

SEDIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE PALINOMORFOS EN CUEVAS DEL SE IBÉRICO. IMPLICACIONES EN PALEOECOLOGÍA

C. Navarro(*); **J.S. Carrión(*)**; **M. Munuera(**)** y **A.R. Prieto(***)**

Recibido: 10 noviembre 2000

Aceptado: 9 enero 2001

SUMMARY

Sedimentation and distribution of palynomorphs in cave environment. Paleocological implications.

Pollen from several karstic caves of Mediterranean Spain has been studied in order to understand taphonomic processes affecting cave systems. Results confirm the palaeoecological potential of cave sediments, which show pollen spectra that may reflect external vegetation from both local and regional catchment areas. Pollen distribution, deposition, and preservation are not homogeneous throughout the cave surface, but they are greatly influenced by cave morphology, and stochastic processes. The aridity is a positive factor for pollen preservation, thus enhancing the use of cave deposits as sources of palaeoenvironmental information.

Key words: taphonomy, pollen, palaeoecology, caves, Spain.

RESUMEN

Se ha realizado un análisis polínico del sedimento superficial de varias cavidades kársticas de la España mediterránea con el fin de conocer los procesos tafonómicos que afectan al polen en este contexto sedimentario. Los resultados confirman el potencial paleoecológico de los depósitos de cuevas. Los espectros polínicos reflejan la vegetación que crece en los alrededores de la cueva, así como, parcialmente, la vegetación regional. La distribución, deposición y preservación polínicas no son homogéneas en el interior de las cuevas, estando influenciadas por la morfología de la cueva y diversos

(*) Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, 30100 Campus de Espinardo, Murcia, Spain.

(**) Departamento de Producción Agraria, ETS de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, 30203 Cartagena, Murcia, Spain.

(***) Laboratorio de Paleoecología y Palinología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3250-7600 Mar del Plata, Argentina.

procesos estocásticos. La aridez se confirma como un factor positivo para la preservación polínica y, por tanto, resulta una garantía en estudios de reconstrucción paleoambiental.

Palabras claves: tafonomía, polen, paleoecología, cuevas, España.

INTRODUCCIÓN

La palinología de cuevas es un recurso importante de información paleoecológica, sobre todo en zonas áridas, donde los depósitos convencionales ricos en polen son poco abundantes (CARRIÓN *et al.*, 1999). El estudio palinológico en este tipo de depósitos es, por el momento, poco conocido, estando influenciado por una serie de procesos tafonómicos que difieren, en escala e importancia, de aquellos que afectan a los depósitos lacustres (COLES & GILBERTSON, 1994). Por ello, este método ha sido objeto de numerosas críticas por parte de algunos palinólogos (BOTTEMA, 1975; COÛTEAUX, 1977; TURNER & HANNON, 1988; BOTTEMA & WOLDRING, 1994). Otros autores sostienen, sin embargo, que los estudios de cuevas pueden proporcionar evidencias sobre las condiciones paleoambientales, siempre que se tengan en cuenta los problemas tafonómicos que puedan existir (BRYANT & HOLLOWAY, 1983; DAVIS, 1990; SÁNCHEZ-GOÑI, 1994; CARRIÓN *et al.*, 1999).

Algunos estudios sobre la incorporación de polen en cuevas habían sugerido que este tipo de depósitos puede reflejar la vegetación que crece en los alrededores de forma directamente comparable a la obtenida a partir de los depósitos al aire libre (COLES, 1988; BURNEY & BURNEY, 1993; COLES & GILBERTSON, 1994; PRIETO & CARRIÓN, 1999; NAVARRO *et al.*, 2000). Con el objetivo de contribuir al estudio de los diferentes procesos de transporte, distribución y

preservación del polen y esporas en el interior de cuevas, se ha realizado un análisis polínico del sedimento superficial de varias cavidades kársticas de la España mediterránea, las cuales presentan diferencias de localización, orientación, morfología y tamaño (Fig. 1).



Fig. 1. Localización de las cuevas estudiadas en el sudeste de la Península Ibérica
Location of caves studied in southern Spain

MARCO FÍSICO Y DESCRIPCIÓN DE LAS CUEVAS

1. Cuevas del Moro (Agres, Alicante)

Las cuevas del Moro I y II están localizadas en la Sierra de Mariola, a 843

m.s.n.m. dentro del término municipal de Agres, en la provincia de Alicante (38°46'28" N, 00°31'07" O) (Fig. 2). La temperatura media anual oscila en torno a los 16°C y la precipitación media anual es de 479mm, de acuerdo con los datos procedentes de la estación meteorológica de Alcoy, la más cercana a la ubicación de las cuevas. La vegetación local es un bosque de *Pinus halepensis* con matorral denso de *Ulex parviflorus*, *Juniperus oxycedrus*, *J. phoenicea* y *Rhamnus alaternus*.

Regionalmente domina un bosque de *Quercus rotundifolia*, a menudo con *Quercus faginea*, *Fraxinus ornus*, *Acer granatense* y una alta densidad de lianas y arbustos. El cultivo del olivo está bastante extendido en algunas zonas. Ambas cuevas pertenecen al mismo sistema kárstico y están conectadas a una profundidad aproximada de 60m, con sus entradas distanciadas unos 15m. La Cueva del Moro I presenta una orientación noroeste y consta de dos entradas. La principal, de mayor tamaño (6,3 x 3,8m), se abre a una cámara alargada y estrecha (3,5 x 4 x 31m). La entrada menor (0,2 x 0,5m) da paso a una cámara semejante a la anterior pero mucho más baja (0,5 x 4,5 x 30m). Las dos galerías se unen a una profundidad aproximada de 25m, formando una tercera

galería (1,5 x 5,5 x 24m) que va estrechándose hasta el fondo de la cavidad, a unos 60m de la entrada (Fig. 2). En el caso de la Cueva del Moro II, orientada hacia el este, encontramos una entrada principal (5 x 10,6m) y dos cámaras conectadas a través de tres pasillos estrechos (2,8 x 2,3m; 2,5 x 1,3m; 2,9 x 1,7m), que se abren a la galería principal de base circular (4,6 x 10,5 x 15,6m). La profundidad en este caso es de aproximadamente 20m (Fig. 2) (NAVARRO *et al.*, 2000).

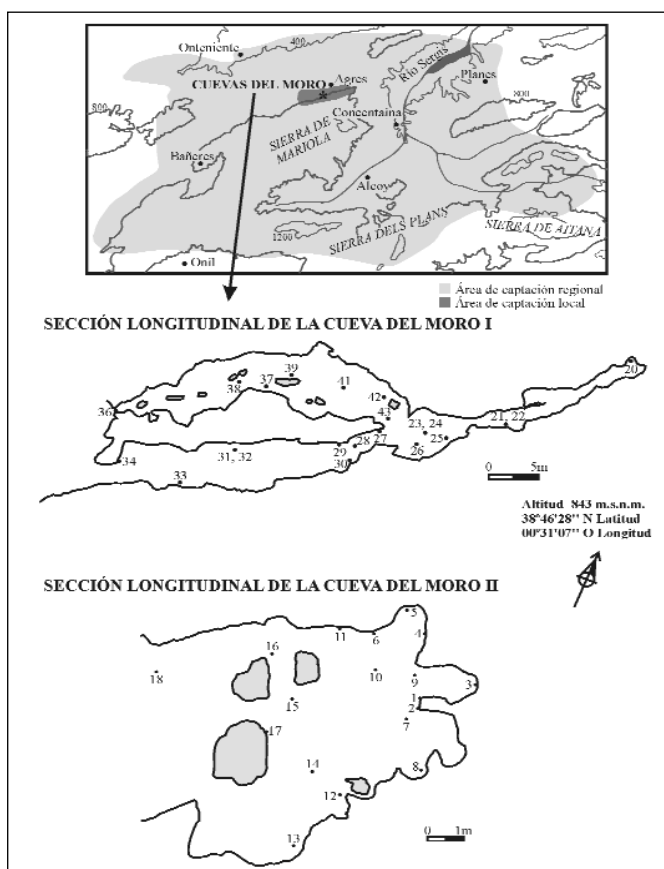


Fig. 2. Localización y sección longitudinal de las Cuevas del Moro (Agres, Alicante) mostrando la ubicación de las muestras polínicas
Location and longitudinal section of Cueva del Moro (Agres, Alicante) with location of pollen samples

2. Cueva de José (Cartagena, Murcia)

La Cueva de José se encuentra ubicada en el Cabezo del Cambrón, en la Sierra de la Muela, dentro del término municipal de Cartagena, perteneciente a la provincia de Murcia ($37^{\circ}35'05''$ N, $01^{\circ}09'08''$ O), a una altitud de 400 m.s.n.m. (Fig. 3). El clima es típicamente mediterráneo, con una temperatura media anual de $15,3^{\circ}\text{C}$ y una precipitación anual de 274mm, registradas en Cartagena, a una altitud de 14m. La vegetación de los alrededores de la cueva es un matorral con *Rhamnus lycioides* subsp. *borgiae* acompañado de *Lavandula dentata*, *Brachypodium retusum*, *Rosmarinus officinalis*, *Bupleurum fruticosum*, *Chamaerops humilis* y *Smilax aspera*. La cueva consiste en una única galería, más o menos isodiamétrica, de unos 17m de profundidad, 4m de alto y 14m de ancho, abriéndose al exterior a través de una entrada circular (5,1 x 4m) con orientación nordeste (Fig. 3).

3. Cueva de la Plata (Mazarrón, Murcia)

La Cueva de la Plata se encuentra emplazada al norte de Isla Plana, en el término municipal de Mazarrón, provincia de Murcia ($37^{\circ}35'22''$ N, $01^{\circ}12'55''$ O), a una altitud de 116 m.s.n.m. (Fig. 4). Los datos

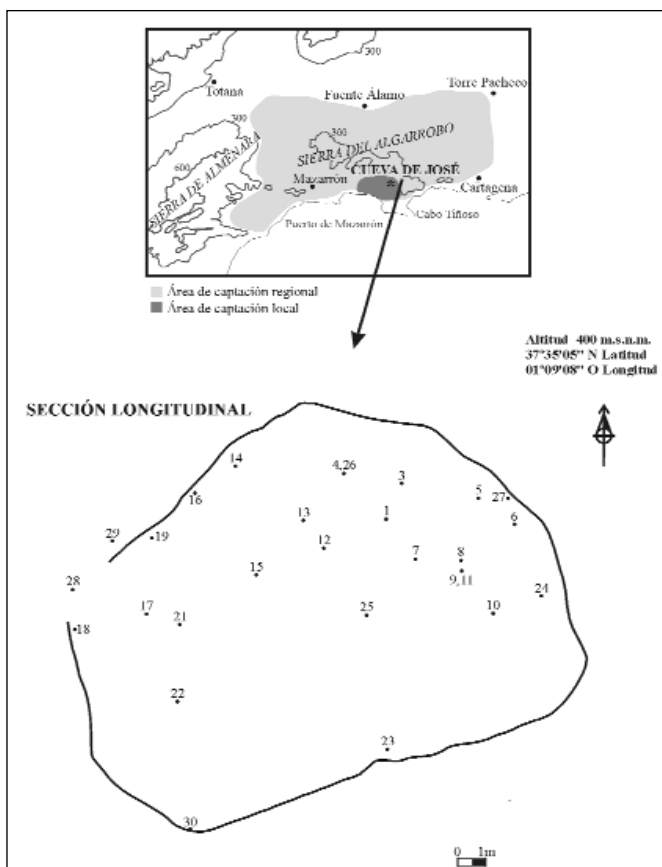


Fig. 3. Localización y sección longitudinal de la Cueva de José (Cartagena, Murcia) mostrando la ubicación de las muestras polínicas
Location and longitudinal section of Cueva de José (Cartagena, Murcia) with location of pollen samples

climáticos obtenidos en la estación meteorológica del Puerto de Mazarrón registran unos valores de temperatura media de 18°C y precipitación anual de 210mm. La vegetación actual es un matorral claro, a veces disperso, de *Periploca angustifolia*, *Osyris quadripartita*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Asparagus albus*, *A. horridus* y *Rhamnus oleoides* subsp. *angustifolia*, acompañado de especies como *Thymus hyemalis*, *Caralluma europaea*, *Limonium insigne*, *Teucrium*

lanigerum y *T. carolipau* entre otros. La cueva presenta una orientación sudoeste y tres entradas, una inferior (0,9 x 1,1m) y dos en la parte superior (una entrada derecha de 1,7 x 1,3m, algo ensanchada hacia dentro, y una entrada izquierda de 1,5 x 1,4m). Todas ellas están conectadas con un pasillo de 2,4 x 1,3m, que se abre a la única galería que presenta la cueva, y se va estrechando hasta alcanzar una profundidad aproximada de 30m (Fig. 4).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se recolectaron muestras del sedimento fino de los dos centímetros superiores del suelo, utilizando para ello una espátula y evitando las áreas con indicios de pisadas o remoción. Adicionalmente, se tomaron otros tipos de muestras como telas de araña, espeleotemas, musgos y excrementos de diferentes animales (Tabla 1). Para el estudio de la lluvia polínica local, se recolectaron y analizaron muestras de musgos y sedimento superficial del área circundante de acuerdo con la metodología propuesta en NAVARRO *et al.* (2000). La misma estrategia se utilizó como control de la lluvia polínica regional, pero en un radio de unos 20 km en torno a la cueva. Todos los muestreos fueron realizados a principios de invierno para limitar el sesgo de la floración local (DUPRÉ, 1988).

Todas las muestras (5-15g) fueron procesadas según el método químico clásico (DIMBLEBY, 1961), con las modificaciones propuestas por GIRARD & RENAULT-MISKOVSKY (1969). Al comienzo de su preparación se añadió a cada muestra un total de 5 pastillas de *Lycopodium clavatum*, para permitir el cálculo de las concentraciones (STOCKMARR, 1972).

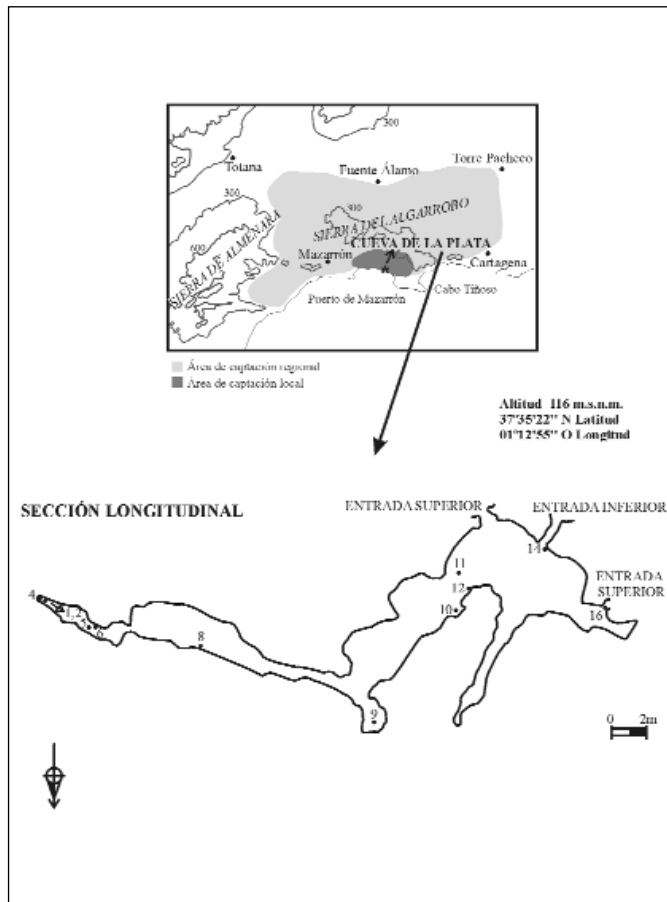


Fig. 4. Localización y sección longitudinal de la Cueva de la Plata (Mazarrón, Murcia) mostrando la ubicación de las muestras polínicas
Location and longitudinal section of Cueva de la Plata (Mazarrón, Murcia) with location of pollen samples

Tabla 1.
Muestras recolectadas en el interior de las cuevas estudiadas
Samples collected from caves studied

	Número de muestra	Tipo de muestra
Cueva del Moro I	20,21,23,28,29,31,33,34,36	Sedimento seco superficial
	37,38,39,42	Sedimento húmedo superficial
	22,24,26,27,30,32,41,43	Espeleotema
	25	Murcielaguina
Cueva del Moro II	1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18	Sedimento seco superficial
	5	Espeleotema
	7	Tela de araña
Cueva de José	7,12,15,16,17,18,19,21,25,26,27	Sedimento seco superficial
	4,6,8,10,22,23,24	Sedimento seco con excrementos (*)
	9,13,28,29,30	Sedimento seco orgánico (**)
	1	Sedimento húmedo superficial
	14	Sedimento húmedo con excrementos (*)
Cueva de la Plata	11	Excremento de pájaro
	1,2,4,8,9,10,14,16	Sedimento seco superficial
	5,6	Sedimento seco con murcielaguina (*)
	12	Musgo
		Espeleotema

La identificación de palinomorfos se efectuó por comparación con las preparaciones de referencia de la palinoteca del Laboratorio de Palinología de la Universidad de Murcia. También se incluyó la identificación y recuento de microfósiles, siguiendo a VAN GEEL *et al.* (1981, 1983a, 1983b, 1986, 1989) y CARRIÓN & VAN GEEL (1999). Los diagramas polínicos han sido confeccionados con ayuda de los programas Tilia 1.12, Tilia Graph 1.18 (GRIMM, 1987, 1991) y Corel Draw 8.0. Los pólenes que aparecieron rotos o degradados fueron incluidos dentro del tipo “indeterminable”. Tanto en los diagramas polínicos como en los posteriores cálculos estadísticos, los tipos polínicos fueron agrupados en función del tipo de polinización de sus plantas productoras, diferenciando dos grupos: A= anemófilos,

Z= zoófilos (Tabla 2). La nomenclatura taxonómica sigue a SÁNCHEZ-GÓMEZ *et al.* (1998).

Adicionalmente, se ha realizado un análisis de correlación de Spearman y un análisis de componentes principales (ACP), con el fin de establecer una comparación entre las distintas variables utilizadas en este estudio. Para contrastar las muestras del exterior con las muestras tomadas en el interior de cada cavidad y conocer qué muestras son las más idóneas para su análisis polínico, se ha aplicado un modelo de regresión lineal con utilización del programa MINITAB 2.1. Finalmente, se ha efectuado una comparación porcentual entre la lluvia polínica externa, la sedimentación polínica en el interior y los valores de cobertura vegetal estimados a partir de tablas fitosociológicas

Tabla 2.
Clasificación de los diferentes tipos polínicos en función del tipo de polinización preferente de sus plantas productoras (Z= zoófilos, A= anemófilos)

Pollen types and adopted classification of main pollination for their producing plant taxa (Z= zoophilous, A= anemophilous)

<i>Allium t.</i>	Z <i>Ephedra nebrodensis</i>	A <i>Pinus pinaster</i>	A
<i>Abus</i>	A <i>Erodium t.</i>	Z <i>Pistacia lentiscus t.</i>	A
<i>Anagallis arvensis t.</i>	Z <i>Eryngium t.</i>	Z <i>Plantago</i>	A
<i>Anchusa azurea t.</i>	Z <i>Euphorbia</i>	Z <i>Plumbaginaceae</i>	Z
<i>Anthyllis t.</i>	Z Fabaceae	Z Poaceae	A
<i>Antirrhinum t.</i>	Z <i>Ficus</i>	Z <i>Polygala</i>	Z
Apiaceae	Z <i>Fraxinus ornus t.</i>	Z <i>Polygonaceae</i>	Z
<i>Arctostaphylos uva-ursi t.</i>	Z <i>Fumana thymifolia t.</i>	Z <i>Polygonum aviculare t.</i>	Z
<i>Arisarum</i>	Z <i>Fumaria</i>	Z <i>Populus</i>	A
<i>Asparagus t.</i>	Z Genisteae	Z Portulacaceae	Z
<i>Asphodelus cerasiferus</i>	Z Geraniaceae	Z Primulaceae	Z
<i>Asphodelus fistulosus</i>	Z <i>Gladiolus t.</i>	Z <i>Prunus</i>	Z
Asteroidaeae	Z <i>Hedera helix</i>	Z <i>Psoralea</i>	Z
<i>Bellis t.</i>	Z <i>Helianthemum croceum t.</i>	Z <i>Quercus faginea t.</i>	A
<i>Betula</i>	A <i>Hypocoum</i>	Z <i>Quercus ilex-coccifera t.</i>	A
<i>Blackstonia perfoliata</i>	Z <i>Hypericum t.</i>	Z Ranunculaceae	Z
Boraginaceae	Z Iridaceae	Z <i>Reseda</i>	Z
Brassicaceae	Z <i>Juglans</i>	A <i>Rhamnus</i>	A
<i>Buglossoides t.</i>	Z <i>Juncus</i>	A Rosaceae	Z
<i>Bupleurum</i>	Z Lamiaceae 3-colpate	Z Rubiaceae	Z
<i>Calicotome</i>	Z Lamiaceae 6-colpate	Z <i>Rubus t.</i>	Z
<i>Campanula</i>	Z <i>Lathyrus t.</i>	Z <i>Rumex crispus t.</i>	A
<i>Capparis spinosa</i>	Z <i>Lavandula t.</i>	Z <i>Ruta</i>	Z
Caryophyllaceae	Z Liliaceae	Z <i>Salix</i>	Z
<i>Castanea</i>	A <i>Linum</i>	Z <i>Sambucus t.</i>	Z
<i>Casuarina</i>	A <i>Lithodora</i>	Z <i>Sanguisorba ancistroides</i>	A
<i>Cedrus</i>	A <i>Lotus t.</i>	Z <i>Sarcocapnos</i>	Z
<i>Centaurea</i>	Z <i>Lycium</i>	Z <i>Scabiosa t.</i>	Z
<i>Centaureum t.</i>	Z <i>Lygeum</i>	A <i>Schinus molle</i>	Z
<i>Centranthus t.</i>	Z <i>Lysimachia t.</i>	Z Scrophulariaceae	Z
<i>Cephalantera</i>	Z Malvaceae	Z <i>Sideritis</i>	Z
<i>Cerantonia siliqua t.</i>	Z <i>Marrubium</i>	Z <i>Smilax</i>	Z
Cerealia	A <i>Maytenus</i>	Z Solanaceae	Z
<i>Chaenorrhinum t.</i>	Z <i>Medicago hispida t.</i>	Z <i>Solanum</i>	Z
<i>Chamaerops humilis</i>	A <i>Mercurialis</i>	A <i>Spergula arvensis</i>	Z
Chenopodiaceae	A <i>Myosotis t.</i>	Z <i>Tamarix</i>	Z
Cichorioideae	Z <i>Myrtus</i>	Z <i>Taxus</i>	A
Cistaceae	Z <i>Neatostema t.</i>	Z <i>Thalictrum</i>	Z
<i>Cistus t.</i>	Z <i>Nerium oleander</i>	Z Thymelaeaceae	Z
<i>Cistus clusii-albidus t.</i>	Z <i>Nicotiana</i>	Z <i>Trifolium t.</i>	Z
<i>Cistus salviifolius t.</i>	Z <i>Nonea t.</i>	Z <i>Typha angustifolia</i>	A
<i>Convolvulus</i>	Z <i>Olea</i>	A <i>Ulex parviflorus t.</i>	Z
<i>Coris monspeliensis</i>	Z <i>Ononis t.</i>	Z <i>Ulmus</i>	A
<i>Coronilla t.</i>	Z <i>Opuntia</i>	Z Urticaceae	A
<i>Corylus</i>	A Orchidaceae	Z <i>Valeriana</i>	Z
Crassulaceae	Z <i>Osyris</i>	Z <i>Valerianella</i>	Z
Cupressaceae	A <i>Oxalis</i>	Z <i>Verbascum t.</i>	Z
Cyperaceae	A <i>Papaver</i>	Z <i>Viburnum tinus t.</i>	Z
<i>Digitalis</i>	Z <i>Parietaria t.</i>	A <i>Viola</i>	Z
Dipsacaceae	Z <i>Paronychia t.</i>	Z <i>Withania</i>	Z
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	Z <i>Periploca</i>	Z <i>Xanthium</i>	A
<i>Ecballium</i>	Z <i>Phillyrea</i>	Z <i>Zygophyllum</i>	Z
<i>Ephedra fragilis</i>	A <i>Pinus</i>	A	

de las áreas de estudio (COSTA *et al.*, 1982; PERIS, 1983; DE LA TORRE, 1988, 1991; STÜBING *et al.*, 1989 para las cuevas del Moro I y II; ALCARAZ & GARRE, 1987; ALCARAZ & DE LA TORRE, 1988; ALCARAZ *et al.*, 1989, 1991 para la Cueva de José y la Cueva de la Plata). Somos conscientes de la subjetividad en el muestreo fitosociológico. Sin embargo, no existe otra información disponible sobre la cobertura vegetal o sobre la abundancia de las especies implicadas.

RESULTADOS

Cueva del Moro I

Se estudiaron trece muestras de sedimento superficial del interior de la cavidad, una de murcielaguina y ocho de espeleotemas. Se identificaron 70 tipos polínicos. Las muestras ubicadas en la entrada (36 y 34), presentan los porcentajes más elevados de *Pinus* (25 y 75%

respectivamente) (Fig. 5). Se aprecia una variación porcentual brusca en algunos taxones de gran importancia paleoecológica como es el caso de *Quercus* y *Olea*. Las muestras de sedimento húmedo presentan espectros dominados por Asteraceae (principalmente Cichorioideae), esporas fúngicas y pólenes indeterminables. Las muestras de espeleotema presentan porcentajes elevados de Cichorioideae y *Olea*, mientras que los principales taxones en la muestra de murcielaguina son *Olea*, Poaceae y Asteraceae. El número de tipos polínicos es elevado, aunque puede ser inferior a 25 en las muestras de sedimento húmedo y espeleotemas (Tabla 3). La concentración polínica varía en la misma entrada, desde 71241 granos/g en la muestra 36 hasta 126414 granos/g en la muestra 34, siendo mayor de 100000 granos/g sólo en el caso de las

Tabla 3.
Número de taxa y concentración polínica en la Cueva del Moro I
Pollen diversity and total pollen concentration at Cueva del Moro I

Muestras	Número de taxa	Concentración (granos/g)
Sedimento seco	20	36
	21	36
	23	25
	28	40
	29	35
	31	31
	33	34
	34	27
	36	40
Sedimento húmedo	37	18
	38	13
	39	17
	42	18
	43	18
Espeleotema	22	17
	24	21
	26	27
	27	21
	30	32
	32	29
	41	16
	43	23
	44	23
Murcielaguina	25	35
Local	18	18
Regional	20	20

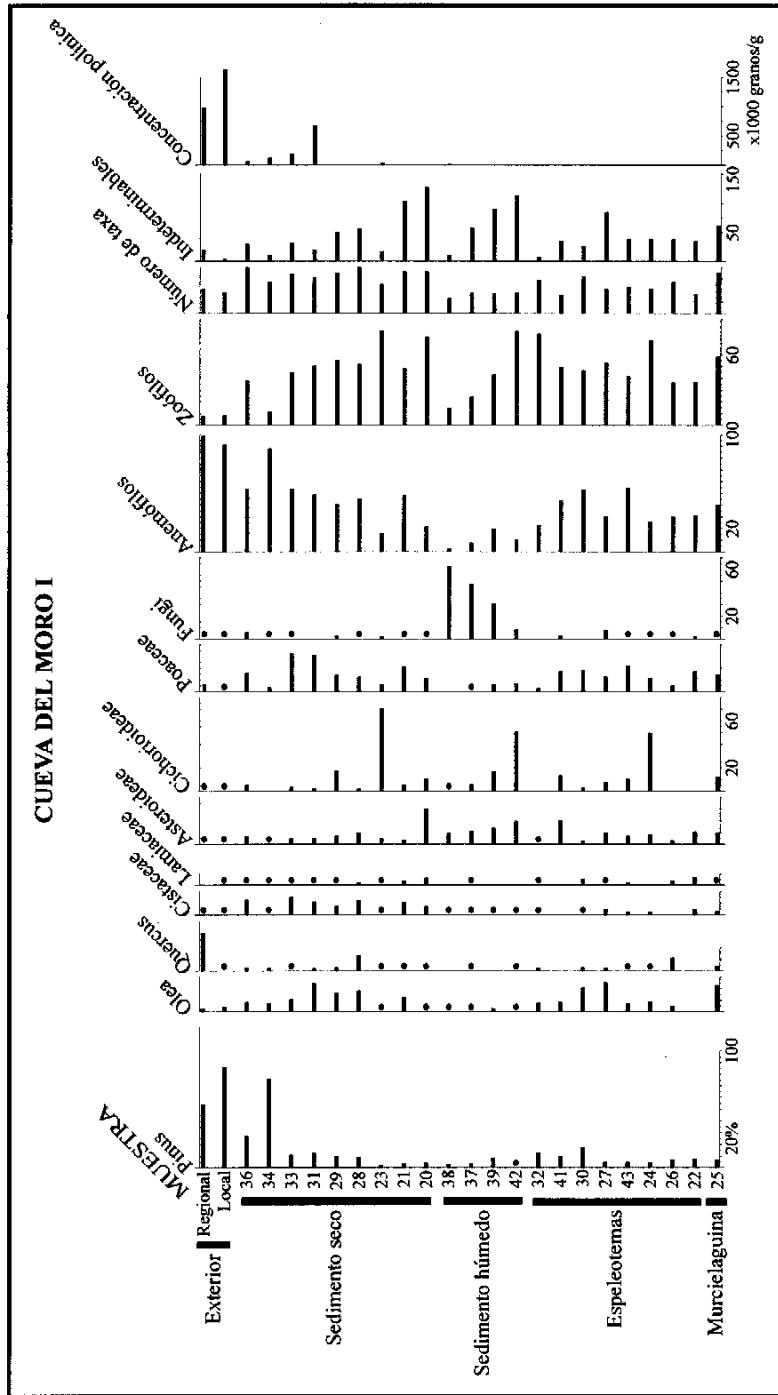


Fig. 5. Diagrama polínico porcentual de la Cueva del Moro I
Percentage pollen diagram from Cueva del Moro I

muestras 31 y 33 (Tabla 3). La concentración polínica encontrada en las muestras de sedimento húmedo y, sobre todo de espeleotema, es comparativamente más baja.

En general, predominan los pólenes correspondientes a especies anemófilas en las muestras de la entrada de la cueva (alcanzando casi el 100%) mientras que los de especies zoófilas adquieren mayor importancia hacia el fondo (Fig. 5). Ésto es corroborado por el análisis de correlación, a través de un coeficiente positivo entre los pólenes de especies zoófilas y la distancia a la entrada, y negativo para los de especies anemófilas y la concentración polínica (Tabla 4). Acompañando a esta disminución de la concentración, se detecta un incremento del porcentaje de rotos o degradados, lo que parece sugerir que los procesos de degradación se hacen más intensos hacia el fondo de la cavidad, probablemente debido a los ciclos de hidratación-deshidratación causantes de la destrucción de los palinomorfos (DAVIS, 1990). La correlación positiva detectada entre los indeterminables y la distancia a la entrada apoya esta hipótesis.

En el análisis de componentes principales, CP1 está fuertemente influenciado por la distancia a la entrada, presentando cargas positivas para los anemófilos y la concentración polínica, y negativas para la distancia a la entrada, indeterminables, zoófilos, Asteraceae y esporas fúngicas (Tabla 5). Este modelo de variación también se observa cuando representamos las muestras (Fig. 6). Así, la 34, localizada en la entrada, muestra los valores más altos para CP1 y los más bajos para CP2 (al igual que *Pinus* y anemófilos), mientras que la muestra 20 (la más profunda) y las variables distancia a la entrada, zoófilos, indeterminables y Asteraceae presentan los valores más bajos para CP1 y los más altos para CP2.

Cueva del Moro II

Se tomaron dieciséis muestras de sedimento superficial, una de espeleotema y una de tela de araña de las paredes de la entrada principal. Se han identificado 97 tipos polínicos. El espectro polínico muestra una gran homogeneidad, siendo dominantes *Pinus*, *Quercus*, *Olea*, Cistaceae y Poaceae

Tabla 4.
Coefficientes de correlación de Spearman para un grupo de variables de la Cueva del Moro I (nivel de significación* = 0,05; ** = 0,01)
Spearman correlation coefficients for a set of variables from Cueva del Moro I (level of significance* = 0.05; ** = 0.01)

Variables	Coefficientes
Distancia a la entrada-Anemófilos	-0,401*
Distancia a la entrada-Zoófilos	+0,521**
Distancia a la entrada- <i>Pinus</i>	-0,552**
Distancia a la entrada-Concentración polínica	-0,385*
Distancia a la entrada-Indeterminables	+0,558**
Cichorioideae-Indeterminables	+0,493**

Tabla 5.
Valores propios derivados del análisis de componentes principales
en la Cueva del Moro I

Eigen-values from principal component analysis at Cueva del Moro I

Valor propio	4,526	2,019	1,226	0,673	0,651	0,476
Proporción	0,453	0,202	0,123	0,067	0,065	0,048
Acumuladas	0,453	0,654	0,777	0,844	0,909	0,957
Valor propio	0,296	0,090	0,043	0,000		
Proporción	0,030	0,009	0,004	0,000		
Acumuladas	0,987	0,996	1,000	1,000		

Variable	CP1	CP2
<i>Pinus</i>	0,290	-0,502
Poaceae	0,223	0,475
Indeterminables	-0,302	0,045
Anemófilos	0,447	-0,097
Zoófilos	-0,447	0,097
Fungi	-0,228	-0,421
Asteraceae	-0,417	-0,096
Distancia a la entrada	-0,209	0,461
Número de taxa	0,262	0,296
Concentración polínica	0,194	0,118

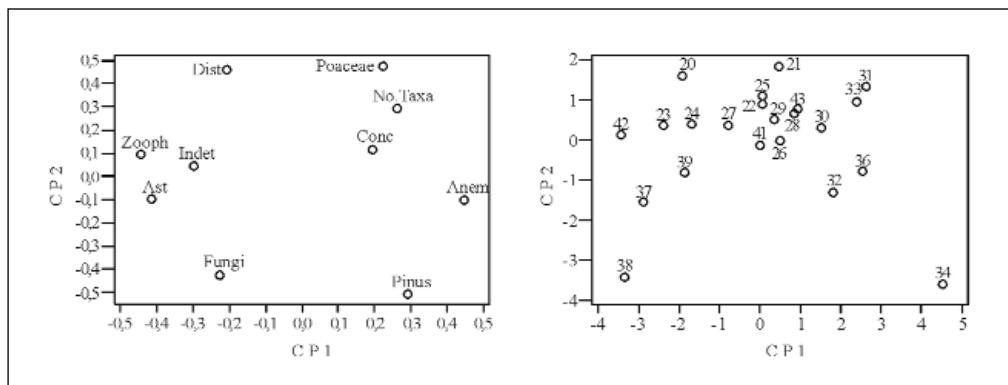


Fig. 6. ACP para variables y muestras de la Cueva del Moro I
PCA, factor scores for variables and samples at Cueva del Moro I

(Fig. 7). Las muestras ubicadas en la boca de la cueva (16 y 18) tienen espectros polínicos semejantes a las muestras externas (tanto locales como regionales), mientras que en el resto de muestras analizadas los espectros presentan una mayor variación sobre todo en determinados taxones como *Quercus* o Poaceae. El porcentaje de indeterminables es elevado en el caso de las muestras 7, 2 y 8, donde alcanza valores superiores al 50% (excluidos de la suma polínica total). El número de tipos polínicos es elevado (27-47), mostrando una baja variabilidad entre las

diferentes muestras del interior (Tabla 6). Lo contrario ocurre en el caso de la concentración polínica, cuyos valores varían enormemente a lo largo de la cavidad, desde 1515 granos/g en la muestra 5 hasta 1554631 granos/g en la muestra 4. La muestra de tela de araña (17) presenta una concentración polínica elevada comparada con algunas muestras de sedimento y sobre todo con la de espeleotema (5), que presenta la menor concentración de todas, al igual que ocurría en la Cueva del Moro I (Tabla 6).

En las muestras recogidas tanto en el

Tabla 6.
Número de taxa y concentración polínica en la Cueva del Moro II
Pollen diversity and total pollen concentration at Cueva del Moro II

Muestras	Número de taxa	Concentración (granos/g)
1	47	95781
2	39	43806
3	36	206384
4	54	1554631
6	42	34152
7	40	24773
8	35	28109
Sedimento seco	9	262429
	10	805903
	11	506172
	12	495300
	13	1008333
	14	750500
	15	861787
	16	147221
	18	381830
Espeleotema	5	1515
Tela de araña	17	794287
Local	-	774308
Regional	-	767262

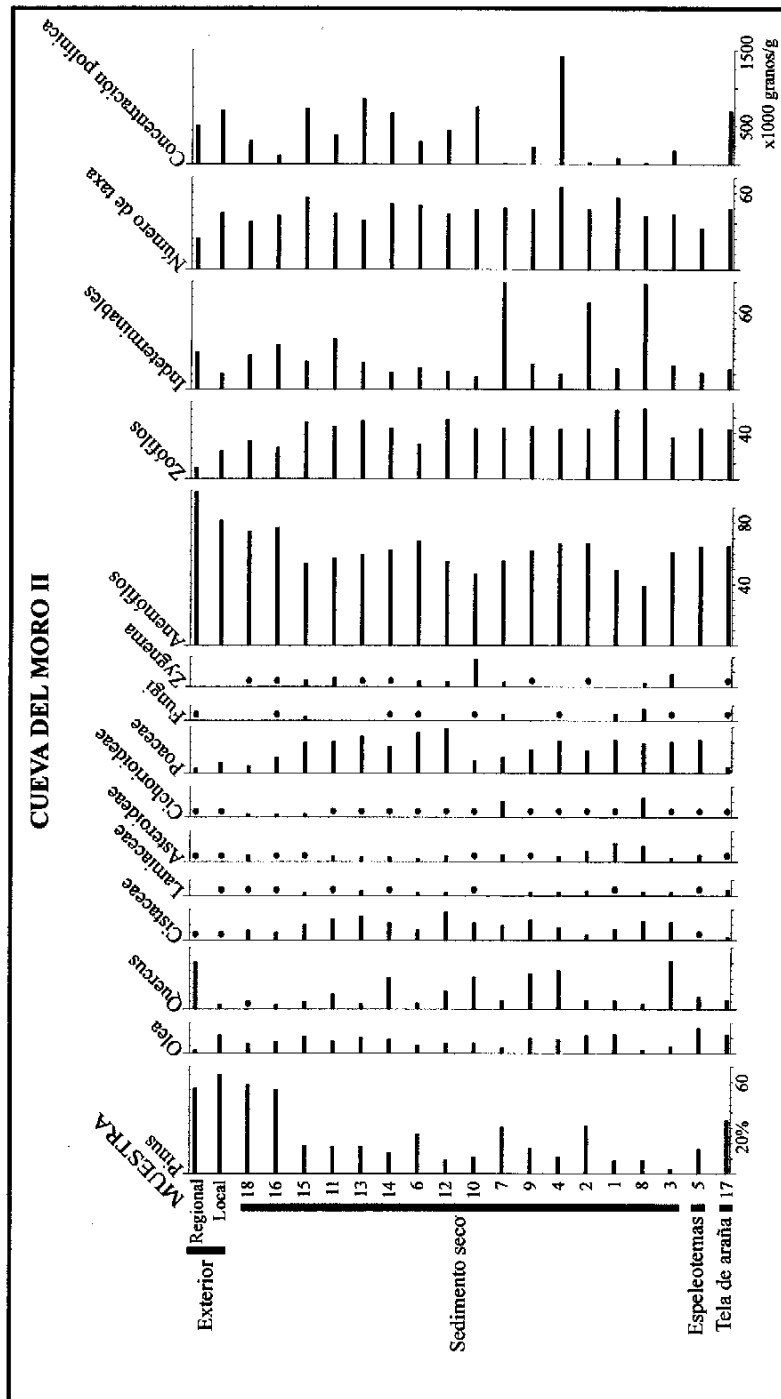


Fig. 7. Diagrama polínico porcentual de la Cueva del Moro II
 Percentage pollen diagram from Cueva del Moro II

interior como en el exterior de la cueva, se aprecia una dominancia de los pólenes correspondientes a especies anemófilas, los cuales se hacen menos abundantes hacia el fondo de la cavidad, al contrario de lo que ocurre con los de especies zoófilas (Fig. 7). Esto es confirmado por los coeficientes de correlación, donde no sólo se ponen de manifiesto estos gradientes sino también, y al igual que ocurría en la Cueva del Moro I, se detecta una disminución de la concentración polínica con el incremento de la distancia al fondo de la cueva (Tabla 7). En

el análisis de componentes principales, CP1 muestra cargas negativas para la distancia a la entrada, indeterminables, zoófilos, Asteraceae y esporas fúngicas (Tabla 8). La concentración polínica, *Pinus* y los anemófilos, muestran cargas positivas para CP1. Estos resultados parecen reflejar que dicho componente está estrechamente relacionado con la distancia a la entrada de la cueva, ya que las muestras de la zona más profunda de la cueva (1, 7 y 8) presentan los valores más bajos de CP1 (Fig. 8).

Tabla 7.
Coefficientes de correlación de Spearman para un grupo de variables de la Cueva del Moro II (nivel de significación* = 0,05; ** = 0,01)
Spearman correlation coefficients for a set of variables from Cueva del Moro II (level of significance * = 0.05; ** = 0.01)

Variables	Coefficientes
Distancia a la entrada-Anemófilos	-0,425*
Distancia a la entrada-Zoófilos	+0,417*
Distancia a la entrada- <i>Pinus</i>	-0,715**
Distancia a la entrada-Concentración polínica	-0,506*
Cichorioideae-Indeterminables	+0,525

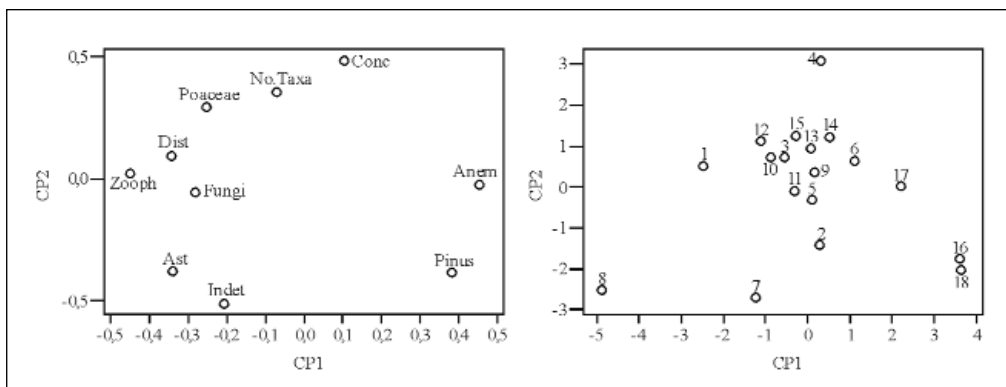


Fig- 8. ACP para variables y muestras de la Cueva del Moro II
 PCA, factor scores for variables and samples at Cueva del Moro II

Tabla 8.
Valores propios derivados del análisis de componentes principales
en la Cueva del Moro II
Eigen-values from principal component analysis at Cueva del Moro II

Valor propio	3,951	2,322	1,274	8,846	0,722	0,444
Proporción	0,395	0,232	0,127	0,085	0,072	0,044
Acumuladas	0,395	0,627	0,755	0,839	0,912	0,956
Valor propio	0,299	0,115	0,027	0,000		
Proporción	0,030	0,011	0,003	0,000		
Acumuladas	0,986	0,997	1,000	1,000		
Variable			CP1		CP2	
Pinus			0,380		-0,382	
Poaceae			-0,255		0,293	
Indeterminables			-0,211		-0,506	
Anemófilos			0,454		-0,024	
Zoófilos			-0,454		0,024	
Fungi			-0,284		-0,054	
Asteraceae			-0,342		-0,374	
Distancia a la entrada			-0,346		0,096	
Número de taxa			-0,072		0,355	
Concentración polínica			0,104		0,483	

Cueva de José

Se recolectaron veintiséis muestras de sedimento superficial distribuidas a lo largo de la única galería que constituye esta cueva. Se han identificado 127 tipos polínicos, entre los cuales, se pueden apreciar casi todos aquellos que forman parte de la vegetación local y regional. Este elevado número de taxones es un carácter indicador de una buena preservación polínica (PRIETO & CARRIÓN, 1999). La presencia ocasional de esporas de Zygnemataceae, sobre todo en la muestra 1, sugiere un transporte acuático por infiltración (Fig. 9). Los porcentajes de Cichorioideae aumentan en las muestras de sedimento

húmedo (1 y 14). El número de taxones en la mayoría de las muestras es bastante elevado (35-77), al igual que ocurre con las concentraciones polínicas, especialmente altas en la muestra 17 (1116044 granos/g) y en la muestra 27 (955824 granos/g) (Tabla 9). Ambas consisten en sedimento seco, la primera de ellas localizada en la boca de la cueva, y la segunda al fondo (Fig. 3).

En las muestras externas se detecta un predominio de los pólenes correspondientes a especies anemófilas, mientras que en las muestras internas son las especies zoófilas las que dominan el espectro, especialmente en aquellas ubicadas en la entrada. Las

Tabla 9.
Número de taxa y concentración polínica en la Cueva de José
Pollen diversity and total pollen concentration at Cueva de José

Muestras		Número de taxa (granos/g)	Concentración
	7	37	326414
	12	41	124208
	15	39	149546
	16	51	396317
	17	35	1116044
Sedimento seco	18	40	246310
	19	44	344780
	21	43	33156
	25	39	427743
	26	46	195789
	27	41	955824
	4	36	234648
	6	50	274728
	8	51	118535
Sedimento seco con excrementos	10	45	224281
	22	40	304175
	23	46	100304
	24	35	296796
	9	52	141574
	13	42	292503
Sedimento seco orgánico	28	77	286151
	29	38	373476
	30	40	42154
Sedimento húmedo	1	39	119099
Sedimento húmedo con excrementos	14	30	145009
Excremento de pájaro	11	56	74651
Local	-	45	141316
Regional	-	52	145156

correlaciones confirman este fenómeno (Tabla 10), así como los resultados del ACP, en el cual la distancia a la entrada tiene una gran influencia sobre todo en CP2 (Tabla 11). Dicho componente muestra cargas positivas para la distancia a la entrada y los

anemófilos, y negativa para los zoófilos. Cuando representamos las muestras, los valores más elevados de CP2 corresponden a aquellas localizadas en el fondo de la cavidad (24, 6 y 27), y los más bajos a las de la entrada (21, 17, 29 y 28) (Fig. 10).

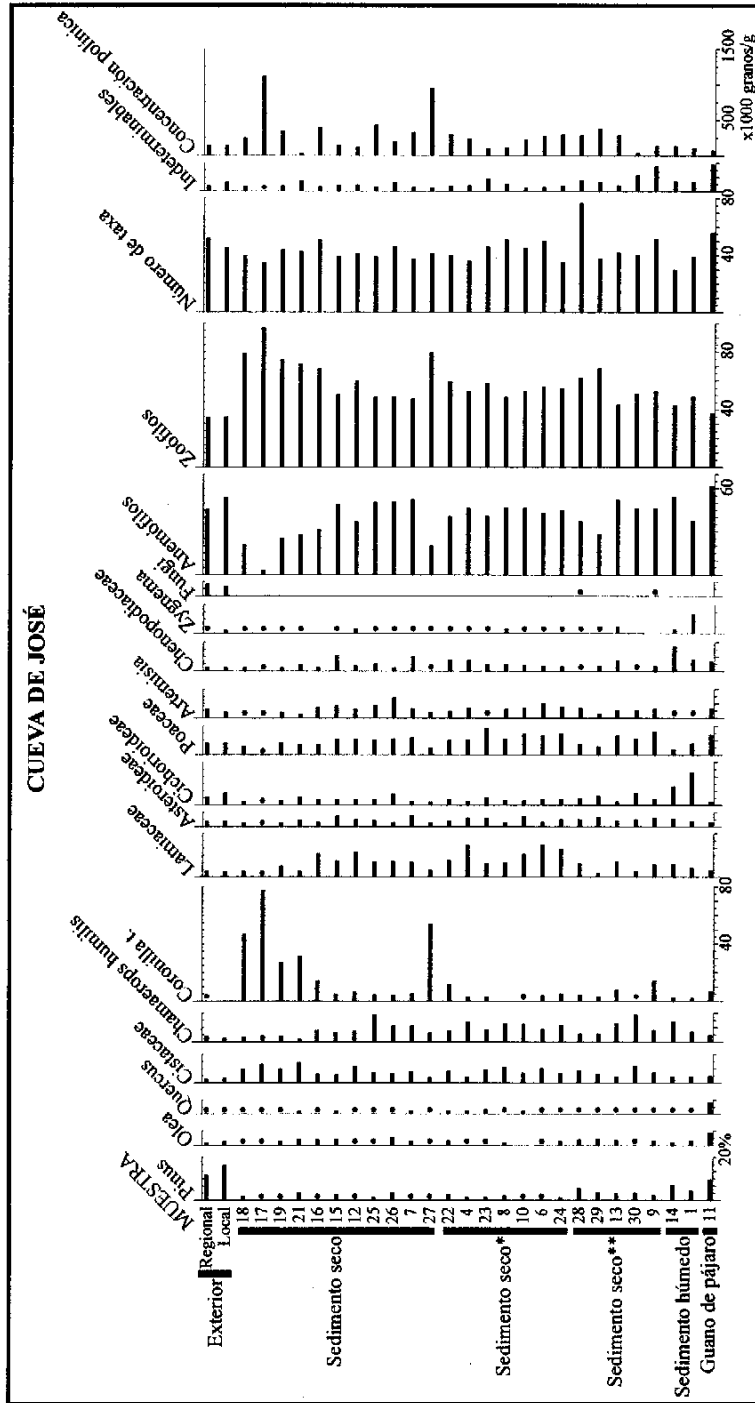


Fig. 9. Diagrama polínico porcentual de la Cueva de José
Percentage pollen diagram from Cueva de José

Tabla 10.
Coefficientes de correlación de Spearman para un grupo de variables de la Cueva de José (nivel de significación* = 0,05; ** = 0,01)
Spearman correlation coefficients for a set of variables from Cueva de José (level of significance * = 0.05; ** = 0.01)

Variables	Coefficientes
Distancia a la entrada-Anemófilos	+0,387*
Distancia a la entrada-Zoófilos	-0,397*
Distancia a la entrada-Poaceae	+0,65**
Cichorioideae-Concentración polínica	-0,409*

Tabla 11.
Valores propios derivados del análisis de componentes principales en la Cueva de José
Eigen-values from principal component analysis at Cueva de José

Valor propio	4,068	2,052	1,351	0,956	0,583	0,446
Proporción	0,407	0,205	0,135	0,096	0,058	0,045
Acumuladas	0,407	0,612	0,747	0,843	0,901	0,946
Valor propio	0,263	0,187	0,092	0,000		
Proporción	0,026	0,019	0,009	0,000		
Acumuladas	0,972	0,991	1,000	1,000		
Variable	CP1		CP2			
<i>Pinus</i>	0,319		-0,421			
Poaceae	0,287		0,407			
Indeterminables	0,385		-0,219			
Anemófilos	0,403		0,263			
Zoófilos	-0,403		-0,263			
Fungi	0,405		-0,225			
Asteraceae	0,139		-0,275			
Distancia a la entrada	0,240		0,496			
Número de taxa	0,120		-0,097			
Concentración polínica	-0,295		0,299			

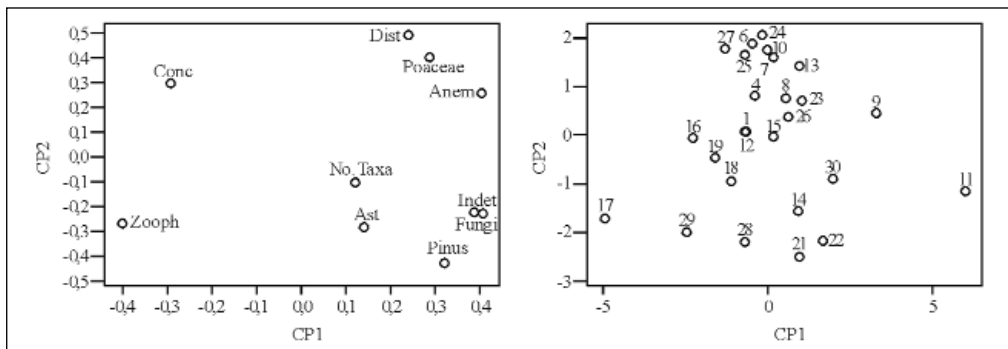


Fig. 10. ACP para variables y muestras de la Cueva de José
 PCA, factor scores for variables and samples at Cueva de José

Cueva de la Plata

Se recolectaron doce muestras de superficie, una de musgo y una de espeleotema. 118 tipos polínicos fueron identificados. El diagrama polínico muestra la dominancia de *Pinus*, Cistaceae, Lamiaceae y *Olea* (Fig. 11). Cabe destacar el elevado porcentaje de pólenes de especies zoófilas en la muestra de espeleotema (12), al igual que el elevado número de taxones y la alta concentración polínica. Quizá esto esté relacionado con su ubicación próxima a la entrada ya que, normalmente, este tipo de muestras presentan espectros polínicos muy pobres (BASTIN, 1979; SCOTT & BONNEFILE, 1986; BROOK *et al.*, 1990; CARRIÓN, 1992a; BURNEY & BURNEY, 1993; SCOTT, 1995). Al contrario de lo que ocurría en la Cueva de

José, las esporas fúngicas son muy abundantes en el interior de la cavidad. El número de taxones es, en todas las muestras, bastante elevado (34-64) al igual que la concentración polínica, oscilando desde 17997 granos/g en la muestra 8, hasta valores superiores a los encontrados en las muestras exteriores, como los de las muestras 4 (434880 granos/g), 12 (353276 granos/g) y 1 (301219 granos/g) (Tabla 12).

Se puede apreciar un gradiente positivo hacia el interior de la cavidad para *Olea* y Lamiaceae y negativo para *Pinus*, hecho confirmado en el análisis de correlación (Tabla 13). Igualmente, se detecta la existencia de un gradiente negativo de concentración polínica hacia el interior de la cavidad, acompañado de un progresivo

Tabla 12.
Número de taxa y concentración polínica en la Cueva de la Plata
Pollen diversity and total pollen concentration at Cueva de la Plata

Muestras	Número de taxa	Concentración (granos/g)
	16	94478
	14	23514
	10	172381
	9	78687
Sedimento seco	8	17997
	1	301219
	2	202663
	4	434880
Sedimento seco con murcielaguina	6	101519
	5	66180
Musgo	11	20563
Espeleotema	12	353276
Local	-	112959
Regional	-	117113

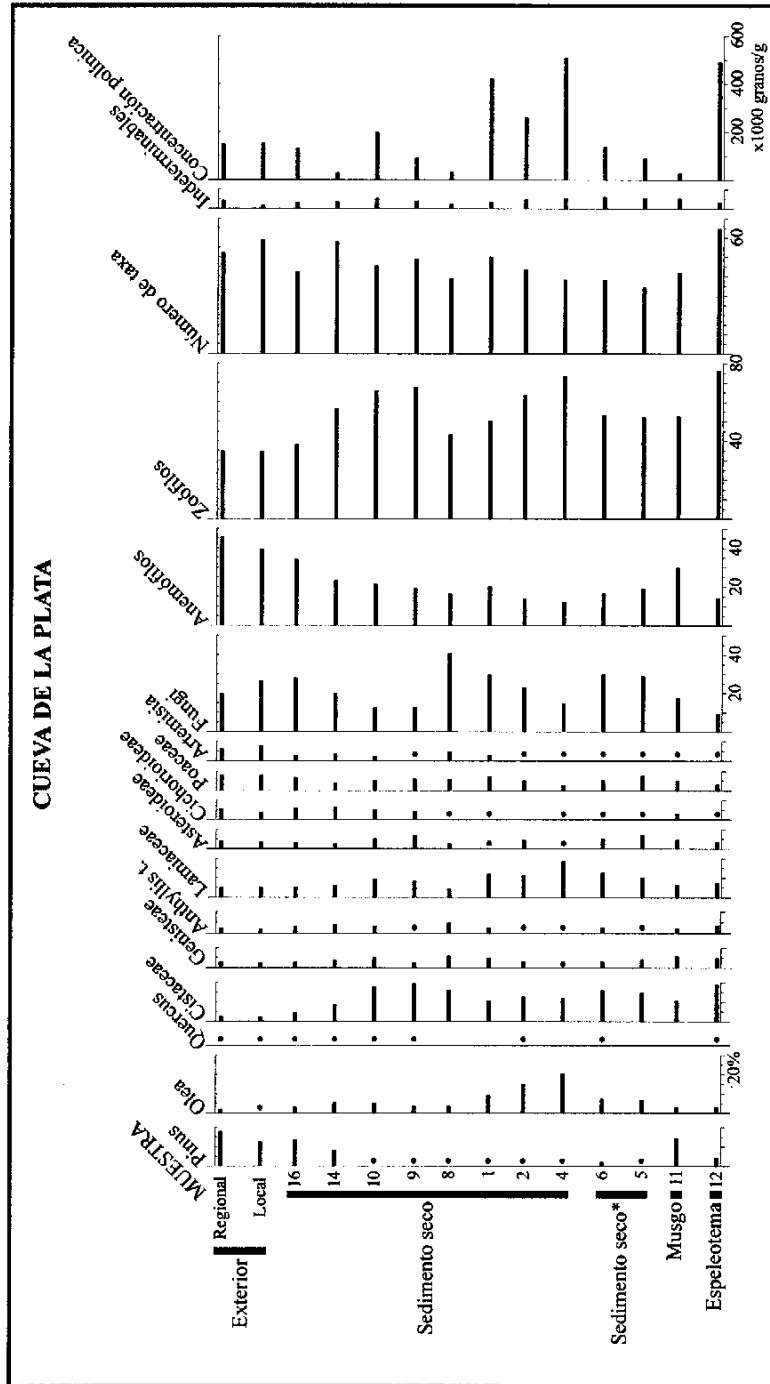


Fig. 11. Diagrama polínico porcentual de la Cueva de la Plata
Percentage pollen diagram from Cueva de la Plata

deterioro polínico, lo que resulta en un incremento del porcentaje de pólenes indeterminables hacia las partes más profundas de la cueva. El ACP confirma estos resultados, pudiéndose apreciar que la distancia a la entrada y los zoófilos presentan cargas negativas para CP1, mientras que los

anemófilos y *Pinus* presentan cargas positivas para dicho componente (Tabla 14). La muestra 4, ubicada a gran profundidad en la cavidad, presenta los valores más bajos para CP1, mientras que las muestras 11 y 16, situadas en la zona de entrada, muestran los valores más altos para dicho componente (Fig. 12).

Tabla 13.

Coefficientes de correlación de Spearman para un grupo de variables de la Cueva de la Plata
(nivel de significación* = 0,05; ** = 0,01)

Spearman correlation coefficients for a set of variables from Cueva de la Plata (level of significance * = 0.05; ** = 0.01)

Variables	Coefficientes
Distancia a la entrada-Anemófilos	-0,729**
Distancia a la entrada- <i>Pinus</i>	-0,687**
Distancia a la entrada-Concentración polínica	-0,557*
Distancia a la entrada-Indeterminables	+0,497*
Cichorioideae-Concentración polínica	-0,503*

Tabla 14.

Valores propios derivados del análisis de componentes principales en la Cueva de la Plata
Eigen-values from principal component analysis at Cueva de la Plata

Valor propio	4,498	2,463	1,174	0,889	0,567	0,287
Proporción	0,450	0,246	0,117	0,089	0,057	0,029
Acumuladas	0,450	0,696	0,814	0,903	0,959	0,988
Valor propio	0,096	0,021	0,004	0,000		
Proporción	0,010	0,002	0,000	0,000		
Acumuladas	0,998	1,000	1,000	1,000		
Variable	CP1		CP2			
<i>Pinus</i>	0,369		-0,206			
Poaceae	0,196		0,439			
Indeterminables	-0,099		0,327			
Anemófilos	0,448		0,008			
Zoófilos	-0,448		-0,008			
Fungi	0,247		0,365			
Asteraceae	0,347		-0,059			
Distancia a la entrada	-0,317		0,431			
Número de taxa	-0,015		-0,542			
Concentración polínica	-0,364		-0,204			

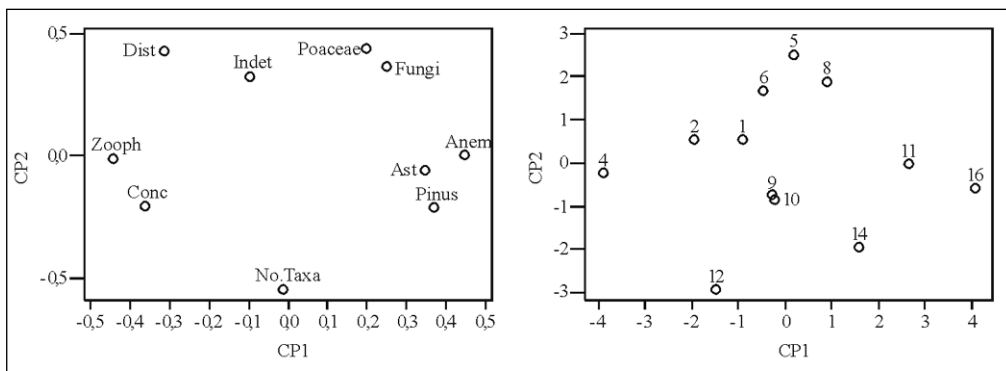


Fig. 12. ACP para variables y muestras de la Cueva de la Plata
PCA, factor scores for variables and samples at Cueva de la Plata

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En todas las cuevas se aprecia una notable diversidad polínica, así como una preservación aceptable (Lámina 1). Cueva de José y Cueva de la Plata presentaron los porcentajes más bajos de indeterminables (media 5,9 y 5,3 respectivamente) y las mayores concentraciones polínicas (media 282470 granos/g en la Cueva de José y 155613 en la Cueva de la Plata). Cueva del Moro I y Cueva del Moro II, caracterizadas por presentar una mayor humedad del sedimento superficial, son las que registran porcentajes más elevados de indeterminables (29,8 y 18,0 respectivamente), así como, en el caso de la Cueva del Moro I, las concentraciones más bajas (64361 granos/g).

Estos resultados, junto con otros obtenidos previamente en los que el análisis de sedimentos procedentes de cuevas húmedas resultó infructuoso (DIMBLEBY, 1985), muestran nuevamente que la aridez puede ser favorable para la preservación polínica en los depósitos de cuevas (DAVIS, 1990). Esto es corroborado a partir del

estudio de regresión realizado en las dos cuevas del Moro. El modelo contrasta estadísticamente la lluvia polínica interna y externa a nivel de las muestras, reflejando la variabilidad en las muestras exteriores explicada a partir de los valores de las muestras del interior (ExpVar%). Las muestras de sedimento seco son, sin duda alguna, las más recomendables para el análisis polínico, sobre todo si se encuentran localizadas en las zonas próximas a la entrada (Tabla 15). Adicionalmente, se comprueba que, las muestras situadas en las zonas centrales de la cueva (no parietales), son más aconsejables para realizar el estudio polínico que aquellas localizadas cerca de las paredes (parietales).

Se han detectado evidencias de transporte aéreo, biótico y acuático. En el caso del transporte por medio del viento, su existencia es confirmada por el elevado número de tipos polínicos aerotransportados presentes en las cavidades analizadas, así como por la existencia de un gradiente negativo del influjo polínico hacia el fondo. Los excrementos parecen haber sido una fuente

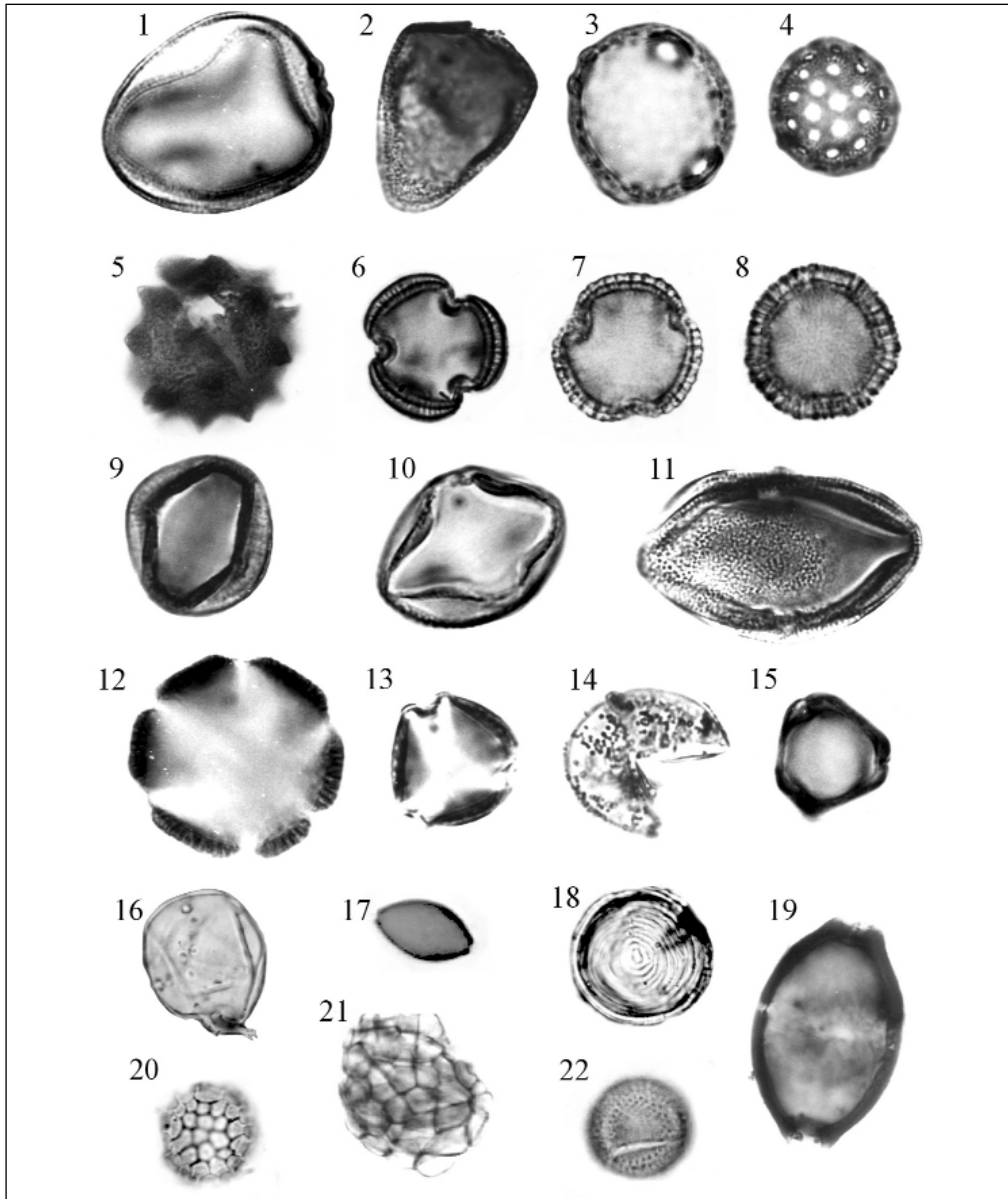


LÁMINA 1. 1. Poaceae (x 690); 2. Cyperaceae (x 690); 3. *Plantago* (x 690); 4. Chenopodiaceae (x 704); 5. Asteroideae (x 704); 6. *Artemisia* (x 690); 7. *Olea* (x 690); 8. Thymelaeaceae (x 704); 9. *Quercus ilex-coccifera* type (x 690); 10. Genisteae (x 502); 11. *Helianthemum croceum* type (x 502); 12. Lamiaceae hexacalpada (x 704); 13. *Rhamnus* (x 704); 14. Cupressaceae (x 704); 15. *Eucalyptus* (x 704); 16. *Glomus* (x 502); 17. Sordariaceae (x 1760); 18. *Pseudoschizaea* (x 1760); 19. *Trichuris* (x 704); 20. *Tilletia* (x 1760); 21. *Polyadosporites* (x 301); 22. Tipo 128a (x 1760).

Tabla 15.
Análisis de regresión lineal
Linear regression analysis

Tipo de muestras		ExpVar (%)	
		Local	Regional
Cueva del Moro I	Sedimento seco	99,9	95,1
	Sedimento húmedo	5,4	15,6
	Espeleotema	48,7	50,3
	Murcielaguina	1,0	15,6
Cueva del Moro II	Sedimento seco	99,7	99,5
	Espeleotema	31,9	25,0
	Tela de araña	81,7	70,8
Cueva del Moro I	Zona de entrada	99,6	78,5
	Cámara principal	7,2	19,4
	Fondo de la cueva	12,0	39,8
Cueva del Moro II	Zona de entrada	93,0	80,1
	Cámara principal	92,5	92,4
	Fondo de la cueva	76,3	77,3
Cueva del Moro I	Parietal	17,2	39,5
	No parietal	99,7	79,4
Cueva del Moro II	Parietal	91,1	87,0
	No parietal	99,3	97,7

importante de sedimento en las cavidades estudiadas, sobre todo hacia el fondo de la cueva, enriqueciendo los espectros polínicos allí recogidos (DIOT, 1991; BURNEY & BURNEY, 1993; COLES & GILBERTSON, 1994). Esto se demuestra por la presencia de *Trichuris* y esporas de Sordariaceae, muy abundantes ambos en muestras de excremento fósil de vaca de la Edad del Hierro en Zimbabwe, Botswana y Sudáfrica (CARRIÓN *et al.*, 2000). La presencia de esporas de Zygnemataceae deja constancia de un transporte acuático a través de posibles infiltraciones.

En las cuevas contextualizadas en un ombroclima húmedo (Cuevas del Moro I y II), se detecta una correlación positiva entre los indeterminables y Cichorioideae, lo que sugiere la intervención de los procesos de degradación. Este fenómeno fue detectado previamente por BOTTEMA (1975), pero no puede ser generalizado. De hecho, la misma correlación no se ha observado en el caso de la Cueva de José y Cueva de la Plata, las dos cavidades que presentaron una mayor aridez. Se conocen registros paleoecológicos con una preservación polínica aceptable a la vez que abundante polen de Asteraceae

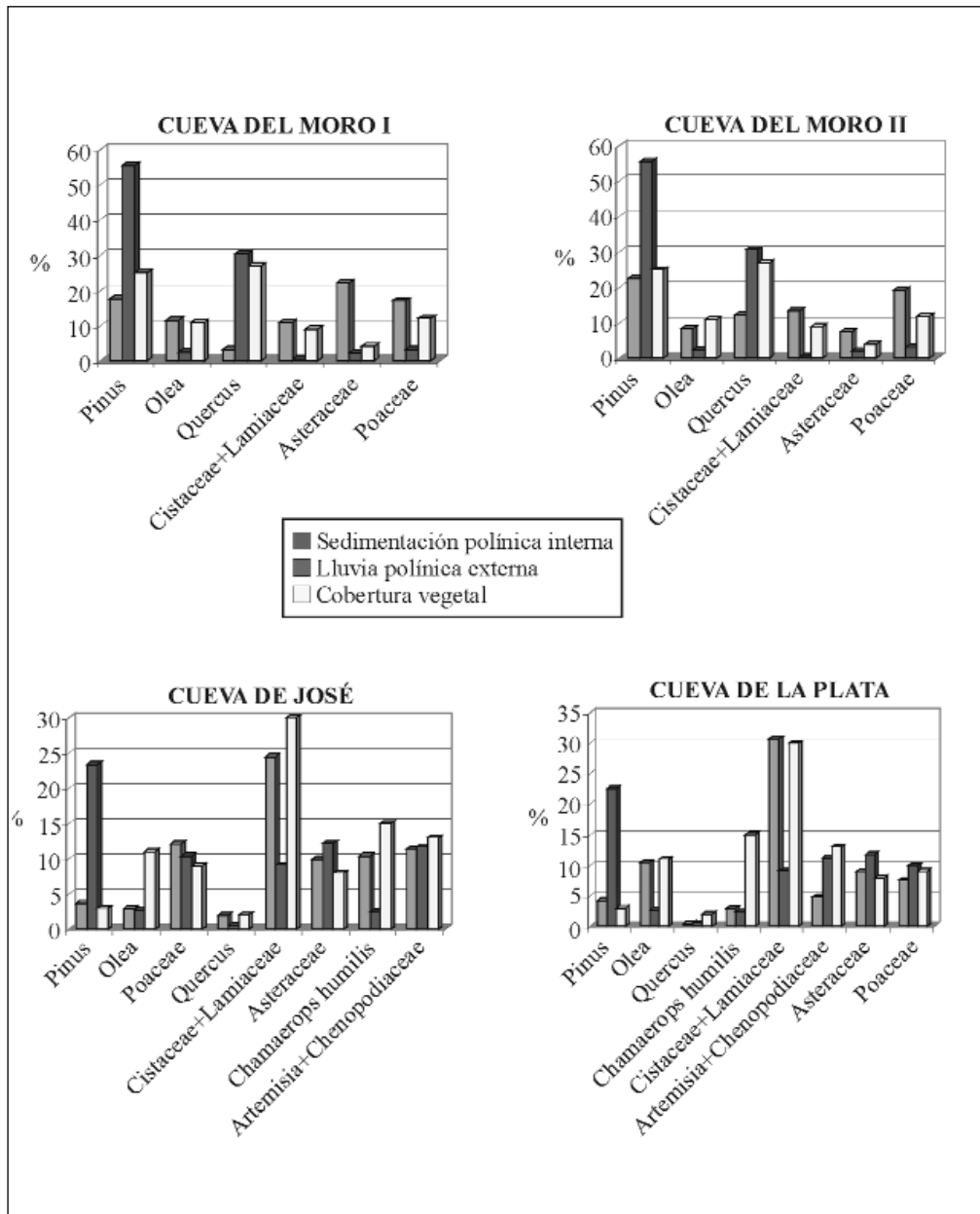


Fig. 13. Comparación porcentual entre la media de la cobertura vegetal, la lluvia polínica exterior y la sedimentación polínica en el interior de las cuevas
 Percentage comparison between average plant cover, external pollen rain and internal pollen deposition

(CARRIÓN, 1992b). La preservación diferencial no puede ser, por tanto, la única razón para explicar la alta incidencia de polen de Asteraceae en los sedimentos de algunas cuevas.

Como ya había sido sugerido anteriormente por otros autores (VAN CAMPO & LEROI-GOURHAN, 1956; COLES, 1988; BURNEY & BURNEY, 1993; COLES & GILBERTSON, 1994), existe una representatividad aceptable de la vegetación local y regional en las muestras del interior de las cuevas. En la Figura 13, donde se comparan la lluvia polínica externa, la sedimentación polínica en el interior y la cobertura vegetal, se observa una sobrerrepresentación de Lamiaceae, *Olea*, Cistaceae, Asteraceae y Poaceae en el interior de las cuevas, así como un infrarrepresentación de *Pinus*. La lluvia polínica externa es, por sí misma, una representación sesgada de la vegetación (JANSSEN, 1972), lo que puede explicar por qué, cuando consideramos los valores de cobertura vegetal, el polen del sedimento seco de la cueva proporciona un mejor reflejo de la vegetación que la propia lluvia polínica exterior.

Queda confirmado así el potencial palinológico de los depósitos de cuevas desde el punto de vista paleoecológico, aunque hay que tener en cuenta que en este tipo de depósitos, cada factor resulta de una compleja interacción de diversos fenómenos tafonómicos que influyen en los espectros polínicos. Se precisa una enorme precaución a la hora de la interpretación paleoecológica de los espectros polínicos de sedimentos de cuevas, recomendándose un muestreo realizado en múltiples secciones, no muy cerca de zonas parietales ni muy profundas y

evitando las áreas de encharcamiento o posible infiltración, así como aquellas en las que puedan detectarse antiguos procesos de hidromorfismo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Educación y Ciencia (CICYT CLI97-0445-C02-01). C. Navarro agradece a CAJAMURCIA la concesión de una beca postdoctoral. Agradecemos la colaboración en el trabajo de campo de F. Sáez, P. Sánchez-Gómez, J.A. Riquelme, E. Cortell y M. Martínez-Andreu. Igualmente queremos agradecer la ayuda prestada por J. Navarro en la realización de los tratamientos estadísticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARAZ, F. & DE LA TORRE, A. 1988. Notas fitosociológicas sobre el sudeste ibérico. *Acta Botánica Malacitana*, 13: 332-341.
- ALCARAZ, F. & GARRE, M. 1987. Vegetación de las montañas del sector Murciano. *Lazaroa*, 7: 473-485.
- ALCARAZ, F., SÁNCHEZ-GÓMEZ, P. & DE LA TORRE, A. 1991. Biogeografía de la Provincia Murciano-Almeriense hasta el nivel de subsector. *Rivasgodaya*, 6: 77-100.
- ALCARAZ, F., DÍAZ, T.E., RIVAS-MARTÍNEZ, S. & SÁNCHEZ-GÓMEZ, P. 1989. Datos sobre la vegetación del sureste de España: provincia biogeográfica Murciano-Almeriense. *Itinera Geobotánica*, 2: 5-133.
- BASTIN, B. 1979. Essai de définition d'une terminologie précise applicable au commentaire des diagrammes polliniques

- se rapportant au Quaternaire. *Bulletin de la Société Royale Botanique Belgique*, 112: 7-12.
- 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. In: Davis, O.K. (Ed.). *Aspects of archaeological palynology: methodology and applications*. AASP Contributions Series, 29: 7-15.
- BROOK, G.A., BURNEY, D.A. & COWART, J.B. 1990. Palaeoenvironmental data for Ituri, Zaire, from sediments in Matupi Cave, Mt. Hoyo. *Virginia Museum of Natural History Memoir*, 1: 49-70.
- BRYANT, J.V.M. & HOLLOWAY, R.G. 1983. The role of palynology in archeology. *Advances in Archaeological Method and Theory*, 6: 191-224.
- BURNEY, D.A. & BURNEY, L.P. 1993. Modern pollen deposition in cave sites: experimental results from New York State. *New Phytologist*, 124: 523-535.
- CARRIÓN, J.S. 1992a. A palaeoecological study in the western Mediterranean area. The Upper Pleistocene pollen record from Cova Beneito (Alicante, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 92: 1-14.
- CARRIÓN, J.S. 1992b. Late Quaternary pollen sequence from Carihuela Cave, southeastern Spain. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 71: 37-77.
- CARRIÓN, J.S. & VAN GEEL, B. 1999. Fine-resolution Upper Weichselian and Holocene palynological record from Navarrés (Valencia, Spain) and a discussion about factors of Mediterranean forest succession. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 106: 209-236.
- CARRIÓN, J.S., SCOTT, L., HUFFMAN, T. & DREYER, C. 2000. Pollen analysis of Iron Age cow dung in southern Africa. *Vegetation History and Archaeobotany*, 10: 1-14.
- CARRIÓN, J.S., MUNUERA, M., NAVARRO, C., BURJACHS, F., DUPRÉ, M. & WALKER, M.J. 1999. The palaeoecological potential of pollen records in caves: the case of Mediterranean Spain. *Quaternary Science Reviews*, 18: 1061-1073.
- COLES, G.M. 1988. *Aspects of the application of palynology to cave deposits in the Magnesian Limestone region of North Nottinghamshire*. Tesis doctoral. University of Sheffield.
- COLES, G.M. & GILBERTSON, D.D. 1994. The airfall-pollen budget of archaeologically important caves: Creswell Crags, England. *Journal of Archaeological Science*, 21: 735-755.
- COSTA, M., PERIS, J.B. & FIGUEROLA, R. 1982. Sobre los carrascales termomediterráneos valencianos. *Lazaroa*, 4: 37-52.
- COÛTEAUX, M. 1977. A propos de l'interprétation des analyses polliniques de sédiments minéraux, principalement archéologiques. In: Laville, H. and Renault-Mikovsky, J. (Eds.), *Approche écologique de l'homme fossile*. Supplément du *Bulletin de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire*, 47: 259-276.
- DAVIS, O.K. 1990. Caves as sources of biotic remains in arid western North America.

- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 76: 331-348.
- DE LA TORRE, A. 1988. *Flora, vegetación y suelos de la Sierra de Maimó (Alicante)*. Caja de Ahorros Provincial de Alicante, Alicante.
- DE LA TORRE, A. 1991. *Vegetación y suelos en el Alto Vinalopó (Alicante)*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- DIMBLEBY, G.W. 1961. Soil pollen analysis. *Journal of Soil Science*, 12: 1-11.
- DIMBLEBY, G.W. 1985. *The palynology of archaeological sites*. Academic Press, London, 176 pp.
- DIOT, M.F. 1991. Apport et conservation sporo-pollinique dans les grottes: relation avec la fréquentation humaine et animale. *Archeologie Experimentale, Tome 2: La terre*. Paris, France.
- DUPRÉ, M. 1988. Palinología y paleoambiente. Nuevos datos españoles. Referencias. *Serie de trabajos varios*, 84, Diputación Provincial de Valencia, Spain.
- GIRARD, M. & RENAULT-MISKOVSKY, J. 1969. Nouvelles techniques de préparation en palynologie appliquées a trois sédiments du Quaternaire final de l'Abri Corneille (Istres-Bouches-du-Rhône). *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 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. *Computers and Geosciences*, 13: 13-35.
- GRIMM, E.C. 1991. *TILIA and TILIA*GRAPH*. Illinois State Museum, Springfield.
- JANSSEN, C.R. 1972. Local and regional pollen deposition. In: Birks, H.J.B. and West, R.G. (Eds.), *Quaternary plant ecology*: 31-42. University of Cambridge.
- NAVARRO, C., CARRIÓN, J.S., NAVARRO, J., MUNUERA, M. & PRIETO, A.R. 2000. An experimental approach to the palynology of cave deposits. *Journal of Quaternary Science*, 15 (6): 603-619.
- PERIS, J.B. 1983. *Contribución al estudio florístico y fitosociológico de las Sierras del Boquerón y la Palomera*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- PRIETO, A.R. & CARRIÓN, J.S. 1999. Tafonomía polínica: sesgos abióticos y bióticos del registro polínico en cuevas. *Asociación Paleontológica Argentina*, 6: 59-64.
- SÁNCHEZ-GÓMEZ, P, GUERRA, J., COY, E., HERNÁNDEZ, A., FERNÁNDEZ, S. & CARRILLO, A.F. 1998. *Flora de Murcia. Claves de identificación e iconografía de plantas vasculares*. Diego Marín, Murcia, Spain.
- SÁNCHEZ-GOÑI, M.F. 1994. The identification of European Upper Palaeolithic interstadials from cave sequences. *AASP Contributions Series*, 29: 161-182.
- SCOTT, L. 1995. Pollen evidence for vegetational and climatic change in southern Africa during the Neogene and Quaternary. In: Urba, E. *et al.* (Eds.), *Palaeoclimate and Evolution with emphasis on human origins*: 65-77. Yale University Press.
- SCOTT, L. & BONNEFILLE, R. 1986. Search for pollen from the hominid deposits of Kromdraai, Sterkfontein and Swartkrans: some problems and preliminary results. *South African Journal of Science*, 82: 380-382.
- STOCKMARR, J. 1972. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et spores*, 13: 615-621.

- STÜBING, G., PERIS, J.B. & COSTA, M. 1989. Los matorrales seriales termófilos valencianos. *Phytocoecologia*, 17: 1-69.
- 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. *Philosophical Transactions of the Royal Society of 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. *Bulletin Muséum Société Préhistoire Française*, 28: 326-330.
- 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.
- 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). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 60: 25-129.
- VAN GEEL, B., HALLEWAS, D.P. & PALS, J.P. 1983b. A Late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Province of Noord-Holland, The Netherlands): Palaeoecological and archaeological aspects. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 38: 269-335.
- VAN GEEL, B., KLINK, A.G., PALS, J.P. & WIEGERS, J. 1986. An upper Eemian lake deposit from Twente, eastern Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 46: 31-61.