicante, Spain). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 92, 1-14.
- Carrión, J.S. & Munuera, M. (1997). Upper Pleistocene palaeoenvironmental change in eastern Spain: new pollen analytical data from Cova Beneito (Alicante). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 128, 287-299.
- Carrión, J.S. & van Geel, B. (1999). Fine-resolution Upper Weichselian and Holocene palynological record from Navarrés (Valencia, Spain) and a discussion about factors of Mediterranean forest succession. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 106, 209-236.
- Carrión, J.S., Dupré, M., Fumanal, M.P. & Montes, R. (1995). A palaeoenvironmental study in semi-arid southeastern Spain: the palynological and sedimentological sequence at Pernerás Cave (Lorca, Murcia). *J. Arch. Sci.*, 22, 355-367.
- Carrión, J.S., Van Geel, B., Munuera, M. & Navarro, C. (1999). Palaeoecological evidence of pollen sequence in eastern Spain challenges existing concepts of vegetation change. *S. Afr. J. Sci.*, 95, 44-46.
- Cattani, L. & Renault-Miskovsky, J. (1989). La réponse des végétations aux variations climatiques quaternaires autour des sites archéologiques du Sud de la France et du Nord-Est de l'Italie. *Il Quaternario*, 2 (2), 147-170.
- Coles, G.M. (1988). *Aspects of the application of palynology to cave deposits in the Magnesian Limestone region of North Nottinghamshire*. Tesis, University of Sheffield.
- Coles, G.M. & Gilbertson, D.D. (1994). The airfall-pollen budget of archaeologically important caves: Creswell Crags, England. *J. Arch. Sci.*, 21, 735-755.
- Coles, G.M., Gilbertson, D.D., Hunt, C.O. & Jenkinson, R.D.S. (1989). Taphonomy and the palynology of cave deposits. *Cave Sci.*, 16 (3), 83-89.
- Coûteaux, M. (1977). A propos de l'interprétation des analyses polliniques de sédiments minéraux, principalement archéologiques. En: *Approche écologique de l'homme fossile* (H. Laville & J. Renault-Mikovsky, eds.). Supplément du *Bull. A.F.E.Q.*, 47, 259-276.
- Damblon, F. (1974). Observations palynologiques dans la grotte de Remouchamps. *Bull. Soc. Roy. Belge Anthropol. Prehist.*, 85, 131-155.
- Davis, O.K. (1990). Caves as sources of biotic remains in arid western North America. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 76, 331-348.
- Davis, O.K. & Buchmann, S.L. (1994). Insect sources of pollen clumps in archaeological sites in southeastern USA: Ground-Nesting Bees and Mites. En: *Aspects of archaeological palynology: methodology and applications* (O.K. Davis, ed.), AASPContributions Series, 29, 63-73.
- Dupré, M. (1988). Palinología y paleoambiente. Nuevos datos españoles. Valencia, España.
- Girard, M. & Renault-Miskovsky, J. (1969). Nouvelles techniques de préparation en palynologie appliquées à trois sédiments du Quaternaire final de l'Abri Corneille (Istres-Bouches-du-Rhône). *Bull. A. F. E. Q.*, 4, 275-284.

- Grimm, E.C. (1987). CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Comput. Geosci.*, 13, 13-35.
- Grimm, E.C. (1991). *TILIA and TILIA\*GRAPH*, Illinois State Museum, Springfield.
- Horowitz, A. (1992). *Palynology of arid lands*. Elsevier, Amsterdam.
- Jennings, J.D. (1957). Danger Cave. *Soc. Am. Archeol. Mem.*, 14, 1-328.
- Jennings, J.D. (1980). "Cowboy Cave". *Univ. Utah. Anthropol. Pap.*, 104, 224.
- Leroi-Gourhan, A. & Renault-Miskovsky, J. (1977). La palynologie appliquée à l'archéologie: méthodes et limites. En: *Approche écologique de l'homme fossile* (H. Laville & J. Renault-Miskovsky, eds.), Supplément du Bull. A.F.E.Q., 47, 35-51.
- Loublier, Y. (1974). *Etude de la sédimentation pollinique actuelle en grotte (site de La Caune de l'Arago, Tautavel, Pyrénées orientales)*. D.E.A. d'Ecologie, Université de Sciences et Techniques du Languedoc.
- Navarro, C., Carrión, J.S., Navarro, J., Munuera, M. & Prieto, A.R. (2000). An experimental approach to the palynology of cave deposits. *J. Quaternary. Sci.*, 15 (6), 603-619.
- Pals, P., Van Geel, B. & Delfos, A. (1980). Palaeoecological studies in the Klokkewell bog near Karspel (prov. of Noord-Holland). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 30, 400-416.
- Rivas-Martínez, S. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España 1: 400.000*. Icona. Serie Técnica.
- Sánchez-Gómez, P. & Alcaraz, F. (1993). *Flora, vegetación y paisaje vegetal de las Sierras de Segura Orientales*. Diputación de Albacete, Albacete.
- Sánchez-Goñi, M.F. (1994). The identification of European Upper Palaeolithic interstadials from cave sequences. *AASP Contributions Series*, 29, 161-182.
- Scott, L. & Cooremans, B. (1992). Pollen in recent *Procapra* (hyrax), *Petromus* (dassie rat) and bird dung in South Africa. *J. Biogeogr.*, 19, 205-215.
- Turner, C. & Hannon, G.E. (1988). Vegetational evidence for late Quaternary climatic changes in southwest Europe in relation to the influence of the North Atlantic Ocean. *Philos. T. Roy. Soc. London*, 318, 451-485.
- van Campo, M. & Leroi-Gourhan, A. (1956). Note préliminaire à l'étude des pollens fossiles de différents niveaux des grottes D'Arcy-sur-Cure. *Bull. Mus. Sco. Prehist. Franc.*, 28, 326-330.
- van Geel, B. (1972). Palynology of a section from the raised peat bog "Wietmarscher Moor" with special reference to fungal remains. *Acta Bot. Neerl.*, 21, 261-284.
- van Geel, B. (1976). Fossil spores of Zygnemataceae in ditches of a prehistoric settlement in Hoogkarspel (The Netherlands). *Rev. Paleobot. Palynol.*, 22, 337-344.
- van Geel, B. (1978). A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and The Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 25, 1-120.
- van Geel, B. (1986). Application of fungal and algal remains and other microfossils in palynological analyses. En: *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology* (B.E. Berglund, ed.), Wiley, Chichester, pp. 497-505.
- 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. *Rev. Paleobot. Palynol.*, 31, 367-448.
- van Geel, B., Bos, J.M. & Pals, J.P. (1983a). Archaeological and palaeoecological aspects of a medieval house terp in a reclaimed raised bog area in North Holland. *Ber. Rijksd. Oudheidk. Bodemonderz.*, 33, 419-444.
- van Geel, B., Coope, G.R. & van Der Hammen, T. (1989). Palaeoecology and stratigraphy of the Lateglacial type section at Usselo (The Netherlands). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 60, 25-129.
- van Geel, B., Hallewas, D.P. & Pals, J.P. (1983b). A Late Holocene deposit under the Westfriesee Zeedijk near Enkhuizen (Province of Noord-Holland, The Netherlands): Palaeoecological and archaeological aspects. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 38, 269-335.
- van Geel, B., Klink, A.G., Pals, J.P. & Wieggers, J. (1986). An upper Eemian lake deposit from Twente, eastern Netherlands. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 46, 31-61.

Recibido el 11 de diciembre de 2000

Aceptado el 12 de marzo de 2001