

## Tafonomía polínica: sesgos abióticos y bióticos del registro polínico en cuevas

Aldo R. PRIETO<sup>1</sup> y José S. CARRIÓN<sup>2</sup>

**Abstract.** POLLEN TAPHONOMY: ABIOTIC AND BIOTIC BIASES IN CAVE POLLEN ASSEMBLAGES. This paper investigates the pollen taphonomy, based on the analysis of superficial samples in and near a "sac" cave with a single entrance (Cueva de José, 37° 38' N; 1° 7' W), in the semiarid Spanish south-east. Statistical comparisons and the isopoll maps for herbs, shrubs and trees, four shrubby zoophilous pollen [*Helianthemum* (Cistaceae), Lamiaceae hexacolpate, *Coronilla* (Papilionaceae) and Cichorioideae] and an anemophilous pollen (*Pinus*) show that the spatial distribution, concentration and preservation of pollen inside the cave are not homogeneous and are influenced by the cave's morphology, water leaks and types of pollination. The biotic vector, represented by insects and animals (mainly through excrement) is an important source of pollen in the cave sediments. The isopoll curves show that all the types that represent the regional vegetation are present in the cave in different percentages, depending on their distance from the entrance. Local vegetation is over-represented and this should be taken into consideration before any palaeoenvironmental reconstruction is made on the basis of pollen samples from archaeological sites. On the other hand, the isopoll maps permitted an assessment of the possible places where fossil profiles could be obtained with the minimum bias, as long as the entrance to the cave has always remains the same. The pollen grains are better preserved inside the cave than outside, which is another valuable piece of information for the use of pollen records in the interpretation of past vegetation.

**Key words.** Pollen analysis. Taphonomy. Caves. Isopoll maps. Spain.

**Palabras clave.** Análisis polínico. Tafonomía. Cuevas. Mapas isopolínicos. España.

### Introducción

En las últimas décadas el análisis polínico de depósitos arqueológicos en cuevas ha comenzado a ser uno de los campos más activos de la Palinología. A pesar de este nivel de actividad, su potencial está severamente limitado por la falta de información sobre varios aspectos críticos de la tafonomía del polen recuperado de sus sedimentos (Coles y Gilbertson, 1994). Aunque el problema fue planteado por van Campo y Leroi-Gourhan (1956), pocos estudios metodológicos han tratado los principales procesos tafonómicos en Palinología (Davis, 1994). Como las cuevas con sitios arqueológicos tienen una historia ambiental compleja, es necesario considerar la tafonomía de los conjuntos polínicos en la interpretación del registro, así como entender más acerca de los procesos actuales de transporte, depositación, distribu-

ción espacial y tasas de acumulación del polen dentro de cuevas y aleros.

La mayoría de los datos sobre dispersión polínica utilizados para evaluar los procesos tafonómicos que afectan a los espectros polínicos de cuevas se han obtenido con diferentes tipos de trampas, por ejemplo portaobjetos con petrolatum (Coles y Gilbertson, 1994) o trampas Tauber (Burney y Pigott Burney, 1993). Por el contrario, el análisis polínico de sedimentos superficiales del interior de cuevas ha sido poco explorado (e. g. Weinstein, 1981; Burjachs, 1986/88) aún cuando los datos obtenidos con trampas tienen algunas desventajas cuando se usan como análogos en la interpretación de los registros fósiles (Bui-Thi-Mai, 1974; Horowitz, 1992).

Con el objetivo de estudiar los procesos actuales de transporte, depositación, distribución espacial y preservación del polen en el interior de cuevas, iniciamos en 1995 una investigación para analizar muestras de sedimento superficial en varias cuevas con diferente morfología en el sureste semiárido español. En esta contribución se presenta el análisis polínico realizado a partir de muestras obtenidas en el interior y exterior de una cueva con una única aper-

<sup>1</sup>Laboratorio de Paleocología y Palinología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata. CONICET. Funes 3250, 7600 Mar del Plata. Argentina.

<sup>2</sup>Laboratorio de Palinología. Departamento de Biología Vegetal (Botánica). Facultad de Biología. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30100 Murcia. España.

tura para evaluar los sesgos bióticos y abióticos en este tipo de registro polínico.

### Descripción general del área

La cueva de José (37° 38'N; 1° 7'O) está situada a 400 m snm., en la región de Murcia (España) (figura 1), en un área donde la temperatura media anual es de 18 a 19° C y las heladas son improbables, hecho que ha permitido la supervivencia de especies de origen paleotropical muy sensibles al frío, tales como los iberoafricanismos *Maytenus senegalensis* subsp. *europaeus*, *Withania frutescens* y *Periploca angustifolia*. Las precipitaciones varían entre 200 y 350 (400) mm y el bioclima es semiárido. La vegetación potencial está constituida por formaciones arbustivas que incluyen palmitos (*Chamaerops humilis*), lentiscos (*Pistacia lentiscus*), esparto (*Stipa tenacissima*) y otras gramíneas. Son muy frecuentes los matorrales ricos en labiadas (*Thymus hyemalis*, *Teucrium*, *Sideritis*, *Lavandula*, *Rosmarinus officinalis*) y cistáceas (*Helianthemum*, *Fumana*, *Cistus*) y pequeños pinares aislados de pino carrasco (*Pinus halepensis*). Se trata de un territorio muy degradado, en el que la influencia humana es intensa desde hace siglos.

La cueva tiene una única entrada de sección transversal ca. circular, de 5,10 m de ancho por 4 m de alto y orientada en dirección NE-SO. Tiene una profundidad de ca. 17 m y un ancho máximo de ca. 14 m (fi-

gura 2b). El techo de la cueva tiene 4-5 m de alto con pocas estalactitas pequeñas. El piso tiene una pendiente hacia el SE y está tapizado con sedimentos finos bioturbados en varios sectores. Hay abundantes excrementos de cabra y jabalí diseminados en el fondo y totalmente pulverizados y mezclados con el sedimento en varios sectores. Numerosos bloques caídos del techo se encuentran en el sector centro-noreste.

### Materiales y métodos

Se recolectaron muestras del piso de la cueva y del polvo entrampado en las paredes a diferentes alturas y cada punto de muestreo se relevó con teodolito (figura 2b). Se tomaron muestras superficiales de control en el área exterior de la cueva. Cada muestra tenía 40 cm<sup>2</sup>.

Las muestras fueron procesadas de acuerdo con los métodos descritos en Faegri e Iversen (1989) y Horowitz (1992). Se agregó a cada muestra 5 pastillas de *Lycopodium* conteniendo 12.100 esporas cada una, para calcular la concentración polínica en granos por gramo. Los recuentos se realizaron con una magnificación de 1.000x y para la determinación morfológica se utilizó la palinoteca de referencia del Lab. de Palinología de la Universidad de Murcia y claves publicadas (Valdes, *et al.*, 1986; Moore *et al.*, 1991). Se identificaron 109 tipos polínicos. Los porcentajes se calcularon sobre la base de todos los tipos polínicos, excluyendo indeterminados, desconocidos, briofitas, pteridofitas, hongos y algas. Las sumas polínicas variaron entre 559 y 4.519 granos. Para la presentación de los resultados, los tipos polínicos se agruparon en anemófilos y zoófilos de acuerdo con el tipo de polinización. Dentro de estas categorías se clasificaron en locales y extra-locales según se correspondían o no con la vegetación del área. Basado en las características fisonómicas de la vegetación se ordenaron en hierbas, arbustos y árboles y de acuerdo al estado de conservación de la pared, se clasificaron en rotos-degradados y bien preservados (figura 2a).

El diagrama polínico y el dendrograma fueron dibujados usando el programa TILIA 1.12 desarrollado por E. Grimm. Para el *Cluster Analysis* se usaron todos los tipos polínicos representados por 2 % o más en al menos una muestra, excluyendo el tipo *Coronilla*. Los valores porcentuales de hierbas, arbustos y árboles en los mapas isopolínicos se calcularon incluyendo *Coronilla*.

### Resultados y discusión

Los recuentos polínicos se han sintetizado en un diagrama de barras (figura 2a) y como mapas isopolínicos (figuras 2c, d y 3). De la comparación estadís-

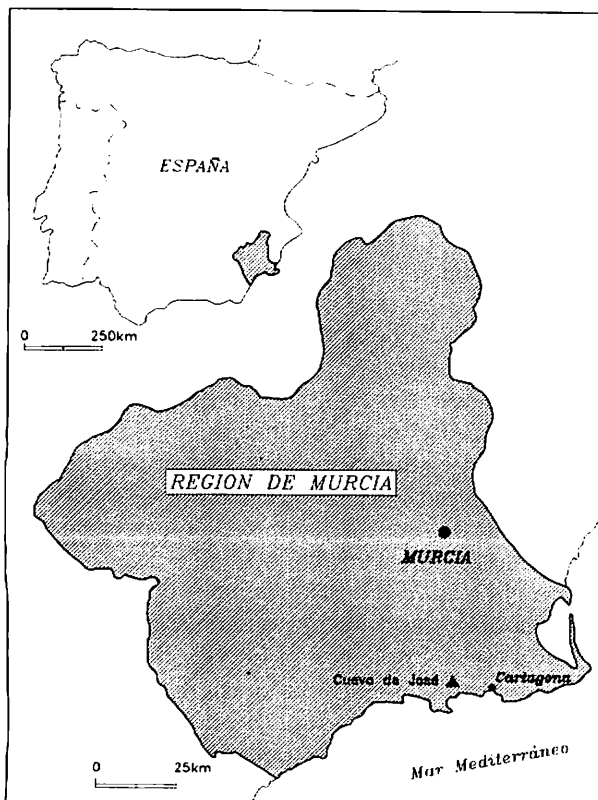


Figura 1. Mapa de ubicación de la Cueva de José, Provincia de Murcia, España./ Location map of José Cave, Murcia Province, Spain. A.P.A. Publicación Especial 6, 1999

tica de las muestras se determinaron tres grupos y la zonación del diagrama ha permitido establecer las siguientes relaciones (figura 2a):

**Grupo A:** incluye todas las muestras del centro y fondo de la cueva, con excepción de la muestra 7. Los tipos anemófilos y zoófilos locales están representados en iguales proporciones (50%). Los taxa arbusti-

vos son dominantes y los árboles no superan el 10%. Los granos de polen bien preservados son > 80%. La concentración total varía entre 70.000 y 370.000 granos/g.

**Grupo B:** reúne las muestras de la entrada, las próximas a las paredes de la cueva (incluyendo aquellas que provienen del polvo entrampado en las pare-

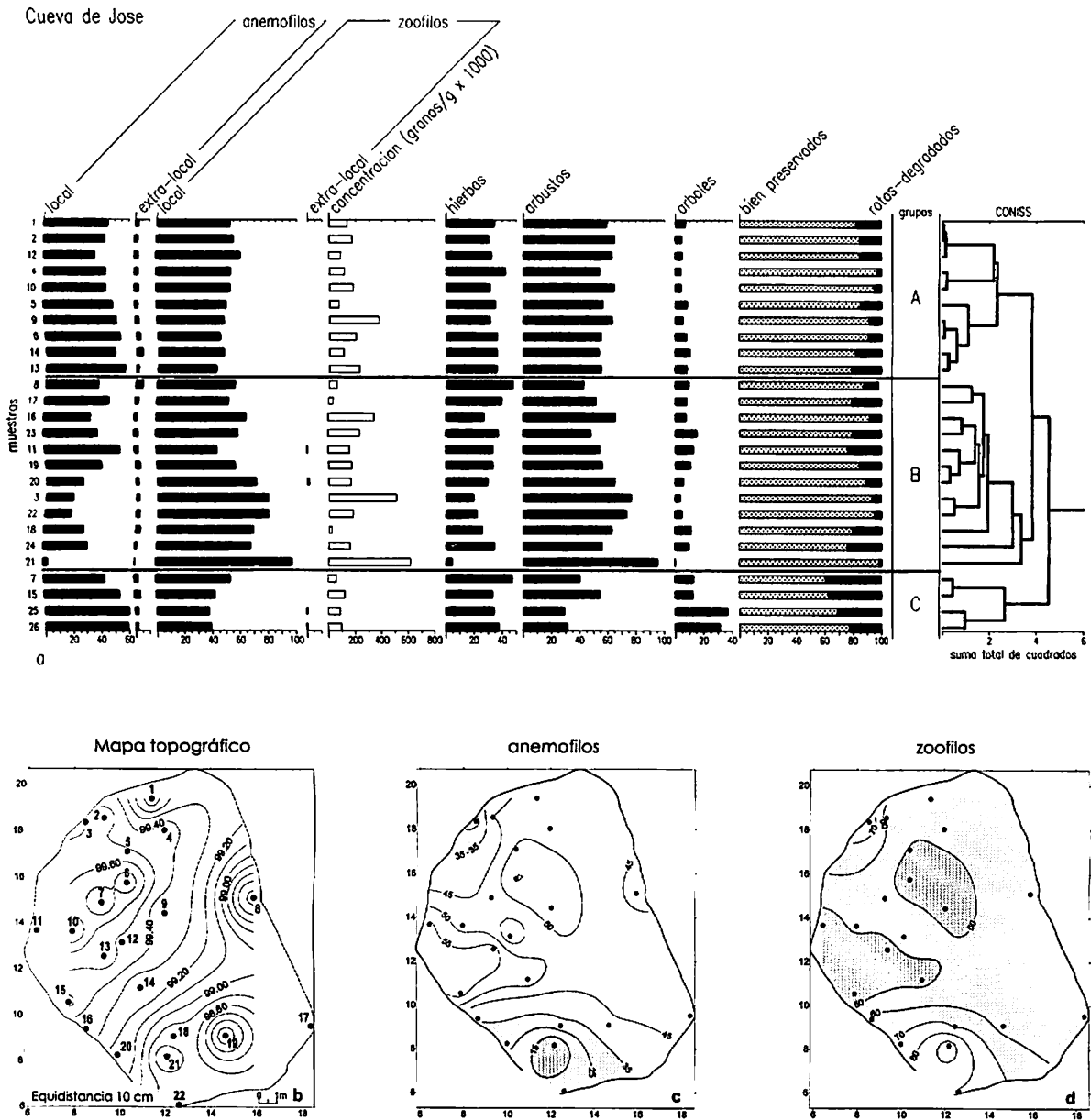


Figura 2. a: Diagrama polínico de las muestras superficiales del interior y exterior de la Cueva de José, Provincia de Murcia, España. Agrupamientos por Cluster Analysis. Las muestras 23, 24, 25 y 26 son externas a la cueva. b: Planta de la cueva, topografía y ubicación de los puntos de muestreo. Las muestras 3, 11 y 17 de polvo entrampado en las paredes a 1,40, 1,50 y 1,20 m desde el piso, respectivamente, la 7 de musgos de un sector de goteo y la 15 de sedimentos acumulados por filtración de agua c: Mapa isopolínico en porcentaje de los tipos anemófilos. d: Mapa isopolínico en porcentaje de los tipos zoófilos. Escala de barra = 1 m. / a: Pollen diagram in and near José Cave, Murcia Province, Spain. Groups obtained by Cluster Analysis. Samples 23, 24, 25 and 26 outside the cave. b: Floor plant, topography and sample sites. Samples 3, 11 and 17 from dust trapped on the walls at 1.40, 1.50 and 1.20 m from the floor, respectively; sample 7 from surface moss in the drip-water zone and sample 15 from sediments accumulated by water leakage, c: Isopoll map for anemophilous pollen in percentages, d: Isopoll map for zoophilous pollen in percentages. Bar-scale = 1 m.

des) y las dos muestras superficiales fuera de la línea de goteo (23 y 24). Son dominantes los tipos zoófilos locales y los tipos arbustivos. Los tipos arbóreos alcanzan el 15%. Los granos bien preservados son > 80%. La concentración total varía entre 16.000 y 600.000 granos/g.

**Grupo C:** reúne las muestras de suelo superficial

externas a la cueva (25 y 26) y las muestras 7 y 15 del interior de la cueva. Los tipos anemófilos locales son los dominantes. Los tipos arbóreos son importantes en las muestras superficiales (compuestos principalmente por *Pinus*). Los granos bien preservados son < 80%. La concentración total varía entre 60.000 y 120.000 granos/g.

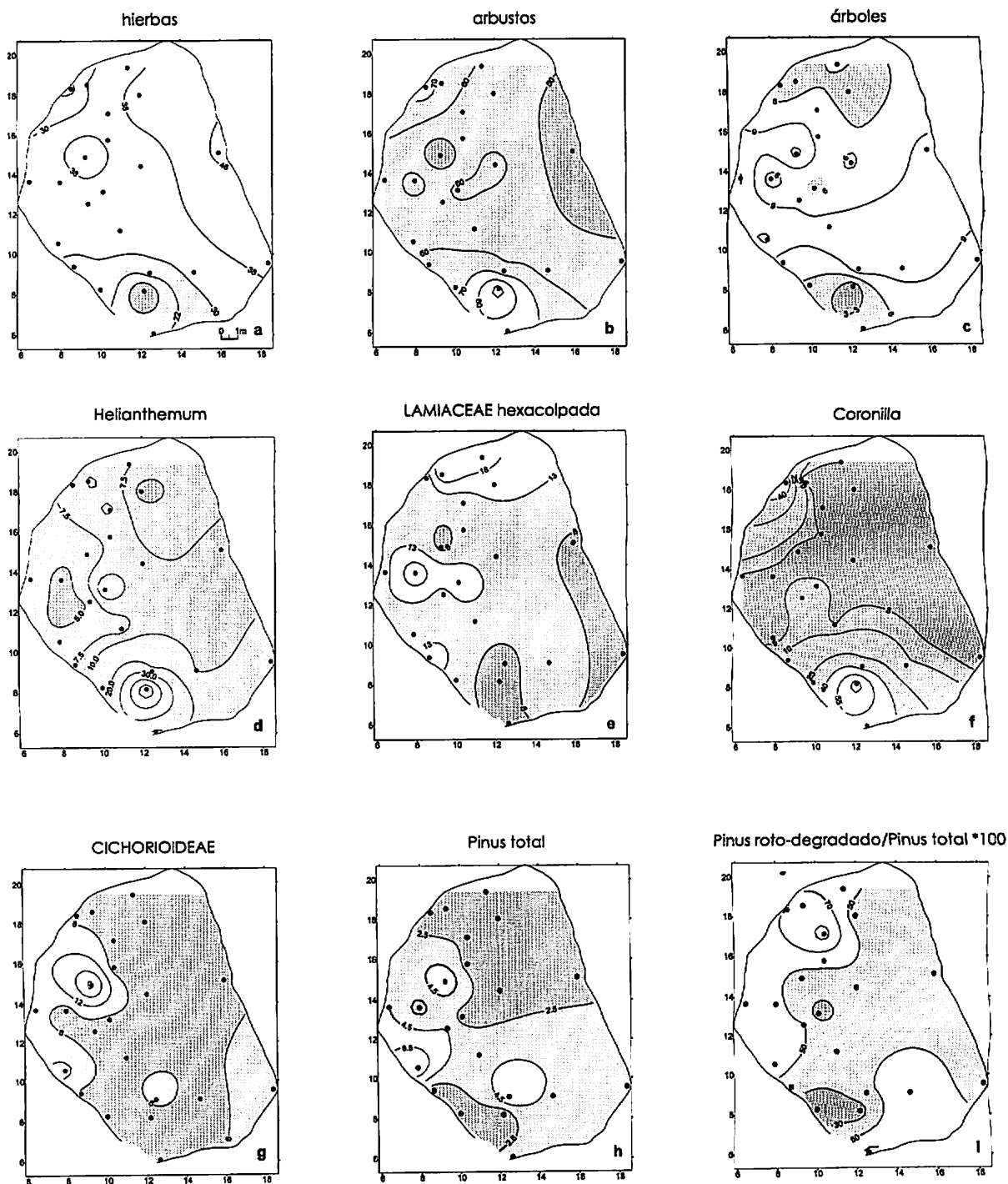


Figura 3. Mapas isopolínicos en porcentaje para a: hierbas, b: arbustos, c: árboles, d: *Helianthemum*, e: *Lamiaceae hexacolpada*, f: *Coronilla*, g: *Cichorioideae*, h: *Pinus* total, i: (*Pinus* roto-degradado/*Pinus* total)  $\times$  100. Escala de barra = 1 m. / Isopoll maps in percentages for a: herbs, b: shrubs, c: trees, d: *Helianthemum*, e: *Lamiaceae hexacolpate*, f: *Coronilla*, g: *Cichorioideae*, h: *Pinus* total, i: (*Pinus* broken-degraded/*Pinus* total)  $\times$  100. Bar-scale = 1 m.

Las muestras del interior de la cueva relacionadas con filtraciones de agua son las que presentan la mayor similitud con las muestras externas (grupo C, figura 2a). En todos los grupos dominan los tipos locales, tanto anemófilos como zoófilos, que representan la vegetación regional. Los tipos anemófilos extralocales son < 10% y la contribución de los zoófilos extra-locales no supera el 2% y sólo están presentes en dos muestras en el interior de la cueva (11, 20). La preservación polínica es buena en todas las muestras del interior (con excepción de 7 y 15) en comparación con las del exterior.

Los tipos anemófilos tienen los mayores porcentajes en la sección media de la cueva, por el contrario los tipos zoófilos los presentan en la entrada, con excepción de la muestra 3 (figura 2 c, d). Las hierbas muestran los menores porcentajes en la boca de la cueva y una tendencia creciente hacia el NE, inversa a la de los arbustos (figura 3 a, b). En cambio, los tipos arbóreos tienen los menores porcentajes hacia la boca y hacia el fondo (figura 3 c). Los granos bien preservados presentan los mayores porcentajes en la boca y en el fondo de la cueva, por el contrario los granos rotos-degradados presentan los mayores porcentajes relacionados con zonas de goteo e infiltración estacional del agua. En general las muestras tienen concentraciones entre 100.000 y 200.000 granos/g en la mayor parte de la cueva, alcanzando los mayores valores en el centro y en la entrada.

Para discutir en forma particular el transporte, la depositación y la distribución espacial del polen en el interior de la cueva, se seleccionaron cuatro tipos zoófilos arbustivos: *Helianthemum* (Cistaceae), *Lamiaceae* hexacolpada, *Coronilla* (Papilionaceae) y *Cichorioideae* y un tipo anemófilo arbóreo: *Pinus* (figura 3, d-i).

*Helianthemum* (incluye varias especies del género y algunas de *Fumana*) y *Lamiaceae* hexacolpada (incluye *Rosmarinus officinalis*, *Thymus hyemalis*, *Lavandula multifida*) constituyen en vegetación matorrales ampliamente extendidos y muy frecuentes en el área y son muy importantes en todo el SE ibérico semiárido. En cambio, el tipo *Coronilla* (incluye *C. juncea* y *C. minima*) corresponde a arbustos de ambientes rupícolas y subrupícolas, poco comunes o raros en el área. Aunque *Coronilla* y *Helianthemum* están representados de forma diferente en la vegetación, muestran una distribución semejante en el interior de la cueva. Presentan los mayores valores en las proximidades de la entrada (entre 25 y 80%) y disminuyen bruscamente hacia el centro y el fondo (< 5%). Por el contrario, el tipo *Lamiaceae* hexacolpada presenta los mayores valores en el fondo de la cueva y en algunos sectores del centro. Aún cuando los tres corresponden al tipo de polinización entomófila, su distribución dentro de la cueva sugiere diferentes causas de

dispersión. *Coronilla* como *Helianthemum* muestran una sobre-representación en la entrada, sugiriendo una baja dispersión por el viento y una depositación local. Por el contrario, los altos valores de *Coronilla* en la muestra del fondo ubicada a 1.40 m de altura, sugiere un aporte realizado por insectos. Considerando que (1) los granos rotos-degradados no superan el 20 %, (2) no hay evidencias de preservación diferencial y (3) *Coronilla* no representa la vegetación regional, la sobre-representación se puede interpretar como una situación estrictamente local y autoriza su eliminación de la suma total. La sobre-representación de *Lamiaceae* hexacolpada en el fondo de la cueva podría reflejar la introducción del polen en los excrementos de animales, que están distribuidos en ese sector de la cueva. En las muestras superficiales del área estos tres tipos polínicos tienen valores entre 5 y 10 %.

En los diagramas polínicos fósiles de cuevas europeas, *Cichorioideae* está generalmente sobre-representada. Según Sánchez Goñi (1994) una de las causas de esta sobre-representación es la preservación diferencial de los granos de polen, pero hasta el presente la razón más probable no es conocida. Esta familia está presente localmente y tiene importancia regional en la vegetación del área de estudio y está representada en las muestras externas a la cueva por valores < 10 % (Prieto *et al.*, en prep.). En las muestras superficiales de la cueva no superan el 25% del total (figura 3) y los mayores valores coinciden con los mayores valores de granos rotos-degradados totales (muestras 7 y 15, figura 2). Esto sugiere que las zonas de la cueva donde se produce un goteo estacional, son más sensibles a la destrucción diferencial del polen y esto permitiría explicar los mayores porcentajes de este taxón. La alternativa es que el polen llegue a estos sectores a través del agua que se infiltra en la cueva como lo sugieren Bui-Thi-Mai y Girard (1988).

Los pinares (*Pinus halepensis*) constituyen las formaciones boscosas más frecuentes de la región, extendidas desde el nivel del mar hasta los 1.500 m en solanas. *Pinus* se caracteriza por ser un gran productor polínico y tener buena capacidad de dispersión, lo que le permite viajar cientos de kilómetros y alcanzar altos valores en el interior de la cueva. Sin embargo, la evaluación de la presencia de *Pinus* en las secuencias fósiles del área es controvertida porque esos porcentajes podrían originarse tanto desde una dispersión a larga distancia como desde una presencia bajo una cobertura escasa (Carrión *et al.*, 1995). Los porcentajes de *Pinus* totales en el interior de la cueva son < 6,5 % y muestran una tendencia decreciente hacia el fondo y en la boca. Por el contrario, *Pinus* alcanza valores superiores a 20% en las muestras más externas de la cueva. Los valores de *Pinus* roto-degradado son mayores al 50% en los laterales y fondo y los menores valores en el centro de la cueva. Esto su-

giere que *Pinus* tiene la mejor representación en el centro de la cueva.

La distribución, la concentración y la preservación del polen en el interior de la cueva no son homogéneas y están influenciadas por la morfología de la cueva, la infiltración y el tipo de polinización. El vector biótico representado por insectos y animales (principalmente a través de excrementos) constituye una importante fuente de polen en los sedimentos de la cueva. Esto que suele apreciarse como una limitante de la palinología arqueológica, representa, sin embargo una ventaja porque algunos tipos de valor ecológico sólo pueden ser introducidos de esta forma. Asumiendo una contemporaneidad de las muestras, las curvas isopolínicas muestran que todos los tipos que representan la vegetación regional (que también forman la vegetación local) está presentes en el interior de la cueva, pero con porcentajes diferentes, dependiendo de la ubicación de la muestra con respecto a la boca de entrada. Como la introducción del polen no sólo es producto del ingreso del aire por la boca, sino también por la infiltración de agua y el aporte de insectos y animales, existe una sobre-representación de la vegetación local, que debería ser considerada antes de realizar una reconstrucción paleoambiental a partir de muestras polínicas de un sitio arqueológico. Por otra parte, las curvas isopolínicas permiten estimar cuales serían los posibles lugares para la obtención de perfiles fósiles con el menor sesgo, siempre que la entrada de la cueva sea la misma. Los granos están mejor preservados en el interior de la cueva que en el exterior, lo que aporta otro dato valioso para utilizar estos registros en interpretaciones del pasado.

### Agradecimientos

Al Instituto de Cooperación Iberoamericano por el otorgamiento de una beca a uno de los autores (ARP) para desarrollar este trabajo en la Universidad de Murcia (España). M. Tomás y M. Farena realizaron los mapas isopolínicos. Este trabajo fue financiado por la Universidad Nacional de Mar del Plata

(subsidio E039/97) y por el proyecto CLI97-0445-C02 del Plan Nacional de I+D (Madrid). A M.M. Bianchi y un revisor anónimo por las sugerencias aportadas en calidad de árbitros.

### Bibliografía

- 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)*. Thèse de 3<sup>e</sup>ème cycle. Biologie Végétale. Université de Bordeaux N° 1155. 121 p., Inédito].
- Bui-Thi-Mai, M. y Girard, M. 1988. Apports actuels et anciens de pollens dans la grotte de Foissac (Aveyron, France). *Travaux de la Section Scientifique et Technique de l'Institut Français de Pondichéry* 25: 43-53.
- Burjachs i Casas, F. 1986/88. Análisis polínico de los niveles cerámicos de la "Cova 120" (Alta Garrotxa, Catalunya). *Actas Salmanticensis* 65: 285-290.
- Burney, D.A y Pigott Burney, L. 1993. Modern pollen deposition in cave sites: experimental results from New York State. *New Phytology* 124: 523-535.
- Carrión, J.S., Munuera, M. y Dupré, M. 1995. Estudios de palinología arqueológica en el sureste ibérico semiárido. *Cuaternario y Geomorfología* 9: 17-31.
- Coles, G.M. y Gilbertson, D.D. 1994. The airfall-pollen budget of archaeologically important caves: Creswell Crags, England. *Journal of Archaeological Science* 21: 735-755.
- Davis, O.K. 1994. Introduction. *American Association of Stratigraphic Palynologist, Contribution Series* 29: 1-5.
- Fægri, K. y Iversen, J. 1989. *Textbook of Pollen Analysis*. IV Edition. Scandinavian University Book, 328 p.
- Horowitz, A. 1992. *Palynology of arid land*. Elsevier, 546 p.
- Moore, P.D.; Webb, J.A. y Collinson, M.E. 1991. *Pollen Analysis*. Second Edition. Blackwell Scientific Publications, 216 p.
- Sánchez Goñi, M.F. 1994. The identification of European Upper Palaeolithic Interstadials from cave sequences. *American Association of Stratigraphic Palynologist, Contribution Series* 29: 161-182.
- Valdes, B.; Diez, M.J. y Fernández, I. 1986. *Atlas polínico de Andalucía Occidental*. Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Sevilla. Excm. Diputación de Cádiz. 450 p.
- van Campo, M. y Leroi-Gourhan, A. 1956. Note préliminaire à l'étude des pollens fossiles de différents niveaux des grottes d'Arcy-sur-Cure. *Bulletin Museum* 2 S, 28: 326-330.
- Weinstein, M. 1981. The influence of slope direction on the pollen spectra. *Pollen et spores* 13: 381-387.

Recibido: 1 de agosto de 1998.

Aceptado: 26 de febrero de 1999.