

JOSÉ SEBASTIÁN CARRIÓN GARCÍA\*

## PASTOREO Y VULNERABILIDAD DE LA VEGETACIÓN EN LA ALTA MONTAÑA MEDITERRÁNEA DURANTE EL HOLOCENO

### RESUMEN

Este artículo proporciona una aproximación paleoecológica al fenómeno del pastoreo como agente perturbador del bosque altimontano mediterráneo durante el Holoceno. Se estudia la variación de indicadores palinológicos a lo largo de tres secuencias del sureste español, dos de ellas situadas en la Sierra de Segura (Jaén) y una tercera en la Sierra de Gádor (Almería). Los palinomorfos que con más plausibilidad sugieren presión ganadera son las esporas del género de hepáticas *Riccia* y de la familia de hongos *Sordariaceae*. Se concluye que las formaciones actualmente dominadas por gramináceas xerófitas, enebros rastreros, pinos dispersos, arbustos espinosos y especies nitrófilas, representan un escenario más antropogénico que inducido por cambios climáticos.

Palabras clave: biogeografía histórica, dinámica vegetal, palinología, desertificación, pastoreo, acción antrópica, Holoceno, España.

### ABSTRACT

This paper examines the role of grazing disturbance in high-elevation vegetation of Mediterranean mountains during the Holocene. Three palynological records are revised, two from the Segura Mountains (Jaén), a third one from dry Sierra de Gádor (Almería). The best indicators of grazing come to be the liverwort *Riccia* spores and the spores of the coprophilous fungal family *Sordariaceae*. It is suggested that current formations with xerophytic grasses, dwarf junipers, sparse pine stands, thorny scrub, and nitrophilous herbs, are the result of grazing pressure rather than climate change.

Keywords: historical biogeography, palynology, vegetation dynamics, desertification, grazing pressure, anthropogenic disturbance, Holocene, Spain.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas fundamentales de la interpretación de diagramas polínicos del Holoceno es la dificultad para interpretar los indicios de acción antrópica como agentes

---

\* Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de Murcia.

de cambio sobre la cubierta vegetal (DUPRÉ, 1988). El espectro polínico puede, ciertamente, sugerir algunos tipos de intervención humana, pero ni los palinomorfos poseen un valor indicador intrínseco, ni éste es siempre de la misma naturaleza, ni tenemos todavía los instrumentos adecuados para establecer una relación directa entre frecuencias polínicas y magnitud espacial del impacto del hombre sobre el paisaje.

Esta problemática contiene aspectos irresolubles. En principio, es innegable que los espectros polínicos no están diseñados para determinar de forma certera el área de cada población vegetal contribuyente (BIRKS, 1986). En las situaciones más favorables, se dispone de modelos de producción, dispersión y deposición polínicas con un elevado nivel de incertidumbre y cuyo poder explicativo aparece casi siempre subordinado a la influencia de condiciones locales (SUGITA, 1994; HICKS, 2001). En ámbito mediterráneo, este problema se acentúa por la marcada heterogeneidad fisiográfica y así, la multiplicación de datos experimentales sobre lluvia polínica no parece una vía de progreso esperanzadora.

Otras limitaciones son más fácilmente superables sin apartarse del paradigma palinológico. Por ejemplo, mejorando los criterios de selección de secuencias en virtud de su continuidad, resolución temporal y disposición geo-ecológica para abordar hipótesis antropogénicas. En otra dirección, estamos en disposición de garantizar que los estudios regionales que incluyan varias secuencias polínicas resultarán exitosos en términos de valoración comparativa de impactos (BRADSHAW, *et al.* 2000); más aún si se dan en el seno de una investigación multidisciplinar donde haya otros parámetros de resolución comparable dentro de la misma diacronía.

Pero hay todavía una aproximación que puede resultar de utilidad: la búsqueda de nuevos indicadores biológicos. La comparación de secuencias polínicas con registros de microfósiles silicificados, como las diatomeas, se ha generalizado de forma espectacular durante la última década (REED, 1998). En otros casos, se han alcanzado notables grados de correlación entre variación polínica y registro de diatomeas, crisofíceas, ostrácodos, cladóceros, quironómidos y foraminíferos (JUGGINS, 1996). Sin embargo, a veces no es necesario un tratamiento de laboratorio particular para obtener evidencias independientes de acción humana o cambio climático. Las mismas preparaciones microscópicas utilizadas para el análisis polínico suelen contener palinomorfos que, a menudo, son despreciados como elementos de identificación y recuento. Esto puede deberse al escaso conocimiento que hay sobre su distribución temporal, tafonomía y valor indicador. En la mayor parte de los casos, sin embargo, es la celeridad que demanda el análisis polínico de ingentes cantidades de sedimento.

Este artículo presenta la experiencia del autor con tres secuencias polínicas donde, ambicionando un espectro taxonómico más amplio y mejor discriminado, han aparecido evidencias coincidentes de pastoreo en el registro de microfósiles. Quizá a modo de recompensa por un esfuerzo analítico adicional, ha resultado que la variación en los porcentajes de esporas de *Riccia* y *Sordariaceae*, entre otros indicadores, se puede ligar a pausas y procesos de cambio vegetal donde la acción antrópica aparece como factor determinante.

## RICCIA Y SORDARIACEAE COMO INDICADORES DE PASTOREO

*Riccia* (Hepaticopsida, Bryophyta) es un género de hepáticas talosas terrícolas con esporas triletas subtriangulares de exina muy desarrollada y superficie externa reticulada (JOVET-AST, 1988). Tanto el tamaño como las características del retículo esporal son elementos críticos en la discriminación específica. *Riccia* incluye especies cosmopolitas, circummediterráneas y macaronésicas, comprendiendo un amplio espectro de afinidades ecológicas. La mayor parte de las especies tienen una vida vegetativa aparentemente efímera, aprovechando episodios de humidificación edáfica en primavera o verano para desarrollar el talo a partir de la spora. Sin embargo, el propio talo tiene una capacidad de supervivencia como propágulo que puede exceder los tres años en condiciones de aridez extrema.

Muchas especies de *Riccia* encuentran condiciones óptimas para la reproducción en ambientes pastoreados, especialmente en las proximidades de lagunas temporales o incluso en el centro de las mismas durante las fases de desecación. El paso del ganado supone un mecanismo excelente de dispersión tanto para la spora como para los propágulos. No en vano, algunas especies como *Riccia lamellosa*, *R. sorocarpa* o *R. atomarginata* suelen ser catalogadas por los briólogos como "nitrófilas". Este fenómeno se acentúa en sistemas montañosos de zonas áridas, donde la cabaña ganadera suele concentrarse temporalmente en torno a unos cuantos sistemas lagunares de pequeña extensión. En suma, la presencia de *Riccia* en un sedimento lacustre puede ser explicada por tres vías: coluvial, deposición *in situ* o incorporación biótica. En cualquiera de los tres casos, salvando la posibilidad de una preservación diferencial, una abundancia extraordinaria de esporas sugiere el incremento en la presión de pastoreo dentro de la cuenca de recepción.

Las sordariáceas (Sordariales, Ascomycota, Fungi) son una familia de pirenomicetos mayoritariamente coprófilos (LUNDQVIST, 1972). Algunos géneros como *Gelasinospora*, *Coniochaeta* o *Lasiosphaeria* son distinguibles palinológicamente. El grupo esporal considerado en este estudio incluye los Tipos 55A y 112 de Van Geel *et al.* (1981), así como el Tipo 205 de Van Geel *et al.* (1989). En general, se trata de esporas elipsoidales, unicelulares, con eje mayor no superando 20  $\mu$ m en la mayoría de los esporomorfos, y con un poro germinal apical de contorno protuberante, raras veces ornamentado o apiculado.

Las esporas de sordariáceas representan un componente conspicuo de algunos sedimentos lacustres y turbosos (PIROZYNSKI *et al.*, 1988), así como de una gran variedad de depósitos fósiles de origen fecal (CARRIÓN, *et al.*, 2000; NAVARRO, *et al.*, 2001). Un estudio reciente ha demostrado su abundancia en excrementos frescos de cabra, oveja, conejo y jabalí (CARRIÓN, en prensa, a). El carácter coprófilo de la familia sugiere que la incorporación de la spora será mayoritariamente "post-deposicional". Sin embargo, la dieta o incluso la geofagia podrían jugar su papel en ciertas situaciones. En un testigo lacustre, resulta concebible que los incrementos de *Sordariaceae* correspondan a fases de intensa presión ganadera y, por tanto, aporte fecal.

## SECUENCIAS POLÍNICAS

*Cañada de la Cruz*

La Cañada de la Cruz (38° 04' N, 2° 42' W, 1595 m) es una depresión intramontañosa situada en el sector meridional de la Sierra de Segura (Jaén) (Figura 1). La secuencia polínica corresponde a un testigo de arcillas orgánicas compactas que se obtuvo con sonda de percusión en la zona central de la laguna temporal situada en el eje del valle. La Cañada de la Cruz se encuentra en el ecotono supra-oromediterráneo. La vegetación actual está caracterizada por enebros rastreros (*Juniperus sabina*, *J. communis*), ejemplares dispersos de *Pinus nigra* y un matorral espinoso de *Ononis aragonensis*, *Prunus prostrata* y *Rhamnus saxatilis* con una capa basal de gramíneas.

El registro polínico ha permitido establecer los cambios de vegetación en las zonas altas de la Sierra de Segura durante la mayor parte del Holoceno (Figura 2). Lo más destacable es la constatación de alternancias bruscas y episódicas entre los pinares, supuestamente de *Pinus nigra*, y las formaciones herbáceo-arbustivas de gramíneas, enebros rastreros, bojas (*Artemisia*), quenopodiáceas y otros heliófitos. Estas variaciones suponen cambios abruptos en el límite altitudinal del bosque y se producen en torno a 8520, 3600, 2800, 1400 y 680 cal BP (Tabla 1). Se ha estimado que la mayoría de las transiciones tienen lugar en un intervalo temporal que iría desde varias décadas hasta una centuria (CARRIÓN, *et al.*, 2001a).

La correlación entre *Poaceae*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Juniperus*, *Asteraceae*, *Ephedra nebrodensis*, *Closterium* y Tipo 128 (PALS, *et al.*, 1980) sugiere condiciones frías y áridas para las zonas C1, C3 y C5. Los incrementos de *Quercus faginea* y otros caducifolios (*Fraxinus*, *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Ulmus*), junto con elementos termófilos (*Quercus ilex-coccifera*, *Pistacia*, *Cistus*, *Phillyrea*, *Ephedra fragilis*, *Olea*), angiospermas colonizadoras de los márgenes lagunares y micrófitos como *Zygnemataceae* sugieren la instalación de condiciones climáticas más favorables durante las zonas C2, C4 y C6 (Figura 2). Así pues, la mayor parte de la evidencia palinológica se inclina a favor de una hipótesis de control climático para estos cambios. Estando en el ecotono entre bosque y estepa de alta montaña, no es preciso imaginar variaciones importantes de la temperatura para explicar cambios abruptos en la vegetación, la cual se mostraría extraordinariamente sensible a una mayor o menor incidencia de los vientos y a la prolongación o acortamiento de la fase de actividad vegetal.

A partir de 691 cal BP hay evidencias de actividad agrícola a través de las curvas de *Plantago lanceolata*, *Cerealia*, *Vitis*, *Centaurea aspera* y *Papaver*. La asociación de *Genisteeae* y *Berberis* podría estar relacionada con la expansión del elemento espinoso-arbustivo consecuente con un incremento de la presión ganadera en los pastizales de alta montaña. Sin embargo, los procesos de estepización asociados a las transiciones C2-C3 y C4-C5 se ven precedidos por dos máximos de *Riccia* en torno a 4000 y 1500 cal BP respectivamente. En otras palabras, la presencia de *Riccia*, al igual que la de otros posibles arbustos espinosos como *Ononis*, *Prunus* y *Rhamnus*, es anterior a la zona C6 en varios milenios.

La sugerencia sería que el pastoreo, muy probablemente en forma de transhumancia estacional, habría sido una actividad humana importante en las zonas altas de la Sierra

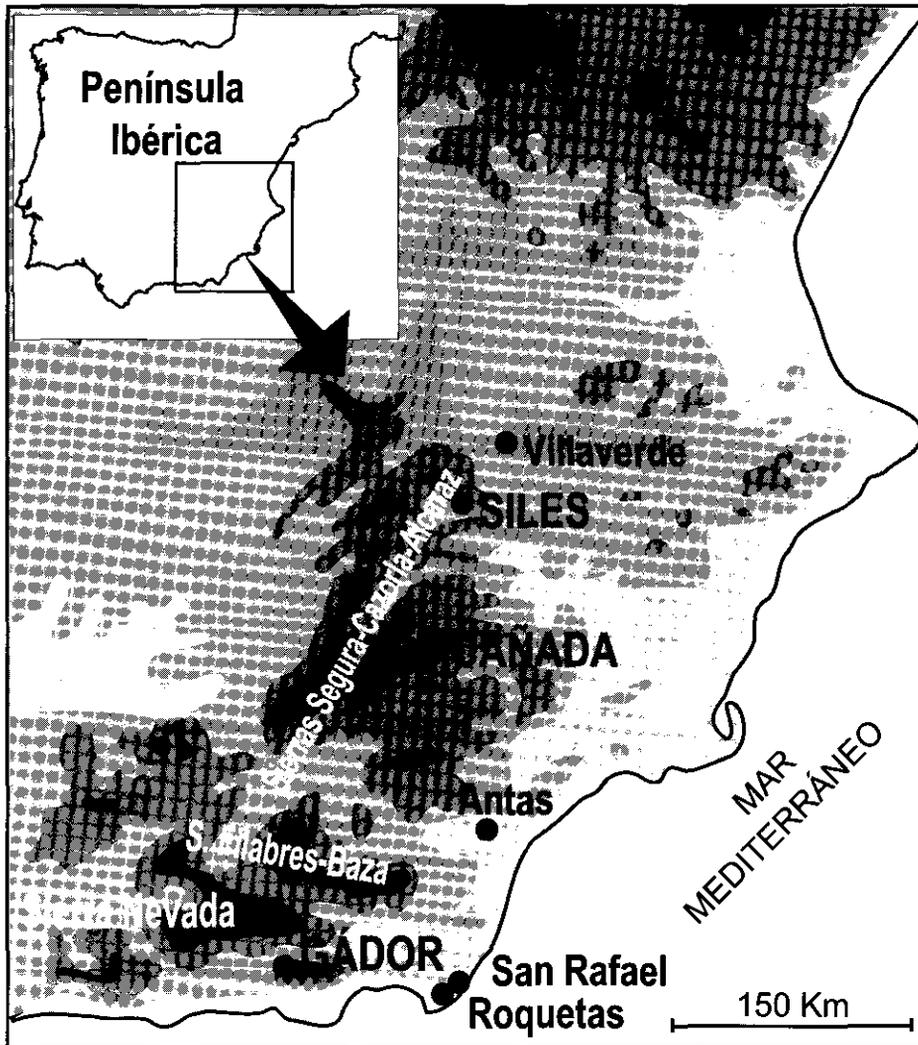


Figura 1. Localización de las secuencias polínicas de la Cañada de la Cruz, Siles, Gádor, Villaverde, Antas, San Rafael, Roquetas de Mar en el sureste de la Península Ibérica.

de Segura desde 4000 cal BP aproximadamente. El impacto agrícola, por contra, se habría hecho notar en el registro polínico sólo durante las últimas centurias. No es, en cualquier caso, esperable una agricultura intensiva a estas altitudes. Este escenario no niega la influencia del cambio climático, pero quizá la presión ganadera pudo haber acelerado procesos de degradación vegetal que habrían tenido lugar en otro contexto temporal bajo un determinismo estrictamente climático.

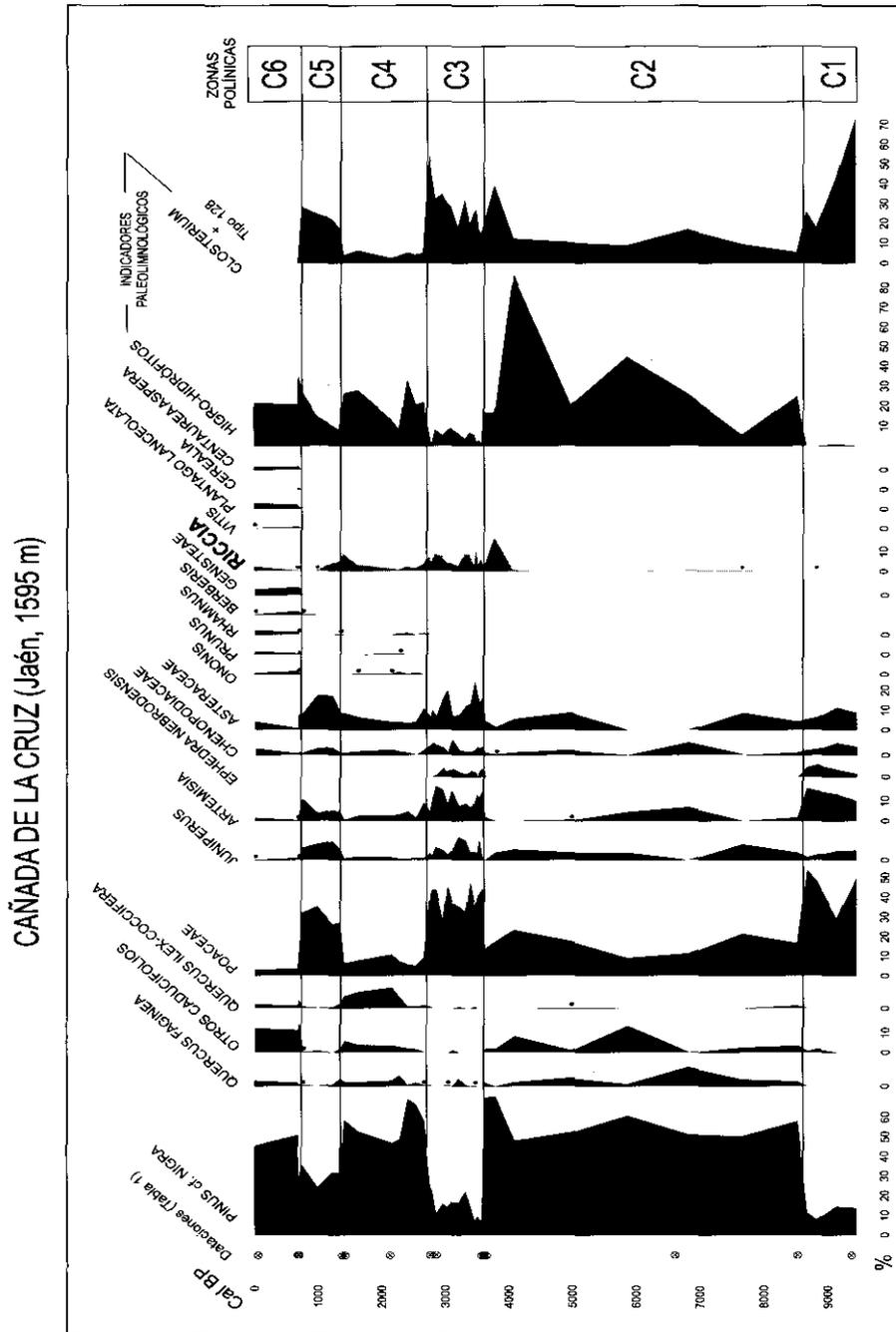


Figura 2. Diagrama polínico sintético de la Cañada de la Cruz (Jaén, 1.595 m).

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de la Cañada de la Cruz (Jaén). Calibraciones según Stuiver *et al.* (1998) (CALIB 4.3). La edad calibrada se tomó como el punto medio del intervalo de probabilidad (95.4%, 2 sigma)

Referencia Laboratorio	Prof. (cm)	<sup>14</sup> C años BP	Cal BP	Análisis
Pta-8009	0-2	1955/1956 AD	46	Convencional
Pta-7999	3-4	750 ± 90	672	Convencional
Pta-7883	8-10	790 ± 70	691	Convencional
GrA-13531	20-21	1500 ± 50	1370	AMS
GrA-14159	22-23	1550 ± 40	1414	AMS
GrA-14161	27-28	2130 ± 40	2119	AMS
Beta-141044	37-38	2630 ± 140	2751	Convencional
Pta-8342	43-45	2740 ± 50	2850	Convencional
GrA-14160	83-84	3350 ± 40	3560	AMS
Pta-8339	84-86	3370 ± 20	3600	Convencional
Pta-8340	86-88	3385 ± 30	3635	Convencional
Beta-141046	106-108	5820 ± 40	6600	AMS
Beta-141047	115-117	7770 ± 40	8520	AMS
Beta-13532	126-128	8320 ± 50	9360	AMS

### Siles

La Laguna de Siles (2° 30' W, 38° 24' N, 1320 m) se localiza a 6 km al oeste de la localidad del mismo nombre, en la provincia de Jaén, dentro del sector septentrional de la Sierra de Segura, en los límites con la Sierra de Alcaraz (Figura 1). La laguna es parte de un polje de unos 350 x 700 m, formado sobre calizas cretácicas (LÓPEZ-VÉLEZ, 1996). La laguna se sitúa en contexto bioclimático supramediterráneo, aunque debido al carácter accidentado de los relieves adyacentes, los pisos mesomediterráneo inferior y oromediterráneo se encuentran relativamente próximos. La vegetación de los alrededores está caracterizada por bosques abiertos de *Pinus nigra*, *P. pinaster* y *Quercus rotundifolia*, con varias especies de *Juniperus* (*J. communis*, *J. oxycedrus*, *J. phoenicea*, *J. thurifera*), arbustos espinosos (*Berberis hispanica*, *Rhamnus saxatilis*, *Erinacea anthyllis*, *Echinopartium boissieri*) y una capa basal de gramíneas.

La cronología se basa en doce fechas de radiocarbono obtenidas sobre extracto orgánico (Tabla 2). La secuencia ha sido datada entre 20276 y 505 cal BP aproximadamente. La zona SP1 (20300-11900 cal BP) se caracteriza por una vegetación esteparia con gramíneas, *Artemisia*, *Ephedra nebrodensis*, pinos y enebros dispersos. La asociación del Tipo 128 (PALS, *et al.*, 1980) con zigósporas de desmidiáceas sugiere condiciones oligo-mesotróficas y bajas temperaturas bajo contexto glacial (CARRIÓN y VAN GEEL, 1999).

El Holoceno comienza con el desarrollo local de bosques de *Pinus nigra* entre 11900 y 10100 cal BP aproximadamente. Se constata una cierta xerofitización durante la zona SP3 (10100-7400 cal BP), en coincidencia con mayores concentraciones de cistes de *Pseudos-*

*chizaea* y micropartículas de carbón. Ello sugiere unas condiciones lacustres caracterizadas por períodos prolongados de desecación estival y un escenario vegetal pirofítico. La zona SP4 (7400-5300 cal BP), por el contrario, representa condiciones comparativamente pelágicas, como indica la abundancia del micrófito *Botryococcus*. Se produce también un incremento importante del componente caducifolio y mediterráneo, mientras los taxa xerófilos se reducen al mínimo.

Tabla 2. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Siles (Jaén). Calibraciones según Stuiver *et al.* (1998) (CALIB 4.3). La edad calibrada se tomó como el punto medio del intervalo de probabilidad (95.4% , 2 sigma).

Referencia	Prof. (cm)	<sup>14</sup> C años BP	Cal BP	Análisis
Pta-8152	6-8	430 ± 90	505	Convencional
Beta-141045	28-30	1580 ± 40	1470	AMS
GrA-17550	34-36	1685 ± 40	1566	AMS
Beta-141043	39-41	1900 ± 40	1815	AMS
Pta-8152	45-47	2280 ± 80	2270	Convencional
GrA-15998	60-62	3125 ± 35	3357	AMS
GrA-17552	81-83	4520 ± 45	5180	AMS
GrA-16000	91-93	5160 ± 40	5916	AMS
Pta-8148	105-107	6350 ± 130	7267	Convencional
Beta-155405	135-137	9120 ± 80	10238	Convencional
Beta-155406	143-145	10300 ± 80	12110	Convencional
GrA-16119	170-172	17030 ± 80	20276	AMS

Atendiendo a la abundancia relativa de *Plantago* y a la aparición de *Vitis*, las únicas fases convencionalmente antrópicas serían SP8 y SP9. Sin embargo, la presencia de *Riccia* es casi continua en toda la secuencia, a la vez que este taxon se incrementa con anterioridad a la transición SP6-SP7, en la que tiene lugar el máximo de gramíneas. *Poaceae* alcanza su máximo alrededor de 1800 cal BP aproximadamente, mientras el aumento más evidente de *Riccia* tiene lugar en torno a 2200-2000 cal BP (Fig. 4). La zona SP8 (1550-500 cal BP) se caracteriza por alternancias rápidas de *Pinus nigra* y *Poaceae* (Figura 4).

La tasa de cambio en los espectros polínicos vendría a representar el índice de sensibilidad de la cubierta vegetal a cualquier tipo de perturbación externa o agente dinámico interno. Dicha tasa se eleva considerablemente durante SP7-SP9, en coincidencia con los máximos en indicadores de acción antrópica, microcarbones y porcentajes de gramíneas (Figura 3). En conjunto, es la fase de máxima regresión forestal dentro del Holoceno. El conjunto palinológico, por tanto, sugiere fuerte presión ganadera en los alrededores de la Laguna de Siles desde aproximadamente 2400 cal BP y cierto incremento de las actividades agrícolas en la Sierra de Segura desde 1400 cal BP.

La comparación entre las secuencias de la Cañada de la Cruz (Figura 2), Ojos de Villaverde, Albacete (CARRIÓN *et al.*, 2001, b) y Siles (Figura 3), indica que el Holoceno

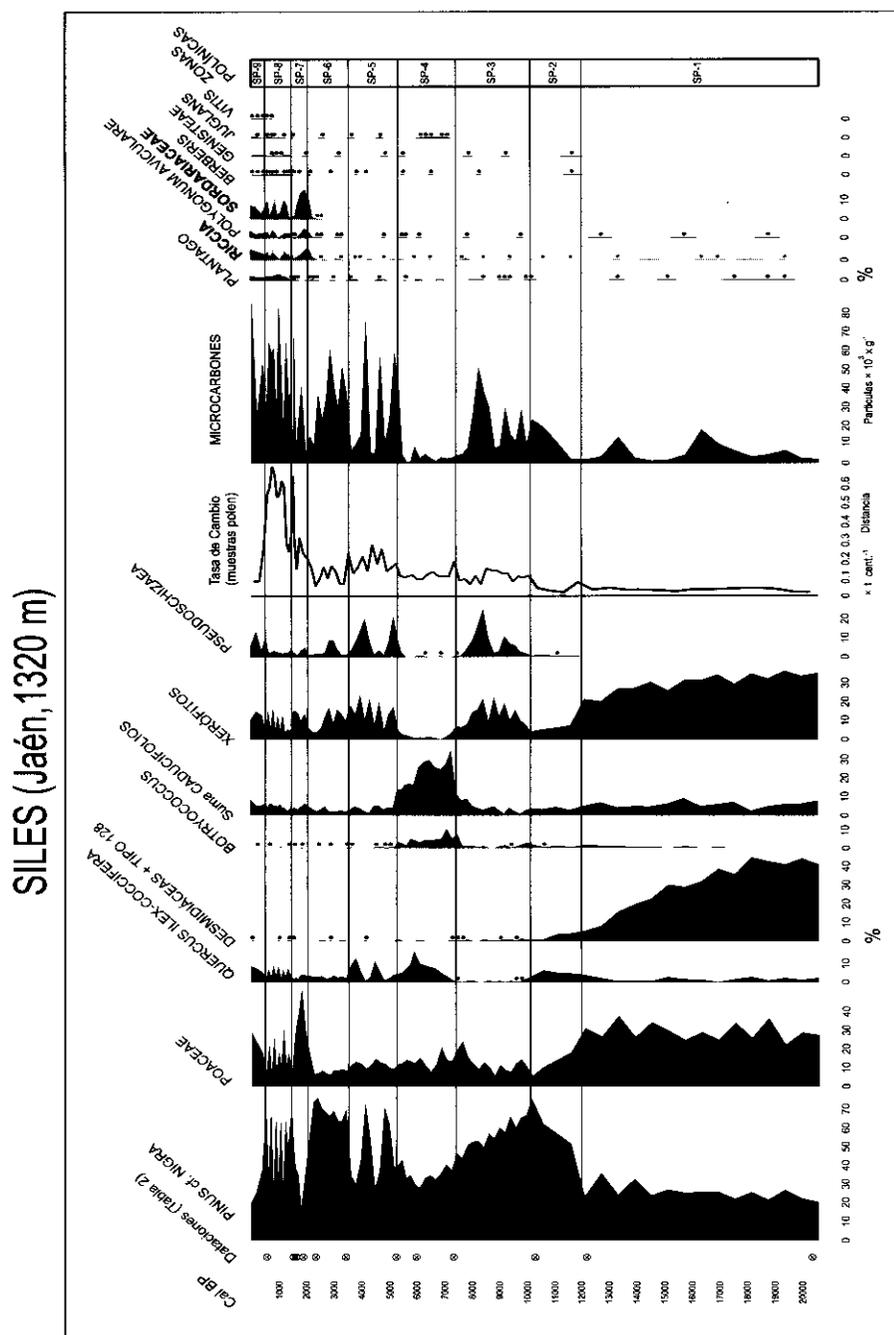


Figura 3. Diagrama polínico sintético de Siles (Jaén, 1.320 m).

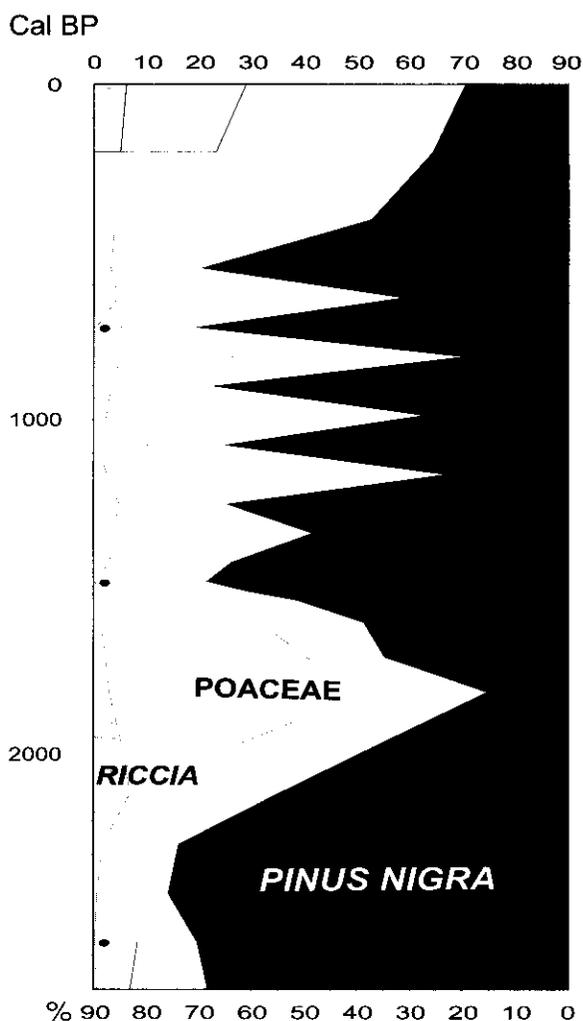


Figura 4. Intervalo de la secuencia polínica de Siles correspondiente a la máxima incidencia de *Riccia*. Relaciones con las curvas de *Poaceae* y *Pinus*.

reciente ha sido una etapa de enorme variabilidad ambiental en la Sierra de Segura. No es descartable que dicha variabilidad se deba a la heterogeneidad espacial de los impactos del hombre sobre la vegetación. En los pisos oro y supramediterráneo, la influencia humana sobre el bosque habría tenido lugar bastante antes de la aparición de los indicadores palinológicos habituales de acción antrópica. El impacto de la ganadería habría promovido incrementos locales en la extensión de los pastizales de gramíneas de hoja dura. Así, *Riccia* aumenta antes en la Cañada de la Cruz (4000 cal BP) que en Siles (2400

cal BP), probablemente debido al hecho de que los pastizales son naturales por encima del límite forestal. Sin embargo, *Plantago* y otros indicadores de agricultura y arboricultura (*Cerealia*, *Vitis*, *Papaver*, *Centaurea aspera*, *Puccinia*, *Tilletia*, *Typos* 984, 985, 988, *Olea*, *Fraxinus*, *Juglans*), o degradación forestal (*Berberis*, *Genistea*, *Cistus*, *Rhamnus*), se incrementan antes en Villaverde (2200-1600 cal BP), después en Siles (1400 cal BP), y finalmente en la Cañada de la Cruz (670 cal BP).

#### Gádor

La Sierra de Gádor es un macizo calcáreo adyacente a la Depresión de Tabernas, uno de los territorios más áridos de la Península Ibérica, en la provincia de Almería. El testigo analizado para palinología corresponde a una pequeña laguna temporal (2° 55'W, 36° 54'N, 1530 m), situada a unos 11 km al noreste de Berja, en la vertiente occidental del macizo (Figura 1). La situación bioclimática es supramediterránea, aunque la lluvia polínica incluye un importante componente de los pisos inferiores. La Sierra de Gádor está deforestada en la actualidad y la mayor parte de especies potencialmente arbóreas como *Quercus rotundifolia* o *Q. faginea* muestran hábito arbustivo o crecen como individuos aislados en algunos barrancos (Mota *et al.* 1997). Las zonas adyacentes a la laguna están dominadas por *Berberis hispanica* y *Juniperus oxycedrus*, con *Crataegus monogyna*, *Quercus rotundifolia*, *Lonicera arborea*, *Prunus ramburii*, gramíneas y varias especies de *Rosa*. Los arbustos prostrados espinosos (*Vella spinosa*, *Hormatophylla spinosa*, *Ononis aragonensis*, *Erinacea anthyllis*, *Echinopartum boissieri*, *Dianthus pungens*, *Rhamnus saxatilis*, *Prunus prostrata*) constituyen una característica singular del paisaje cacuminal de Gádor.

La secuencia vegetal queda enmarcada entre 6850 y 1160 cal BP (Tabla 3, Figura 5). Durante la zona G1 (6850-6060 cal BP), los espectros polínicos están dominados por *Pinus*, cuya curva muestra tres fases de declive (6750, 6550 y 6350 cal BP) coetáneas de tres picos de *Quercus caducifolia* (probablemente *Q. faginea*). Esta fase corresponde al máximo termo-mesofítico, constatándose una cierta abundancia de *Alnus*, *Fraxinus*, *Acer*, *Corylus*, *Betula*, *Ulmus*, *Salix*, *Quercus ilex-coccifera*, *Taxus*, *Chamaerops*, *Phillyrea*, *Arbutus*, *Myrtus*, *Maytenus*, *Asparagus*, *Olea* y *Pistacia*.

En la zona G2 (6060-3940 cal BP), los bosques de pino son reemplazados por *Quercus faginea* manteniéndose proporciones notables de algunos caducifolios hasta 4800-4500 cal BP aproximadamente. A partir de ahí, se produce un decremento general del componente mesófilo que culmina en la zona G3 (3940-1760 cal BP), caracterizada por alternancias rápidas (unos 50 años) de *Pinus* y *Quercus ilex-coccifera*. Muy brevemente durante la zona G4 (1760-1620 cal BP), la curva de *Pinus* alcanza un último máximo a 1700 cal BP que coincide con el mínimo de *Quercus ilex-coccifera*. A partir de ahí y, después durante la zona G5 (1620-1160 cal BP), *Pinus* disminuye progresivamente, al tiempo que aumentan *Quercus ilex-coccifera*, xerófitos como *Cupressaceae* y *Poaceae* y elementos espinosos como *Genistea*, *Rhamnus*, *Berberis* y *Periploca*. Este cambio a 1600 cal BP aproximadamente, es precedido por incrementos de *Sordariaceae*, *Polygonum aviculare* y *Riccia*. La incidencia del matorral espinoso de *Rhamnus*, *Berberis*, *Ononis*, *Ziziphus*, *Periploca* y *Calicotome* es continua durante esta fase, registrándose la aparición de *Vitis* a 1680 cal BP.

Tabla 3. Dataciones radiocarbónicas de la secuencia de Gádor (Almería). Calibraciones según Stuiver *et al.* (1998) (CALIB 4.3.). La edad calibrada se tomó como el punto medio del intervalo de probabilidad (95.4% , 2 sigma)

Referencia	Prof. (cm)	<sup>14</sup> C años BP	Cal BP	Análisis
GrA-17553	20-22	1240±40	1160	AMS
GrA-17556	42-44	1705±40	1620	AMS
GrA-17554	54-57	1825±40	1760	AMS
GrA-17557	132-134	3645±45	3940	AMS
Beta-155407	188-190	5290±70	6060	Convencional
Beta-155408	210-212	6020±80	6850	Convencional

El registro paleolimnológico permite postular un control climático a largo plazo. *Apium* y *Typha* sugieren la existencia de un cuerpo de agua semipermanente durante la zona G1. El incremento de *Pseudoschizaea*, en paralelo con la curva de xerófitos, reflejaría desecación estacional más acentuada durante G2-G5. Como vemos, el Holoceno medio representa, también en el sureste semiárido, el óptimo para el desarrollo de los caducifolios, mientras que el Holoceno reciente sería una fase generalmente árida, dominada por bosques de pino y bajo un régimen de incendios más recurrente. Las secuencias paleoecológicas de San Rafael, Antas y Roquetas de Mar, en la costa almeriense (Figura 1) muestran relaciones similares para *Pseudoschizaea* y *Artemisia*, mientras que los máximos forestales se dan entre 8200 y 5500 cal BP (YLL *et al.*, 1994; PANTALEÓN *et al.*, en prensa).

No obstante lo anterior, la respuesta de la vegetación al clima muestra importantes desfases, lo cual sugiere la contingencia de factores ecológicos. Así, el establecimiento de los bosques de *Quercus faginea* en la zona G2 se presenta como una respuesta umbral mediada por competencia, mientras que su reemplazamiento posterior por formaciones de *Pinus* y *Quercus-ilex-coccifera* está claramente condicionado por un cambio en la frecuencia de incendios. De hecho, los picos de microcarbones desde el comienzo de la secuencia hasta aproximadamente 4100-4200 cal BP se reiteran cada 300-400 años, mientras que a partir de ahí lo hacen cada 100-200 años, por término medio.

En este contexto, la acción antrópica viene a ser un elemento crítico de perturbación. No sólo porque el hombre podría ser responsable de la mayor incidencia del fuego, sino porque el propio fenómeno del pastoreo en las cumbres de la Sierra de Gádor debe haber sido muy antiguo. Los registros de *Sordariaceae* y *Riccia*, en este caso acompañados por *Polygonum aviculare* y un número elevado de elementos plausiblemente espinosos, coinciden en sugerir un incremento del pastoreo local desde 1700-1650 cal BP, o sea, justo antes de la transición G4-G5 en la que se produce el comienzo de la fase de máxima deforestación y pérdida de taxa leñosos. Quizá las expansiones de *Ziziphus*, *Withania*, *Periploca* y *Calicotome* respondan igualmente a una mayor presión ganadera en los territorios termomediterráneos e inframediterráneos. Es también digno de mención que, aunque con

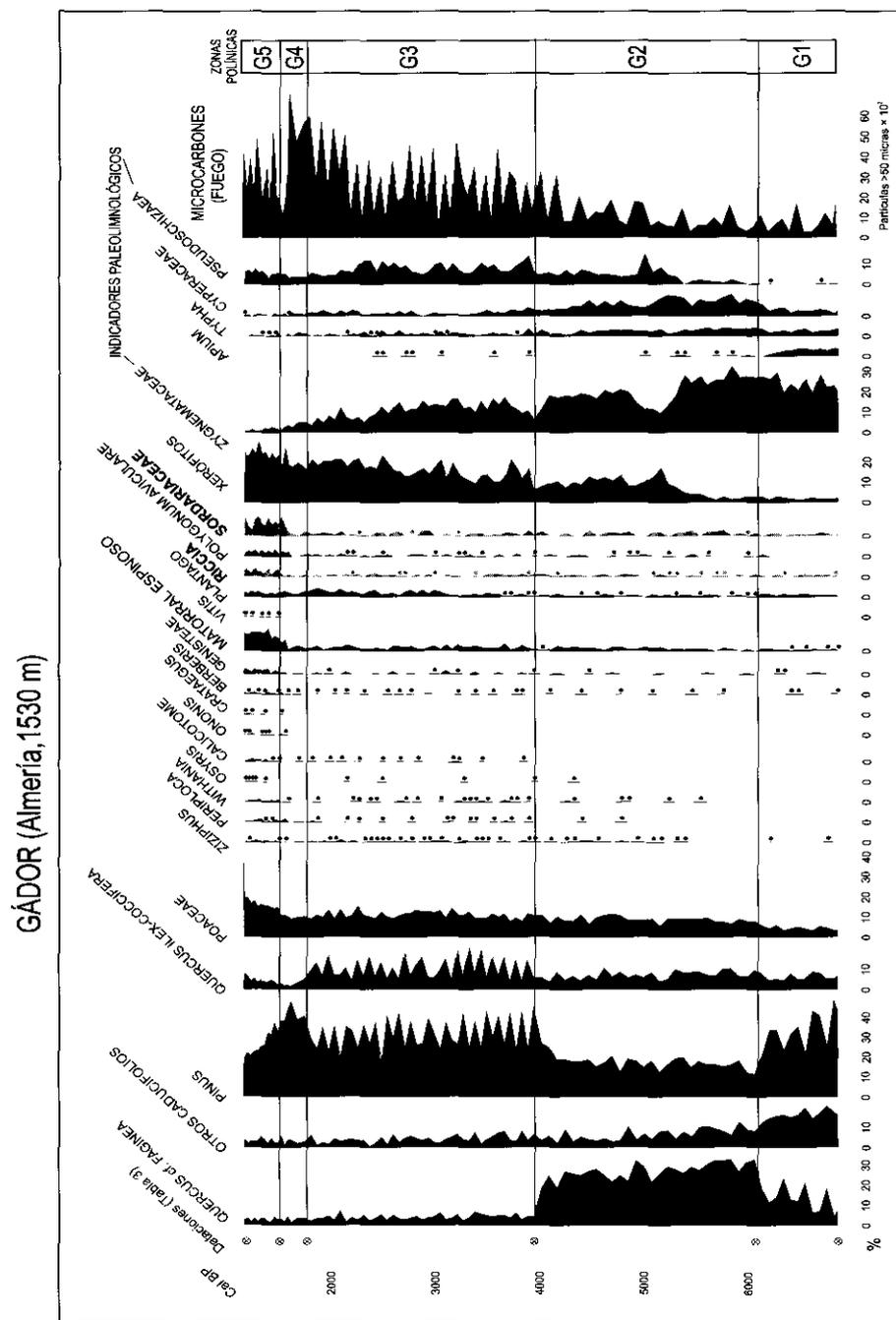


Figura 5. Diagrama polínico sintético de Gádor (Almería, 1530 m).

menor abundancia, las esporas de *Sordariaceae* y *Riccia* aparecen desde el comienzo de la secuencia, mientras que *Plantago* aumenta a partir de 3100 cal BP.

Numerosas excavaciones arqueológicas, a veces incluyendo estudios paleocarpológicos, antracológicos y arqueo-palínológicos (RODRÍGUEZ-ARIZA, 1992; DAVIS Y MARISCAL, 1994; BUXÓ, 1997), evidencian que la degradación vegetal y el pastoreo con cabras y ovejas fueron importantes en la región desde el advenimiento de la Cultura de los Millares y muy intenso durante tiempos argáricos (CÁMALICH Y MARTÍN, 1999; CASTRO, *et al.*, 1999). La imagen que deriva de estos estudios sugiere, sin embargo, una deforestación mucho más antigua en las zonas bajas de lo que se observa en estos territorios montañosos.

#### REFLEXIÓN FINAL

La regresión de los bosques de alta montaña en el sureste ibérico se presenta en los palinogramas como un proceso natural inducido por una tendencia climática aridificante que viene agudizándose durante los últimos 4500-5000 años. El fuego, influenciado por la aridez y la acción roturadora del hombre, ha sido un factor determinante del *tempo* del cambio en las especies dominantes del bosque durante todo el Holoceno. Durante los últimos dos milenios, y plausiblemente antes, la incidencia combinada de fuego y pastoreo habría llevado a muchos ecosistemas forestales más allá de su umbral de vulnerabilidad. Las formaciones oro y supramediterráneas, actualmente dominadas por gramíneas xerofíticas, enebros rastreros, pinos dispersos, arbustos espinosos y especies nitrófilas, representan un escenario antropogénico.

Cabe finalmente reflexionar sobre la posibilidad de que el herbivorismo haya tenido alguna influencia sobre los cambios de vegetación observados durante el Cuaternario en fases preantrópicas. La presión de consumidores primarios como antílopes y elefantes, por ejemplo, es un determinante de primer orden en la composición y fisionomía de formaciones actuales en amplios espacios naturales protegidos de Africa (OWEN-SMITH Y DANCKWERTS, 1997). Aún careciendo de estimas cuantitativas sobre el tamaño de las poblaciones de herbívoros que caracterizan la megafauna cuaternaria ibérica, no resulta difícil imaginar el impacto que ocasionarían sobre la vegetación. La visión de las estepas cuaternarias como formaciones determinadas climáticamente parece bien asentada, a juzgar por la literatura palinológica. Sin embargo, muchas especies de quenopodiáceas, gramíneas, compuestas y labiadas son zoócoras y se encuentran bien adaptadas a diversos tipos de herbivorismo. Busquemos, pues, vías de aproximación empírica a la hipótesis del herbivorismo como agente determinante de formaciones abiertas durante el Cuaternario. La palinología podría no haber alcanzado todavía el techo de su potencial paleoecológico.

#### AGRADECIMIENTOS

Mi existencia como palinólogo se justifica por la dedicación de Michèle Dupré como maestra inagotable y generosa. A ella dedico este artículo. Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Educación y Ciencia a través del proyecto ARDACHO

(Ref. BOS2000-0149) y por la Fundación Séneca de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia a través del proyecto PI-17/00739/FS/01.

#### REFERENCIAS

- BENNETT, K.D. (2000): *Psimpoll* and *pscomb*: computer programs for data plotting and analysis. <http://www.kv.geo.uu.se/software.html>.
- BIRKS, J.H.B. (1986): Late Quaternary biotic changes in terrestrial and lacustrine environments, with particular reference to north-west Europe. BERGLUND, B.E. (ed.): *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*, Wiley, Chichester, pp. 3-65
- BRADSHAW, R., LINDBLADH, M., HOLMQVIST, B.H. y COWLING, S. (2000): Shift from deciduous to coniferous forest in southern Scandinavia driven by climate change and land-use interactions. *PAGES Newsletter* 8 (3): 29-30
- BUXÓ, Ramón (1997): *Arqueología de las plantas*. Crítica, Barcelona, 367 pp.
- CAMALICH, M.D. y MARTÍN, D. (1999): *El territorio almeriense desde los inicios de la producción hasta fines de la antigüedad. Un modelo: la Depresión de Vera y Cuenca del Río Almanzora*. Arqueología, Monografías, Junta de Andalucía, Sevilla, 435 pp.
- CARRIÓN, J.S. y 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. (en prensa, a). A taphonomic study of modern pollen assemblages from dung and surface sediments in arid environments of Spain. *Review of Palaeobotany and Palynology*.
- CARRIÓN, J.S. (en prensa, b). Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe. *Quaternary Science Reviews*.
- CARRIÓN, J.S., ANDRADE, A., BENNETT, K.D., NAVARRO, C. y MUNUERA, M. (2001a). Crossing forest thresholds: inertia and collapse in a Holocene sequence from south-central Spain. *The Holocene* 11: 635-653
- CARRIÓN, J.S., MUNUERA, M., DUPRÉ, M. y ANDRADE, A. (2001b): Abrupt vegetation changes in the Segura mountains of southern Spain throughout the Holocene. *Journal of Ecology* 89, 783-797
- CARRIÓN, J.S., SCOTT, L., HUFFMAN, T. y DREYER, C. (2000): Pollen analysis of Iron Age cow dung in southern Africa. *Vegetation History and Archaeobotany* 9: 239-249
- CASTRO, P.V., CHAPMAN, R.W., SURIÑACH, S., LULL, V., MICÓ, R., RIHETE, C., RISCH, R. y SANAHUJA, M.E. (1999): *Proyecto Gatas. 2. La dinámica arqueoecológica de la ocupación prehistórica*. Arqueología, Monografías, Junta de Andalucía, Sevilla, 426 pp.
- DAVIS, O.K. y MARISCAL, B. (1994): A comparison of archaeological palynology of Almería, Spain, and coastal southern California, U.S.A. DAVIS, O.K. (ed.): *Aspects of archaeological palynology: methodology and applications*. AASP Contributions Series 29: 75-82
- DUPRÉ, M. (1988): *Palinología y paleoambiente. Nuevos datos españoles. Referencias*. Servicio de Investigación Prehistórica. Serie de Trabajos Varios, No. 84, Valencia.
- HICKS, S. (2001): The use of annual arboreal pollen deposition values for delimiting tree-lines in the landscape and exploring models of pollen dispersal. *Review of Palaeobotany and Palynology* 117: 1-30

- JOVET-AST, S. (1988): Les *Riccia* de la Région Méditerranéenne. *Cryptogamie, Bryologie, Lichenologie* 7: 287-431
- JUGGINGS, S. (1996): The PALICLAS database. GUILIZZONI, P. y F. OLDFIELD (eds.): *Palaeoenvironmental analysis of Italian Crater lake and Adriatic sediments*. Istituto Italiano de Hidrobiologia, pp. 321-328
- LUNDQVIST, N. (1972): Nordic Sordariaceae s. lat. *Symbolae Botanicae Uppsalienses* 20: 332-335
- MOTA, J., CABELLO, J., CUETO, M., GÓMEZ, F., GIMÉNEZ, E. y PEÑAS, J. (1997): *Datos sobre la vegetación del sureste de Almería (Desiertos de Tabernas, Karst en Yesos de Sorbas y Cabo de Gata)*. Servicio Publicaciones Universidad de Almería.
- NAVARRO, C., CARRIÓN, J.S., MUNUERA, M. y PRIETO, A.R. (2001): Cave surface pollen and the palynological potential of karstic cave sediments in palaeoecology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 117: 245-265
- OWEN-SMITH, N. y DANCKWERTS, J.E. (1997): Herbivory. COWLING, R.M., RICHARDSON, D.M. y PIERCE, S.M. (eds.): *Vegetation of southern Africa*. Cambridge University Press, New York, pp. 397-420
- PALS, J.P., VAN GEEL, B., DELFOS, A. (1980): Paleocological studies in the Klokkeweel Bog near Hoogkarspel (Prov. of Noord-Holland). *Review of Palaeobotany and Palynology* 30: 371-418
- PANTALEÓN-CANO, J., YLL, E.I., PÉREZ-OBOL, R. y ROURE, J.M. (en prensa). Palynological evidence for vegetational history in semi-arid areas of the western Mediterranean (Almería, Spain). *The Holocene*.
- PIROZYNSKI, K.A., JARZEN, D.M., CARTER, A. y DAY, R.G. (1988): Palynology and mycology of organic clay balls accompanying mastodon bones - New Brunswick, Canada. *Grana* 27: 123-139
- REED, J.M. (1998): Diatom preservation in the recent sediment record of Spanish saline lakes: implications for palaeoclimate study. *Journal of Palaeolimnology* 19: 129-137
- RODRÍGUEZ-ARIZA, M.O. (1992): *Las relaciones hombre-vegetación en el sureste de la Península Ibérica durante las edades del Cobre y Bronce a partir del análisis antracológico de siete yacimientos arqueológicos*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- STUIVER, M., REIMER, P.J., BARD, E., BECK, J.W., BURR, G.S., HUGHEN, K.A., KROMER, B., McCORMAC, G., PLICHT, J., y SPURK, M. (1998): INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal BP. *Radiocarbon* 40: 1041-1083
- SUGITA, S. (1994): Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation. *Journal of Ecology* 82: 881-898
- 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., 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
- YLL, E.I., PANTALEÓN-CANO, J. y PÉREZ-OBOL, R. (1994): Análisis polínico de una secuencia holocénica en Roquetas de Mar (Almería). MATEU, I., DUPRÉ, M., GÜEMES, J., BURGAS, M.E. (eds.): *Trabajos de palinología básica y aplicada*, Universidad de Valencia, Valencia, pp. 189-198