

DETECCIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA DURANTE EL HOLOCENO RECIENTE, A TRAVÉS DE LA ASOCIACIÓN DE PALINOMORFOS POLÍNICOS Y NO POLÍNICOS EN DOS DEPÓSITOS HIGROTURBOSOS (EL BERRUECO Y RASCAFRÍA) EN LA SIERRA DE GUADARRAMA, MADRID

M. B. RUIZ ZAPATA¹, C. GÓMEZ GONZÁLEZ¹, J. A. LÓPEZ SÁEZ², M. J. GIL GARCÍA¹, J. I. SANTISTEBAN³, R. MEDIAVILLA⁴, M. DORADOVALIÑO¹ Y A. VALDEOLMILLOS RODRÍGUEZ¹

¹ Departamento de Geología. Edificio de Ciencias, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares, Madrid.

E-mail: blanca.ruiz@uah.es

² Laboratorio de Arqueobotánica. Departamento de Prehistoria, Instituto de Historia, CSIC, Duque de Medinaceli, 6. 28014 Madrid.

E-mail: alopez@ih.csic.es

³ Departamento de Estratigrafía. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid.

E-mail: juancho@geo.ucm.es

⁴ Instituto Geológico y Minero de España. C/ Calera, 1. 28760 Madrid.

E-mail: r.mediavilla@igme.es

Resumen

La percepción palinológica de la actividad antrópica se basa en la utilización de los llamados indicadores polínicos de antropización (Iversen, 1949; Turner, 1964; Van Zeist, 1966; Berglund, 1969; Behre, 1981, 1986, 1988; Jalut, 1991; Richard, 1983, 1985, 1994a, 1994b, 1995, 1997); este es el caso de las asociaciones de los palinomorfos nitrófilos de carácter antropozoógeno y antrópico, asociados a los palinomorfos no polínicos de afinidad coprófila, que permiten la identificación del uso del territorio.

En las secuencias polínicas de las turberas de la Tolla Collado de El Berrueco (El Berrueco, CAM) y de la Tolla de Los Grifos (Rascafría, CAM), los indicadores polínicos de antropización han puesto de manifiesto que el paisaje vegetal reconstruido, eminentemente herbáceo, está dominado por zonas de pastizal dedicadas a la ganadería, unas veces trashumante y otras, más sedentario. Por otro lado, la presencia de microfósiles no polínicos como *Pseudoschizaea circula* y *Glomus cf. fasciculatum* (Tipo 207), estarían relacionados posiblemente con el desarrollo de procesos erosivos *in situ* favorecidos por el sobrepastoreo.

Palabras clave: Sistema Central Español, taxones antropozoógenos, Palinología, Holoceno reciente, actividades humanas, palinomorfos no polínicos.

Abstract

[Pollen and non-pollen record to detect human activity during Late Holocene environments in Guadarrama mountain range, Madrid (El Berrueco and Rascafría peats)]. We present the results of a palynological analyses (pollen and non-Pollen Palynomorphs) carried out in two cores obtained of a deposit located in Guadarrama Range (Madrid. Spain). The principal aim is to obtain an association of pollen and non-Pollen Palynomorphs (Iversen, 1949; Turner, 1964; Van Zeist, 1966; Berglund, 1969; Behre, 1981, 1986, 1988; Jalut, 1991; Richard, 1983, 1985, 1994a, 1994b, 1995, 1997) in order to define the human activity in the study area. Palynological data shows a landscape dominated by herbaceous plants, where we distinguish two groups with different affinities; one group is formed

by the anthropogenic which determine human uses, the other group is dominated by anthropozoogenic taxa associated with animals. Coprophilous non-Pollen Palynomorphs that helped us to the interpretation are represented for the Types 55A, 113, 165 y 368. The fluctuations between both groups establish the different uses of the landscape. *Pseudoschizaea circula* and *Glomus cf. fasciculatum* (Tipo 207) presences, shows some erosive phases due human activity.

Key words: Central Mountain Range Spain, anthropozoogenic taxa, Palynology, Late Holocene, human activities, non pollen palynomorphs.

INTRODUCCIÓN

Se presentan los datos de carácter polínico, procedentes de dos formaciones higroturbosas de origen periglaciario, ubicadas al NO de la Comunidad de Madrid (Sierra de Guadarrama, sector oriental del Sistema Central), con el fin de reconstruir la dinámica de la vegetación y su relación con la actividad antrópica, en base a la identificación de aquellos microfósiles polínicos y no polínicos, que de un modo individual o agrupados, van asociados a prácticas antropozoógenas y que cumplen con determinadas afinidades ecológicas.

La Tolla Collado de El Berrueco (TCB) está situada en el Término Municipal de El Berrueco (Madrid), en el paraje conocido como *El Collado de la Tejera*, al pie del Macizo Plutónico de La Cabrera y a una altitud de 1.035 msnm; la Tolla de Los Grifos (RAS), se localiza en el Término Municipal de Rascafría a una altitud de 1.180 msnm en el valle del Lozoya (Fig. 1). El sustrato está constituido por gneises preordovícicos y metasedimentos prevariscos que han sido intruídos por granitos y granitoides (Vera, 2004); sobre estos materiales se depositan sedimentos cuaternarios, relacionados con la erosión diferencial de las rocas, debido a la acción modeladora generada por procesos glaciares, fluviales, periglaciares y de ladera; en estos contextos son frecuentes los desarrollos de formaciones turbosas puntuales, como es el caso de los depósitos objeto del presente trabajo.

Desde el punto de vista de la vegetación y de acuerdo a las características de zonación biogeográfica (Peinado & Rivas, 1987), la zona de estudio se encuentra enmarcada en el reino Holártico, distrito Guadarramense y piso bioclimático Supramediterráneo medio. La temperatura media anual oscila entre 8° y 13 °C, la media de las mínimas del mes más frío entre -4° y -1 °C, y la media de las máximas del mes más frío

entre 2° y 9 °C. El índice de termicidad está entre 60 y 120 (Peinado y Rivas, 1987).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los testigos analizados (TCB de 50 cm y RAS de 60 cm) se obtuvieron mediante el empleo de una sonda manual tipo Rusa. Las muestras, tomadas cada 2 cm, fueron tratadas químicamente de acuerdo a los protocolos clásicos (ataque mediante ácidos y álcalis), propuestos por Girard & Renault-Miskovsky (1969), Goeury & de Beaulieu (1979) y Burjachs (1990) y el residuo fue sometido a técnicas de enriquecimiento, mediante la concentración del polen por flotación en licor denso de Thoulet.

La lectura y recuento del contenido polínico se realizó de acuerdo al método propuesto por Cambón (1981), a través de los microscopios ópticos (Nikon Alphaphot-2 YS2) y de puente de comparación (Laborlux S), ambos con objetivos de 10x40. En la determinación de los granos de polen se utilizó la bibliografía de Valdés *et al.* (1987), Moore *et al.* (1991), y Reille (1992); la diferenciación de *Pinus pinaster* respecto del *Pinus sylvestris* se basó en Arobba (1979), Díaz-Laviada (1989) y Mateus (1992). Para la identificación de los microfósiles no polínicos se ha seguido la tipología numérica establecida por la Escuela del Dr. B. Van Geel de la Universidad de Ámsterdam (Holanda) así como en los trabajos realizados por Van Geel & Aptroot (2006), Medeanic (2006), Kruijs, *et al.* (2006), Argant *et al.* (2006), López y López (2005), López Sáez y Burjachs (2002); López Sáez *et al.* (1998), entre otros.

Los diagramas sintéticos de frecuencias relativas (Figs. 2 y 3) se han elaborado mediante los programas informáticos TILIA-TILIA GRAPH y TGView 2.0.2 (Grimm, 1987). El cálculo de los porcentajes relativos

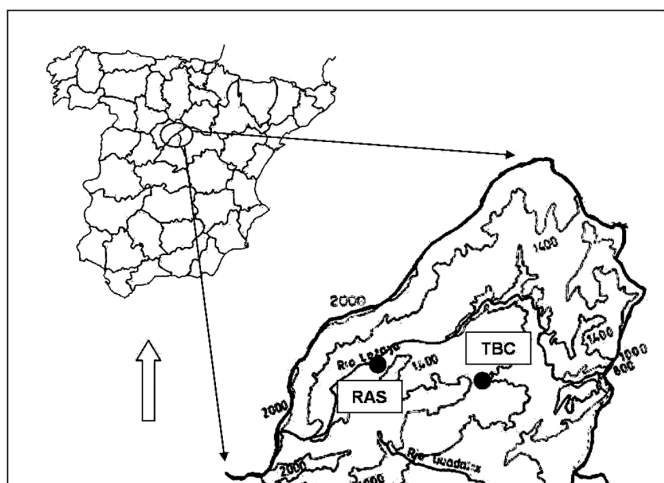


FIGURA 1—Situación Geográfica de las secuencias TCB (Tolla Collado de El Berrueco) y RAS (Tolla Los Grifos).

FIGURE 1—TBC (Tolla Collado de El Berrueco) and RAS (Tolla Los Grifos) geographical situation.

de los taxones arbóreos, arbustivos y herbáceos, se ha realizado a partir de la suma base (arbóreos + arbustivos + herbáceos) de esta se han excluido los pólenes de pastizales higrófitos, *Pinus sylvestris* y los microfósiles no polínicos. El cálculo de los porcentajes relativos de los taxones acuáticos, esporas y otros palinomorfos se ha realizado a partir de la suma total (arbóreos + *Pinus sylvestris* + arbustivos + herbáceos + acuáticos + microfósiles no polínicos). Con el fin de facilitar su lectura e interpretación, los taxones se han agrupado de acuerdo a su procedencia arbórea, arbustiva y herbácea, ya que esta gráfica muestra la evolución general de la vegetación a lo largo de la secuencia así como al grupo de dominante en el paisaje. La ordenación en cada grupo responde a la similitud de las exigencias ecológicas; de este modo se han empleado términos como:

- Pinares altimontanos (*Pinus sylvestris* tipo)
- Bosque caducifolio (*Quercus pyrenaica* tipo + *Prunus* tipo), bosque perennifolio (*Quercus ilex* tipo + *Cistus ladanifer* tipo)
- Bosque ripario (*Alnus* + *Fraxinus* + *Salix* + *Corylus* + *Betula*)
- Pastizales vivaces de origen antropozoógeno o pastos de siega, procedentes generalmente de pastizales anuales por pastoreo (Poaceae + Fabaceae + Caryophyllaceae + *Fumaria officinalis* tipo + Brassicaceae + *Campanula* tipo y Apiaceae)
- Comunidades nitrófilas antrópicas, ruderales, de carácter antrópico, cuya presencia está ligada a la

existencia de nitrógeno asimilable en el suelo sin tener un origen zoógeno (*Aster* tipo + Cardueae + Cichorioideae + *Dipsacus fullonum* tipo + *Papaver rhoeas* tipo + Boraginaceae + *Rumex acetosa* tipo + Solanaceae + *Malva sylvestris* tipo + *Centaurea nigra* tipo y *Artemisia*)

- Comunidades de acusado carácter nitrófilo antropozoógenos ligados a medios fuertemente nitrificados por el ganado, sometidos a cierto pisoteo, que proliferan próximas a núcleos urbanos, linderos, setos de regadío, zonas de estabulación del ganado, abrevaderos, o pasos habituales del ganado, en las que la acumulación de excremento de los animales en estos medios favorece el desarrollo de la comunidad (*Urtica dioica* tipo + *Plantago lanceolata* tipo + *Polygonum aviculare* tipo + Rubiaceae + *Geranium* y Chenopodiaceae/Amaranthaceae).
- Pastizales higrófitos (Cyperaceae + Sanguisorba + Ranunculaceae + *Typha angustifolia* tipo + *Typha latifolia* tipo y *Epilobium*). *Erica arborea* tipo no se han incluido dentro de ningún grupo ecológico, al igual que Scrophulariaceae y Liliaceae, dada la importancia que tienen en la interpretación del paisaje representado en la secuencia TCB I.

Este mismo criterio se ha aplicado en la ordenación de los microfósiles no polínicos, destacando los siguientes grupos:

- Indicadores de condiciones coprófilas [(*Neurospora* sp. (Tipo 55A) + *Sporormiella* (Tipo 113) + *Riccia* (Tipo 165) y *Podospora* sp. (Tipo 368)].
- Indicadores de procesos erosivos (*Glomus cf. fasciculatum* (Tipo 207) y *Pseudoschizaea circula*).
- Indicadores de condiciones oligotróficas (Tipos 32B + 170 y 352).
- Indicadores de condiciones meso-eutróficas (Tipos 140 + 179 + 181 + 182 + 332C + 332D + 353A + 731 + *Spirogyra* y Zignemataceae).
- Indicadores de condiciones húmedas (Tipos 18 + 28 y 902).
- Indicadores de condiciones secas (Tipos 3B y 16) y finalmente los indicadores de actividad antrópica (Tipo 351).

La zonación polínica del diagrama se ha realizado en función de la dinámica observada en cuanto a la relación arbóreo/arbustivo/herbáceo, así como por los

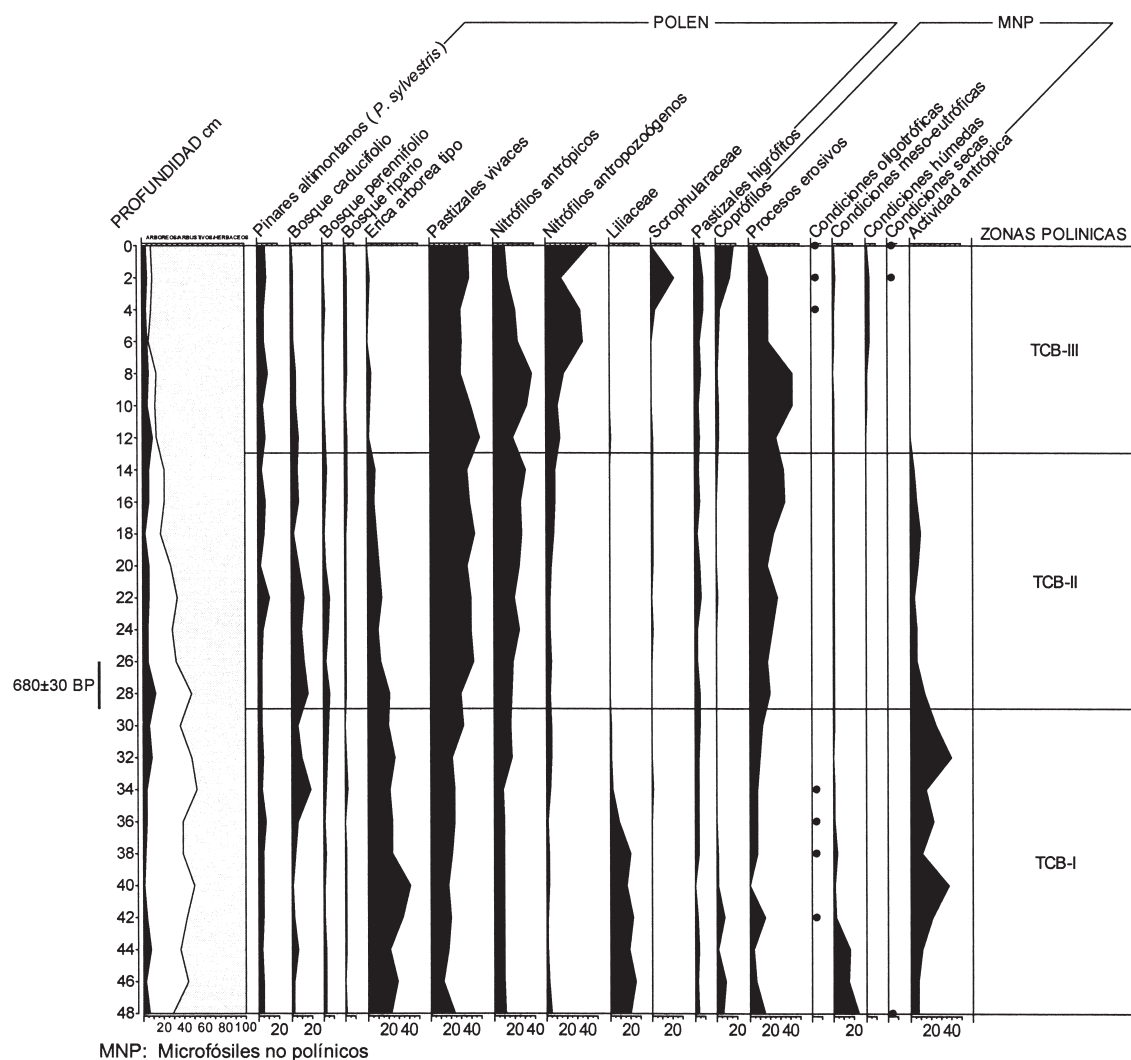


FIGURA 2—Diagrama polínico Tolla Collado de El Berrueco (TCB).
 FIGURE 2—Tolla Collado de El Berrueco Pollen Diagram.

cambios detectados en la representación de al menos dos agrupaciones ecológicamente significativas y en la relación entre el contenido de polen, los microfósiles no polínicos y las condiciones ecológicas. Para confirmar esta zonación se ha empleado la utilidad estadística CONISS del programa TILIA como herramienta para obtener el dendrograma, evitando así la subjetividad en la zonación. El dendrograma obtenido mediante la utilización de citado programa pone de manifiesto una zonación basada en la variación, significativa de la composición taxonómica del espectro fósil incluyendo los microfósiles no polínicos. De acuerdo con esto, en ambas secuencias se han definido tres zonas polínicas.

El tipo de índice que parece más adecuado para medir la diversidad biológica del registro fósil de los

granos de polen es el análisis de rarefacción, que estandariza los tamaños muestrales y no tiene en cuenta los problemas de las abundancias (Birks & Line, 1992; Foote, 1992). La técnica de análisis de rarefacción permite la estimación de la riqueza polínica $[E(T_n)]$ que se esperaría si los conteos polínicos de las diferentes muestras tuvieran el mismo tamaño (n). Muchos ecólogos han concluido que la riqueza esperada de tipos polínicos $[E(T_n)]$ es una de las más sencillas, y posiblemente la más útil y eficaz para este tipo de estudios (Birks & Line, 1992; Wolfe, 1995; Seppä, 1997). Este análisis se ha realizado en cada una de las muestras analizadas de los sondeos TCB Y RAS incluyendo árboles, arbustos, herbáceas y plantas higrofitas, plasmándose los resultados obtenidos con el programa ANALYTIC RAREFACTION 1.3 (Bronk, 2000) que

muestra el cambio en la diversidad biológica a lo largo del tiempo.

Se han realizado dataciones radiométricas mediante AMS-C14 en los laboratorios Beta Analytic y Gliwice Radiocarbon Laboratory que fueron calibradas de acuerdo a Stuiver *et al.*, 1998 (Tabla 1).

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

En el análisis polínico de la secuencia TBC de la Tolla Collado de El Berrueco (Fig. 2), se han identificado un total de 44 taxones de los cuales 10 son arbóreos, 4 arbustivos, 26 herbáceos y 4 higrófitos, además de 17 microfósiles no polínicos y esporas monoletas y triletas. El dato más destacado es el dominio de la vegetación herbácea y su progresivo aumento, especialmente de pastizales vivaces y taxones nitrófilos antrópicos y antropozoógenos, a expensas del elemento arbustivo, concretamente de *Erica arborea* tipo. El conjunto arbóreo es poco abundante y presenta escasas fluctuaciones.

Desde el punto de vista de la composición, los elementos más representativos son los pastizales vivaces, caracterizados en su mayoría por Poaceae, junto a los taxones nitrófilos, antrópicos y antropozoógenos. La masa forestal, principalmente de *Pinus sylvestris* y bosques caducifolios y perennifolios, presentan una concentración y distribución similar a la actual (Ruiz *et al.*, 2006); se detecta un bosque ripario (*Alnus*, *Fraxinus* y *Salix*), cuya representación y porcentaje se mantiene relativamente constante. Los pastizales higrófitos están compuestos en su mayoría por Cyperaceae. Dentro del grupo de los microfósiles no polínicos, los más abundantes están asociados a procesos erosivos, coprófilos e indicadores de actividad antrópica. En conjunto se trata de un paisaje abierto

relativamente antropizado, en cuya evolución se definen tres fases:

Zona I: o inferior (50-29 cm), está formada por lodos en tránsito a arenas granodecrecientes. Desde el punto de vista polínico se caracteriza por el dominio de *Erica arborea* (30%). El componente arbóreo está mayoritariamente constituido por *Pinus sylvestris*, y taxones típicos de bosque caducifolio. Dominan los taxones asociados a pastizales vivaces y nitrófilos antrópicos frente a los taxones nitrófilos antropozoógenos. En el grupo de los palinomorfos no polínicos, están representados los asociados a procesos erosivos, seguidos de los indicadores de actividad antrópica, condiciones meso-eutróficas y, por último, de los de condiciones coprófilas.

Zona II: o intermedia, comprende el intervalo de 29-13 cm de profundidad. Litológicamente está constituida por lodos y arenas finamente interstratificados. La secuencia polínica refleja un conjunto de cambios que afectan a la vegetación tanto a nivel cuantitativo como cualitativo, hasta el punto que a dicha zona se la puede considerar como una fase de transición, entre los eventos definidos en las zonas polínicas subyacentes. Destaca el descenso del componente arbustivo, a expensas del cual se desarrolla el estrato herbáceo, puesto de manifiesto con la expansión de pastizales vivaces y nitrófilos antrópicos. El estrato arbóreo y los pastizales higrófitos continúan constantes y se desarrollan los microfósiles no polínicos asociados a procesos erosivos; a su vez, disminuyen los relacionados con la actividad antrópica. La base de esta zona tiene una datación de 680±30 BP.

Zona III: se define para los 13 cm superiores y está caracterizada por la naturaleza orgánica del sedimento. Desde el punto de vista de la vegetación, destaca la fuerte caída del estrato arbustivo, asociada al aumento de los taxones herbáceos fundamentalmente pastizales vivaces, nitrófilos antrópicos y antropozoógenos. Ni el grupo arbóreo ni los pastizales higrófilos presentan cambios significativos ni cuantitativa ni cualitativamente, con respecto a las zonas I y II. Destaca el aumento porcentual de los microfósiles no polínicos asociados a procesos erosivos y a condiciones húmedas.

Estos datos definen cómo el aprovechamiento del territorio en las zonas polínicas I y II respondería a una presión ganadera esporádica, posiblemente relacionada con el paso ocasional del ganado en la trashumanancia estival. La mayor antropización del entorno queda reflejada en la Zona III, a través del aumento de la curva de taxones vivaces y antrópicos relacionada con

Muestra	Lab. No.	Edad convencional ¹⁴ C (BP)	Edad calibrada cal. AD/BC
TCB-26/29	GdA-842	680±30	59.4%: 1270AD-1320AD 36.0%: 1350AD - 1390AD
RAS-15/20	Beta-219292	50±40	64.8%: 1809AD-1824AD 22.2%: 1687AD-1730AD
RAS-30/33	Beta-219293	920±50	95 %: 1010AD-1230AD
RAS-58/61	GdA-844	2455±35	70.8%: 670BC-410BC 24.6%: 760BC-680BC

TABLA 1—Dataciones Radiométricas ¹⁴C.

TABLE 1—Conventional Radiocarbon ages BP and calibrated ¹⁴C dating results.

una presencia más constante del hombre y del incremento de los taxones nitrófilos antropozoógenos asociados a la presencia de ganado, de un modo más continuado, probablemente a largo de todo el año. Los microfósiles *Glomus* cf. *fasciculatum* y *Pseudoschizaea circula* posiblemente correlacionados con fases erosivas en el medio están relacionados con el tipo de roca y favorecidos por el sobrepastoreo que genera procesos erosivos *in situ*.

En la turbera TCB predominan condiciones mesoautótrofas posiblemente relacionadas con la presencia de residuos naturales y/o antrópicos ricos en fosfatos y nitratos coincidentes con la actividad antrópica y la presión pastoral en el medio.

Otro aspecto a destacar son los altos porcentajes observados de Liliaceae y Scrophulariaceae. Ambas

familias se caracterizan por tener alcaloides como principios activos y éstos pueden ser considerados tóxicos para el ganado si se ingieren en cantidad; de ahí que estas plantas no fueran utilizadas para su alimentación, lo que explicaría la sobrerrepresentación detectada en el diagrama polínico.

En la secuencia RAS de la Tolla Los Grifos (Fig. 3), se han identificado 43 taxones de los que 10 son arbóreos, 4 arbustivos, 23 herbáceos y 6 acuáticos, además de 25 microfósiles no polínicos y esporas (monoletas y triletas). Los aspectos más relevantes se resumen en el dominio del componente herbáceo debido al desarrollo de los taxones nitrófilos antrópicos, de los pastizales vivaces de origen antropozoógeno y de los taxones nitrófilos antropozoógenos. El estrato arbustivo es poco representativo a lo largo de la secuencia. La

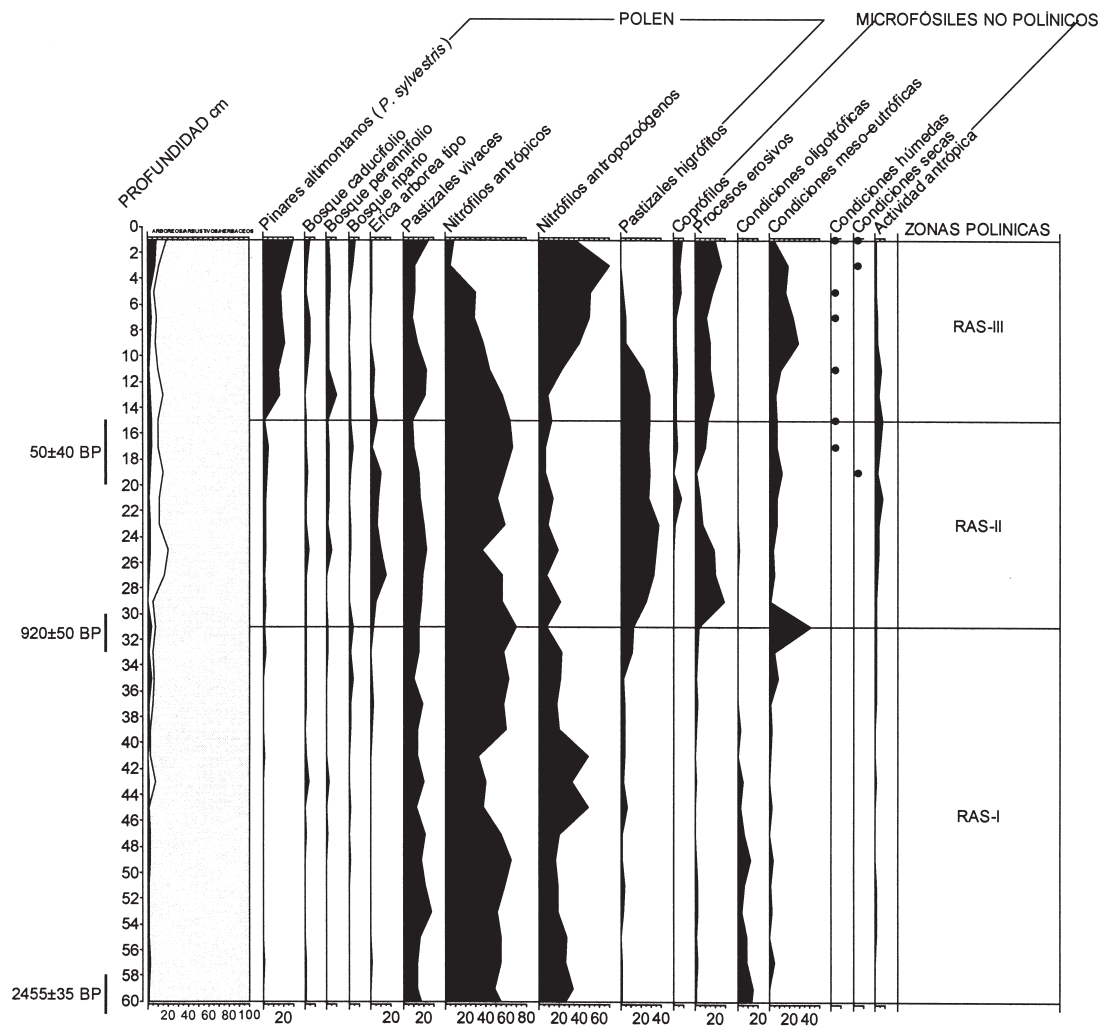


FIGURA 3—Diagrama polínico Tolla los Grifos (RAS).

FIGURE 3—Tolla Lod Grifos (RAS) Pollen Diagram.

vegetación arbórea está poco desarrollada y se encuentra constituida fundamentalmente por *Pinus sylvestris* y elementos de bosques caducifolios, perennifolios y riparios. Se encuentra también un pastizal higrófito con un desarrollo importante en algunas zonas del diagrama. Dentro de los palinomorfos no polínicos destacan los asociados a procesos erosivos, los coprófilos, y los relacionados con el cambio en las condiciones tróficas de la turbera. Al igual que en caso anterior se han diferenciado tres zonas polínicas:

Zona I: abarca la parte inferior del diagrama (60-31 cm); Desde el punto de vista litológico corresponde de base a techo lodos arenosos. A los 60 cm se tiene una datación de 2455 ± 35 BP. Polínicamente los taxones más abundantes corresponden a los pastizales vivaces y nitrófilos antrópicos y antropozoógenos. Los grupos arbustivos y arbóreos están poco representados. De los microfósiles no polínicos, dominan los microfósiles asociados a condiciones oligotróficas.

Zona II: se define para el intervalo de 31 a 15 cm; desde el punto de vista litológico de muro a techo pasa de lodos arenosos a arenas lodosas. La base está datada en 920 ± 50 BP. Son hechos característicos de esta zona el aumento del grupo arbóreo debido al desarrollo de *Pinus sylvestris*, del arbustivo (*Erica arborea* tipo) y de los pastizales higrófitos. En conjunto define una zona de transición a lo largo de la cual aumentan los microfósiles no polínicos relacionados a procesos erosivos y se produce un cambio en las condiciones tróficas de la turbera, representado en el aumento de los microfósiles meso-eutróficos a expensas de los oligotróficos.

Zona III: corresponde a los 15 cm superiores del perfil, y está caracterizada por la naturaleza orgánica del sedimento. En el diagrama polínico destaca el fuerte incremento del componente arbóreo de carácter regional, representado por *Pinus sylvestris* y, en menor medida, por componentes de los bosques perennifolios y caducifolios, así como la reducción de los grupos nitrófilos antrópicos y los pastizales higrófitos; sin embargo aumentan los taxones nitrófilos antropozoógenos y los microfósiles no polínicos asociados a condiciones meso-eutróficas, procesos erosivos y coprófilos.

Las zonas I y II reflejan una presión ganadera esporádica relacionada con el paso ocasional del ganado debido a la trashumancia estival; la mayor antropización se observa en la zona III, donde el aumento de los nitrófilos antropozoógenos permite detectar una presencia más constante del ganado. Los microfósiles indicadores de fases erosivas podrían indicar el sobrepastoreo en el medio.

Por otro lado, el cambio de unas condiciones oligotróficas (pobre en nutrientes) a unas meso-eutróficas podrían explicarse por el aumento de residuos naturales y/o antrópicos ricos en fosfatos y nitratos asociado al aumento de los taxones nitrófilos antrópicos, nitrófilos antropozoógenos y a los Tipos coprófilos.

El aumento de *Pinus sylvestris* (50 ± 40 BP) se relaciona con las campañas de repoblación iniciadas a partir de la implantación de la Ley de 1877 de siembras y plantaciones, propiciando la expansión antrópica de los pinares en el área.

En cuanto al análisis de rarefacción (Fig. 4), utilizado para medir la diversidad biológica del registro fósil de pólenes y esporas, es decir, la diversidad polínica, los datos han permitido constatar la zonación realizada en los diagramas polínicos TCB y RAS. Así podemos observar cómo a lo largo de la zona I se va produciendo un aumento de la diversidad (en TCB pasa de 15 a 21 y en RAS de 10 a 15); la zona II se caracteriza por presentar valores relativamente constantes y con pocas variaciones (TCB en torno a 20 y RAS a 17). En cuanto a la zona III, en la secuencia TCB (22 a 17) muestra una marcada disminución en los valores de la diversidad, frente a los valores en alza mostrados en la secuencia RAS (de 15 a 20).

DISCUSIÓN

A la vista de todo lo expuesto podemos deducir unas condiciones climáticas de tipo mediterráneo, donde la estabilidad en el comportamiento y en la composición del componente arbóreo son indicativos de la escasa variación en los valores de temperatura y de la humedad; las pocas fluctuaciones de los taxones de ribera y de los taxones higrófitos, permiten inferir que la tasa de humedad experimentó pocas fluctuaciones en el tiempo.

En este sentido, la información proporcionada por trabajos previos procedentes de la vecina Sierra de Guadarrama (Alía *et al.*, 1957; Jiménez Ballesta *et al.*, 1985; Ruiz, *et al.*, 1988; Gil *et al.*, 1989; Gil y Ruiz Zapata, 1991; Vázquez, 1992; Vázquez y Ruiz Zapata, 1992; Gil, 1992; Gil *et al.*, 1993; Franco, 1995; Gil *et al.*, 1995; Franco *et al.*, 1998) establece una evolución de la vegetación durante el Holoceno Reciente, definida por el tránsito desde paisajes de bosque, constituidos por pinares y melojares, a formaciones más abiertas, relacionadas con una dinámica de ocupación antrópica que enmascara, en parte los eventos climáticos más recientes. Pese a ello, y teniendo en cuenta que los datos previos fueron realizados en depósitos de

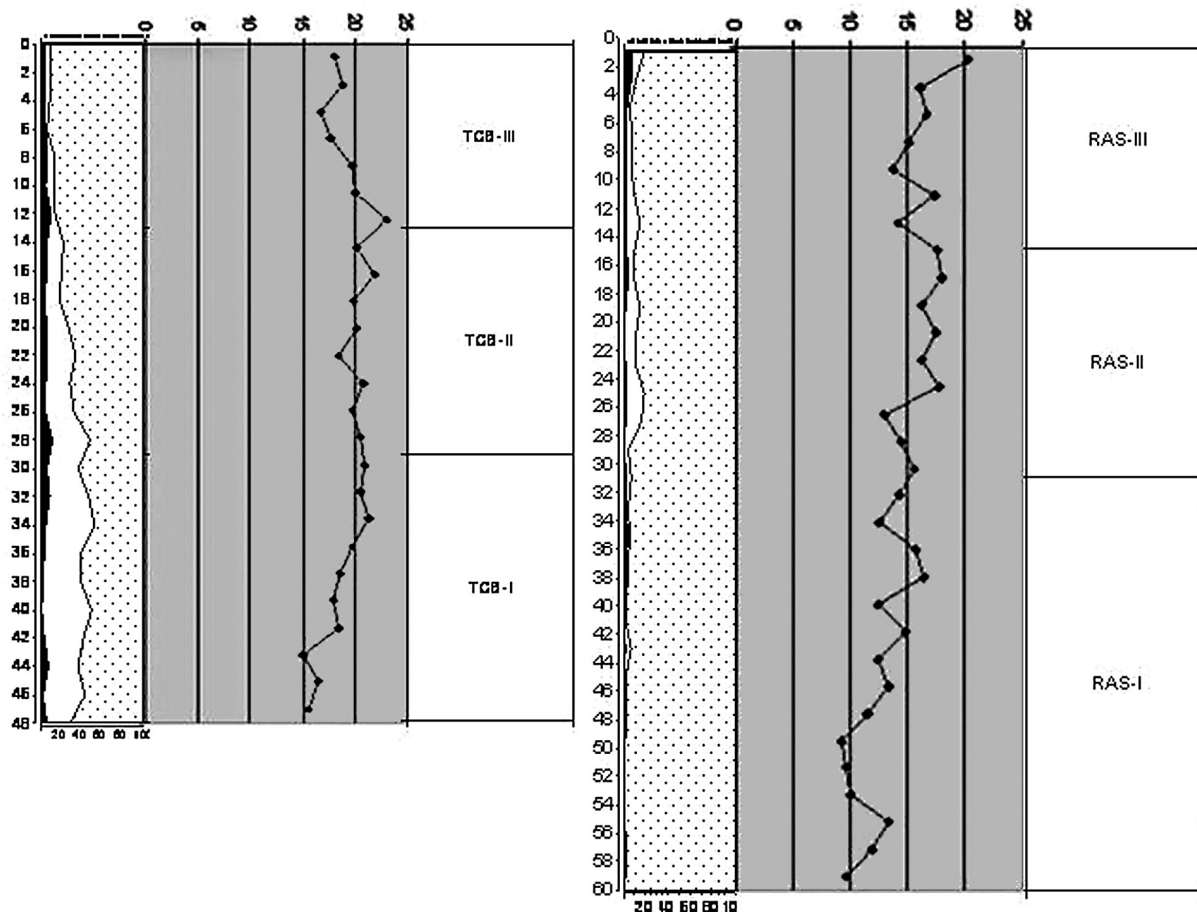


FIGURA 4—Curvas de rarefacción para TCB y RAS.
 FIGURE 4—TCB and RAS rarefaction curve.

mayor altitud, los datos constatan, de un modo general, la instalación de unas condiciones climáticas de carácter mediterráneo.

Desde el punto de vista de la actividad antrópica, la vegetación detectada informa de la presencia de pastizales vivaces antropozoógenos que básicamente han sido dedicados a la explotación ganadera y que han sufrido una dinámica de cambio, representada en la presencia/ausencia, aumento/disminución de los taxones asociados a esta afinidad ecológica, tal y como lo pone de manifiesto la relación entre taxones nitrófilos antrópicos y antropozoógenos y de los palinomorfos no polínicos coprófilos, Tipos 55A, 113, 165 y 368 (Galop, 1998, Galop & López Sáez, 2002, Burjachs & López Sáez, 2002, Cugny, 2004, Van Geel *et al.*, 2006).

Las primeras presencias humanas en el área de estudio, se detectan en el yacimiento paleontológico de Pinilla del Valle, del Pleistoceno Medio Superior (Alfárez *et al.*, 1983) y actualmente en fase de estudio;

las ocupaciones holocénicas más antiguas corresponden a la Edad del Bronce y están localizadas tanto en el yacimiento de Pinilla del Valle, como en el poblado del Cancho Gordo localizado a 4 km, al este del término municipal de La Cabrera, datado hacia el “Bronce Pleno”. A la misma distancia y orientación se encuentra el Castro de La Cabeza, de la Edad del Hierro, presumiblemente Hierro II, asociable a las invasiones Célticas, alrededor de los 2600/2700 años BP. El viario interregional que hoy ocupa la Autovía Norte (N-I), está documentado desde inicios del siglo XIII, aunque presumiblemente se usó con anterioridad. Otros asentamientos de interés son el Monasterio de San Antonio de La Cabrera, cuyos orígenes se remontan al siglo XI y los pueblos de La Cabrera y El Berrueco, nacidos al amparo de la repoblación cristiana en los siglos XIII y XIV. Así la economía inicial debió ser básicamente ganadera (Marcos, 2000). A partir de los 1830 años BP, la acción antrópica es muy intensa y se detecta fundamentalmente por una regresión de las for-

maciones forestales de *Pinus* y por el incremento de polen de bioindicadores antropozoógenos.

Las campañas de repoblación, iniciadas a raíz de la implantación de la Ley de 1877 (de siembras y plantaciones), propiciaron la expansión antrópica de los pinares en toda la Sierra de Guadarrama; esta medida proteccionista de los bosques va unida a una disminución de las actividades agropecuarias tradicionales (Ruiz *et al.*, 1997), y explica que *Pinus sylvestris* sea el taxón arbóreo dominante en el diagrama, como reflejo de la vegetación regional; estos hechos quedan patentes en la secuencia RAS, no así en la secuencia TCB debido a su localización geográfica ya que el macizo plutónico de la Cabrera constituye una barrera natural para la dispersión del polen procedente de los que pinares del valle del Lozoya; este hecho está siendo constatado en los estudios de lluvia polínica actual y otros sondeos realizados por los autores dentro de una tesis doctoral en curso. La sobre-representación del pinar en los diagramas polínicos del valle del Lozoya fue uno de los motivos por los cuales para este trabajo se decidió no añadir a la suma polínica base el *Pinus sylvestris*, además que da mayor claridad a la conformación del paisaje vegetal.

La presencia de *Pseudoschizaea circula* y *Glomus cf. fasciculatum* a lo largo de las secuencias polínicas es coincidente, en gran medida, con las curvas de concentración polínica. Este hecho pone de manifiesto que el proceso erosivo que reflejan no influye en la diversidad; por otro lado no existe una deforestación del componente arbóreo regional en los diagramas polínicos, ni un incendio de carácter local o regional (que haya quedado registrado en el conteo de carbones) que permitan explicar las fases erosivas representadas en ambos diagramas a partir de los 30 cm. Por esta razón, la ocurrencia de ciertos procesos erosivos en el medio de sedimentación se ha relacionado en este trabajo tanto con el carácter litológico del medio como con el sobrepastoreo que genera procesos erosivos *in situ* de carácter local.

En cuanto al análisis de rarefacción como indican Birks & Line (1992), se ha de tener cuidado a la hora de interpretar los cambios en los valores de E(Tn), ya que son muchos los factores que pueden afectar a dichos cambios, tales como los rasgos físicos del sitio estudiado, los mecanismos de dispersión y deposición del polen, la entrada de material orgánico/inorgánico al sedimento, y la riqueza florística en el área. Birks & Line (1992) concluyeron que E(Tn) se puede considerar como el reflejo del mosaico vegetal del paisaje, mosaico que va cambiando a lo largo del tiempo, por lo que de alguna manera se puede otorgar una pers-

pectiva diacrónica al estudio paleoambiental de la diversidad mediante el análisis de rarefacción. Las fluctuaciones observadas en la diversidad polínica a través del tiempo en las secuencias RAS Y TCB pueden estar relacionadas con los cambios observados en los estratos arbustivos y arbóreos, además de representar la importante influencia antrópica sobre el medio con el establecimiento de cabañas ganaderas.

CONCLUSIONES

Los datos de carácter polínico, procedentes de las secuencias TCB (Tolla Collado de El Berrueco) y RAS (Tolla Los Grifos), nos han permitido establecer las siguientes conclusiones:

1. Desde el punto de vista climático, se detecta la instalación de unas condiciones de carácter mediterráneo, con escasas fluctuaciones en la tasa de humedad; las variaciones que se producen en el grupo de higrófitos responden a fluctuaciones en la disponibilidad de agua.

2. La ubicación geográfica de ambas secuencias se manifiesta en la evolución:

- 2a. del componente arbóreo, poco abundante en ambas secuencias, pero con una representación muy constante en la secuencia TCB, mientras que en la secuencia RAS se detecta claramente la política de repoblación de los bosques de pinares (1877) en la Sierra de Guadarrama.

- 2b. del componente arbustivo, de gran peso y con tendencia al retroceso en la secuencia TCB, frente a los bajos valores de la secuencia RAS. En ambos casos, *Erica arborea* tipo es uno de los componentes principales.

3. En estos ambientes, dominados por zonas de pastizal, se ha podido definir una dinámica de antropización fundamentalmente ganadera, en base a la presencia y comportamiento de los componentes nitrófilos de carácter zoógeno y antropozoógeno. Las zonas más frecuentadas por el hombre quedarían pobladas de una flora nitrófila de carácter antrópico, mientras que las zonas de paso o de estabulación permanente del ganado se poblarían de una flora nitrófila de origen antropozoógeno y los microfósiles no polínicos asociados a condiciones coprófilas.

- 3a. la presión ganadera esporádica, posiblemente relacionada con el paso ocasional del ganado en la trashumancia estival se detecta, en ambos casos, en las zonas I y II.

- 3b. la mayor antropización del entorno, el sobrepastoreo, queda reflejada en la zona III, tanto a través

del contenido polínico como por el desarrollo del microfósil no polínico asociados a procesos erosivos.

4. Las variaciones en la diversidad polínica observada en el análisis de rarefacción parecen estar relacionadas con perturbaciones de carácter antrópico como respuesta a la influencia del hombre en el paisaje vegetal.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento más sincero al Parque Regional de Peñalara por las facilidades que nos han proporcionado en nuestras campañas de campo y a la familia Bartolomé por permitirnos el acceso a la finca de su propiedad en Rascafría, donde se llevó a cabo una secuencia de sondeos. Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de Investigación CAM-UAH2005/041.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfárez, F.; Molero, G.; Maldonado, E.; Bustos, V.; Brea, P., y Buitrago, A. M. 1983. Descubrimiento del primer yacimiento cuaternario (Riss-Würm) de vertebrados con restos humanos en la provincia de Madrid (Pinilla del Valle). *Coloquios de Paleontología*, 13, 15-32.
- Alia Medina, M.; Menéndez Amor, J., y Vidal Box, C. 1957. *Livre-Guide de l'excursion C3 et C4 Guadarrama, Massif Peñalara et variation El Escorial-Manzanares el Real*. INQVA, V Congreso Internacional, Madrid-Barcelona. Actas, 28-34.
- Argant, J.; López-Sáez, J. A., y Bintz, P. 2006. Exploring the ancient occupation of a high altitude site (Lake Lauzon, France): Comparison between pollen and non-pollen palynomorphs. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141, 151-163.
- Arobba, D. 1979. Determinazione di "Pinus halepensis" Miller e "Pinus pinaster" Aiton sulla base di differenze palinologiche. *Archivio Botanico e Biogeografico Italiano*, 55 (3), 83-92.
- Berglund, B. E. 1969. Vegetation and human influence in South Scandinavia during prehistoric time. *Oikos Supplement*, 12, 9-28.
- Behre, K. E. 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et spores*, 23, 225-245.
- . 1986. *Anthropogenic indicators in pollen diagrams*. A. A. Balkema, Rotterdam.
- . 1988. The role of man in Europe vegetation history. In: *Vegetation History*, (Eds. B. Huntley & T. Webb). Kluwer Academic Publications, London, 633-672.
- Birks, H. J. B., & Line J. M. 1992. The use of rarefaction analysis for estimating palynological richness from Quaternary pollen-analytical data. *The Holocene*, 2 (1), 1-10.
- Bronk Ramsey, C. 2000. OxCal Version 3.5.
- Burjachs, F. 1990. *Palinologia dels dòlmens de l'Alt Empordà i dels dipòsits quaternaris de la cova de l'Arbreda (Serinyà, Pla de l'Estany) i del Pla de l'Estany (Olot, Garrotxa). Evolució del paisatge vegetal i del clima des de fa més de 140.000 anys al EN de la Península Ibèrica*. Tesis Doctoral, Univ. Autònoma de Barcelona, Edició microfotogràfica 1991.
- Burjachs, F., y López Sáez, J. A. 2002. Análisis paleopalínológico de la fosa del Valdeprados. Una contribución al conocimiento del Paisaje Calcolítico en el Valle Amblés (Ávila). Cuadernos Abulenses. *Revista de la Institución Gran Duque de Alba*, 31, 11-23.
- Cambón, G. 1981. *Relation entre le contenu pollinique de l'atmosphère et le couvert végétal méditerranée occidentale à Montpellier (France), Valence (Espagne) et Oran (Algérie)*. Tesis Doctoral, Univ. des Sciences et Techniques du Languedoc, 105 pp.
- Cugny, C. 2004. *L'apport des microfossiles non-polliniques à l'histoire de l'environnement Pyrénéen. Entre référentiel actuel et reconstitution paléoenvironnementale. Une nouvelle approche appliquée à la reconstitution paléoenvironnementale du massif d'Iraty (Pays Basque)*. DEA Université de Toulouse-Le mirail, 186 pp. (Inédito).
- Díaz-Laviada, T. 1989. *Variabilidad del grano de polen en especies ibéricas del género Pinus*. Tesis Doctoral, Univ. Politécnica, 140 pp.
- Foote, M. 1992. Rarefaction analysis of morphological and taxonomic diversity. *Paleobiology*, 18 (1), 1-16.
- Franco Múgica, F. 1995. *Estudio palinológico de turberas holocenas en el Sistema Central: reconstrucción paisajística y acción antrópica*. Tesis Doctoral, Univ. Autònoma, 358 pp.
- Franco Múgica, F.; García Antón, M., y Sainz Ollero, H. 1998. Vegetation dynamics and human impact in the Sierra de Guadarrama, Central System, Spain. *The Holocene*, 8 (1), 69-82.
- Galop, D. 1998. La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées. 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée. *Geode*, Laboratoire d'Ecologie Terrestre, Toulouse.
- Galop, D., y López Sáez, J. A. 2002. Histoire agraire et paléoenvironnement: les apports de la palynologie et des microfossiles non-polliniques. *Trab. Antropol. Etnol*, 42(1-2), 161-164.
- Gil García, M. J. 1992. *Dinámica de la paleovegetación en el Sector Oriental del Sistema Central Español durante el Holoceno, en base al análisis polínico. "Implicaciones climáticas"*. Tesis Doctoral, Univ. de Alcalá, 211 pp.
- Gil García, M. J.; Ruiz Zapata, M. B.; Andrade, A., y Vázquez, R. 1989. Datos palinológicos de una turbera localizada en el Puerto de Canencia (Madrid). *Henares, Revista de Geología*, 3, 141-146.
- Gil García, M. J., y Ruiz Zapata, M. B. 1991. Vegetación y clima holocenos en el puerto de la Morcuera (Madrid) en base a datos polínicos. *Geogaceta*, 9, 105-107.

- Gil García, M. J.; Tomás Las Heras, R., y Ruiz Zapata, M. B. 1993b. Acción antrópica y reconstrucción de la vegetación durante el Holoceno reciente en el Hayedo de Montejo (Madrid). *Nova Acta Científica Compostelana*, 4, 49-57.
- . 1995a. Degradación antropogénica de la vegetación, en base al análisis polínico, en la Sierra de Guadarrama: Altos de Hontanar (Madrid). *Lazaroa*, 15, 151-163.
- Girard, M., & Renault-Miskovsky, J. 1969. Nouvelles techniques de préparation en palynologie appliquées à trois sédiments du Quaternaire final de l'Abri Cornille (Istres, Bouches du Rhône). *Bulletin de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire*, 4, 275-284.
- Goery, C., & de Beaulieu, J. L. 1979. À propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux. *Pollen et Spores*, 21, 239-251.
- Grimm, E. C. 1987. CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers Geosciences*, 13-1, 13-35.
- Iversen, J. 1949. The influence of prehistoric man on vegetation. *Danmarks Geologiske Undersøgelse*, IV (3, 6), 5-22.
- Jalut, G. 1991. Le pollen traducteur du paysage agraire. In: *G Pour une archéologie agraire* (Guilaine, J. Ed.). Editions Colin, Paris, 345-368.
- Jiménez Ballesta, R.; López Martínez, J.; López García, P., e Ibáñez, J. J. 1985. Contribución al conocimiento de las formaciones superficiales turbosas en las Sierras de Guadarrama y Ayllón. Análisis polínicos. En: *Actas da I Reunião do Quaternario Ibérico*, 2, 213-224. Lisboa.
- Kruys, A.; Eriksson, O., & Wedin, M. 2006. Phylogenetic relationships of coprophilous Pleosporales (Dothideomycetes, Ascomycota), and the classification of some bitunicate taxa of unknown position. *Mycological research*, 110, 527-536.
- López Jiménez y López Sáez, J. A. 2005. Paleoambiente y formación de los paisajes antiguos de la comarca de la Sierra de Francia (Salamanca, España): De la estructura social a la creación del paisaje. *Conimbriga*. Volumen XLIV, 5-24.
- López Sáez, J. A.; Van Geel, B.; Farbos-Texier, S., y Diot, M. F. 1998. Remarques paléocologiques à propos de quelques palynomorphes non-polliniques provenant de sédiments quaternaires en France. *Revue de Paléobiologie*, 17 (2), 445-459.
- López Sáez, J. A., y Burjachs, F. 2002. Análisis palinológico de la fosa de Valdeprados. Una contribución del paisaje calcolítico en el Valle Amblés (Ávila). *Cuadernos Abulenses. Revista de la Institución "Gran Duque de Alba"*, 31, 11-23.
- Marcos, L. 2000. Informe para la sección de paleopalínología de la Universidad de Alcalá de Henares, sobre prospección en la Sierra Norte. Área de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid. (Inédito).
- Mateus, J. E. 1992. *Holocene and present-day ecosystems of the Carvalhal Region, Southwest Portugal*. Tesis Doctoral, Univ. Utrecht, 184 pp.
- Moore, P. D.; Webbend, J. A., & Collinston, M. E. 1991. *Pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications, 216 p.
- Medeanic, S. 2006. Freshwater algal palynomorph records from Holocene deposits in the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141, 83-101.
- Peinado Lorca, M., y Rivas Martínez, S. 1987. *La Vegetación de España*. Servicio de Publicaciones de la Univ. de Alcalá, 544 pp.
- Reille, M. 1992. *Pollen et Spores d'Europe et d'Africa du Nord*. Laboratoire de botanique historique et palynologie, 520 p.
- Richard, H. 1983. *Nouvelles contributions à l'histoire de la végétation franc-comtoise tardiglaciaire et holocène à partir des données de la palynologie*. Thèse, Université Franche-Comté, Besançon.
- . 1985. Un exemple de pollution anthropique dans les analyses polliniques: les habitats néolithiques du Grand Lac de Clairvaux (Jura). En: Renault-Miskovwky, J., Bui-Thi, M., & Girard, M. (Dir.), *Palynologie Archéologique. Actes des Journées du 25-26-27 janvier 1984. Notes et monographies techniques*, 17, 279-297. Éditions du C.N.R.S., Paris.
- . 1991. Perception palynologique de l'évolution de la végétation riveraine des lacs jurassiens: réalité ou fiction? En: *Congres national des Sociétés sav., Chambéry, Pré-protogéologie*, 149-159. Éditions du C.T.H.S.
- . 1994a. Indices polliniques d'une néolithisation précoce sur le premier plateau du Jura (France). *Comptes Rendus de l'Académie de Sciences de Paris, série Ila*, 318, 993-999.
- . 1994b. Évaluation de l'impact de l'homme sur la végétation: l'apport de la palynologie. *Histoire & Mesure*, 9 (3/4), 305-316.
- . 1995. Indices d'anthropisation dans les diagrammes polliniques du massif jurassien. *Palynosciences*, 3, 37-49.
- . 1997. Indices polliniques de néolithisation du Massif jurassien aux VIe et Ve millénaires. *Quaternaire*, 8 (1), 55-62.
- Ruiz Zapata, M. B.; García Antón, M., y Acaso Deltell, E. 1988. Datos polínicos para el conocimiento de la vegetación en el Macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama). In: *Actas del VI Simposio de Palinología, A.P.L.E.* (Civis Llovera, J., & Valle Hernández, M. F., Eds.), *Acta Salmanticensia*, 65, 351-354. Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Ruiz Zapata, M. B.; Gil García, M. J.; Dorado Valiño, M.; Andrade, A.; Martín, T., y Valdeolmillos, A. 1997. Vegetación y paleoambientes en el Sistema Central Español. In: *Cuaternario Ibérico* (J. Rodríguez Vidal-AEQUA Ed.), 248-260.
- Ruiz Zapata, M. B.; Gómez González, C.; López Sáez, J. A.; M. Dorado Valiño, M.; A. Valdeolmillos Rodríguez, A., y Gil García, M. J. 2006. Paleoambiente y usos del suelo durante el Holoceno Reciente en la tolla collado de El Berrueco (Sierra de Guadarrama Madrid). *Geogaceta*, 40, 227-230.

- Seppä, H. 1997. The long-term development of urban vegetation in Helsinki, Finland: a pollen diagram from Töölönlahti. *Vegetation History and Archaeobotany*, 6, 91-103.
- Stuiver M.; Reimer, P. J.; Bard, E.; Beck, J. W.; Burr, G. S.; Hughen, K. A.; Kromer, B.; McCormac, G.; van der Plicht, J., & Spurk, M. 1998. INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24000-0 cal BP. *Radiocarbon*, 40 (3), 1041-1083.
- Turner, C. 1964. The anthropogenic factor in vegetational history. *New Phytologist*, 3, 73-89.
- Valdés, B.; Díez, M. J., y Fernández, I. 1987. *Atlas Polínico de Andalucía Occidental*. Instituto de Desarrollo Regional, Excma. Diputación de Cádiz, 447 pp.
- Van Geel, B., & Aptroot, A. 2006. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia*, 82, 313-329.
- van Zeist, W. 1966. Archaeology and Palynology in the Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 4, 45-65.
- Vázquez, R. 1992. *Evolución del paisaje vegetal durante el Cuaternario reciente en la zona central y oriental de la Sierra de Guadarrama a partir del análisis palinológico*. Tesis Doctoral, Univ. de Alcalá de Henares, 401 pp.
- Vázquez, R., y Ruiz Zapata, M. B. 1992. Contribución al conocimiento de la historia de la vegetación durante los últimos 2.000 años en la zona oriental de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español), a través del análisis polínico. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biología)*, 88 (1-4), 235-250.
- Vera., J. A. (ed.). 2004. *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 890 pp.
- Wolfe, A. P. 1995. Rarefaction Analysis and microfossil count size. *INQUA Working Group on Data-Handling Methods, Newsletter*, 13, 1-3.

MANUSCRITO RECIBIDO: 17 octubre, 2006

MANUSCRITO ACEPTADO: 29 noviembre, 2006