

Reconstrucción de las condiciones paleoambientales del depósito Pñ (Macizo de Peñalara, Sierra de Guadarrama, Madrid), durante los últimos 2.000 años, a partir del contenido en microfósiles no polínicos (NPPs)

Palaeoenvironmental changes of a Pñ deposit (Macizo of Peñalara, Guadarrama mountain range, Madrid), during the last 2.000 years, throughout content in non-pollen palynomorphs (NPPs)

Blanca Ruiz Zapata ⁽¹⁾, Clemencia Gómez González ⁽¹⁾, María José Gil ⁽¹⁾, José Antonio López-Sáez ⁽²⁾, Juan Ignacio Santisteban ⁽³⁾, Rosa Mediavilla ⁽⁴⁾, Fernando Domínguez ⁽⁴⁾ y María Soledad Vera ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Departamento de Geología, Edificio de Ciencias, Universidad de Alcalá, 28871, Alcalá de Henares, Madrid. blanca.ruiz@uah.es

⁽²⁾ Laboratorio de Arqueobiología, Departamento de Prehistoria, Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC), Calle Albasanz 26-28, 28037, Madrid. alopez@ih.csic.es

⁽³⁾ Departamento Estratigrafía. Universidad Complutense de Madrid. 28040-Madrid. juancho@geo.ucm.es

⁽⁴⁾ Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid. r.mediavilla@igme.es

⁽⁵⁾ Departamento de Química Analítica. Edificio de Ciencias. Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares. soledad.vera@uah.es

ABSTRACT

The content in non-pollen palynomorphs (NPPs), constitutes an important tool at the time of reconstructing the paleoenvironmental changes of a deposit and explaining them in terms of climate and/or anthropic activity. This work show NPPs data from the peat deposit Pñ appear, of periglacial origin, located in the bulk of Peñalara, (Mountain range of Guadarrama, Madrid). 14C data, locate the formation of this deposit in 1.600 ± 40 BP. During this period, the palinological data show a regional landscape formed by forests of *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster* and *Quercus*, as well as presences of *Betula*, whereas on local scale anthropozoogenic bivuacs are developed to pastures (Poaceae and *Plantago lanceolata*). The presence of the hygrophilic pastures (Cyperaceae) is constant throughout all the profile, like the NPPs, of similar ecological affinity and whose variations have been very useful at the time of establishing the humidity fluctuations. Other NPPs has served to demonstrate: the major or minor pastoral pressure, and the variations in the trophic conditions of the peat bog. The changes observed in the vegetation and the uses of the ground, are also stated through the information provided by the values of the pH and the conductivity of the sediment.

Key words: Palaeoecology, Palynology, Late Holocene, vegetation, anthropic activity

Geogaceta, 46 (2009), 135-138
ISSN: 0213683X

Introducción

Los lagos constituyen una de las principales fuentes de información en la reconstrucción paleoambiental y paleoclimática en el medio continental. Por esta razón cobra gran interés el macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama, Madrid) (Fig. 1), donde la actividad glaciaria, durante la última glaciación (Centeno *et al.*, 1983, Pedraza *et al.*, 2004, Pedraza y Carrasco, 2005, Acaso, 2006) dio lugar a la formación de numerosas cuencas endorreicas de pequeño tamaño, susceptibles a conservar una serie de *proxy-data*, útiles en la reconstrucción de la vegetación, el clima y los usos del suelo. Los sucesivos estudios de carácter palinológico, realizados en el área de estudio (Alía *et al.*, 1957; Jiménez Ballesta *et al.*, 1985; Ruiz Zapata *et al.*, 1988; Bentley, 1991; Vázquez, 1992 y Vázquez y Ruiz Zapata, 1992), han evidenciado como a lo lar-

go del Holoceno, dominaban, con carácter regional los bosques de *Pinus*, junto a *Betula* y *Quercus*, mientras que a escala local dominaban las gramíneas; la evolución de la citada vegetación se ha relacionado, fundamentalmente con la pérdida progresiva de la tasa de humedad. La identificación de fases erosivas, a partir de Holoceno reciente (Bentley, 1991), se interpretan como una respuesta a las variaciones en el uso del suelo (clareado y presión pastoral), que a su vez condiciona el desarrollo de una vegetación de carácter antrópica (Vázquez, 1992; Vázquez y Ruiz Zapata, 1992; Gil García, 1992; Franco Múgica, 1995; Gómez González, 2007).

Para completar esta información, se han estudiado los palinomorfos no polínicos (NPPs), ya que la presencia de estos restos de esporas algales, cianobacterias, esporas fúngicas, fragmentos de briófitos o restos de un material biológico incierto (van Geel,

1978), en un depósito, está estrictamente ligado a las características locales del mismo, siendo de gran interés a la hora de reconstruir las condiciones ambientales, naturales y/o antrópicas del entorno más inmediato (López Sáez y López Merino, 2007; Riera *et al.*, 2006). La asociación de NPPs en un depósito localizado en el vecino valle del Lozoya (Gómez González, 2007), permitió evidenciar que el proceso de deforestación respondía a un uso intensivo del suelo y que el aumento de la presión pastoral, llevaba asociado un cambio importante en las condiciones tróficas de la turbera, y en los valores del pH y conductividad del testigo analizado.

Material y Métodos

El testigo Pñ, de 154 cm. de profundidad, se ha obtenido mediante el empleo de la sonda manual tipo Rusa. La extracción de los

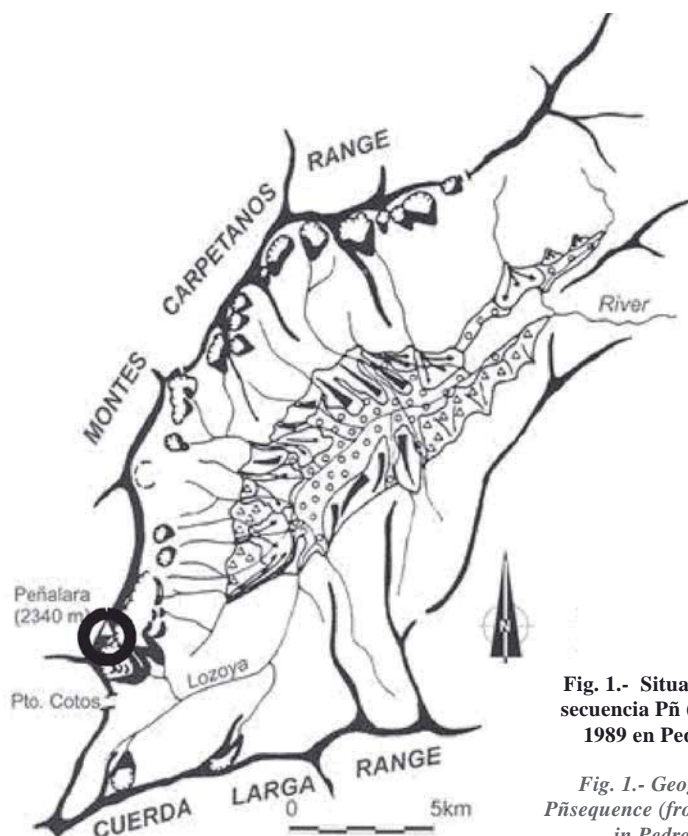


Fig. 1.- Situación geográfica de la secuencia Pñ (según Pedraza *et al.*, 1989 en Pedraza *et al.*, 2004).

Fig. 1.- Geographic situation of Pñ sequence (from Pedraza *et al.*, 1989, in Pedraza *et al.*, 2004).

palinomorfos no polínicos (NPPs), se realizó con el mismo protocolo de laboratorio utilizado para los granos de polen (Girard y Renault-Miskovsky, 1969, Faegri *et al.*, 1989 y Goeur y de Beaulieu, 1979) y su recuento, en las mismas láminas realizadas para el estudio del polen, se ha ajustado al método propuesto por Cambon (1981). Para su determinación, se ha seguido la tipología numérica establecida por la escuela de B. van Geel (van Geel, 1978), aunque en su mayor parte puedan identificarse a nivel genérico (van Geel, 2001; van Geel *et al.*, 2003; López Sáez y López Merino, 2007).

Para llevar la representación gráfica de los datos, se ha utilizado el paquete informático TILIA-TILIA GRAPH y TGVIEW 1.6.2 (Grimm, 1987). Los valores se expresan en frecuencias relativas (Fig. 2), en base a la suma total del contenido de palinomorfos polínicos y no polínicos, de cada muestra; los taxones con valores inferiores al 5%, se han señalado mediante presencias. Se adjunta la curva que relaciona el total de polen arbóreo, en la que se ha excluido el valor de *Pinus*, polen arbustivo y herbáceo. Con el fin de facilitar la lectura de los datos, se ha construido un diagrama sintético (Fig. 3) en el que los NPPs aparecen agrupados de acuerdo con sus afinidades ecológicas.

Para las medidas de pH, se ha utilizado un pH-metro Inolab y para la conductividad, un conductímetro Crison de acuerdo con la

norma ISO 10390:2005, representando su datos en la (Fig. 3).

Se han realizados siete dataciones radiocarbónicas AMS (Tabla I) cuya calibración se ha llevado a cabo a partir de la datación estándar BP y su respectiva desviación típica, a través del programa OxCal v. 3.5 (Bronk Ramsey, 2000).

Resultados y Discusión

La secuencia Pñ, objeto de este trabajo, aporta información sobre los cambios acaecidos desde 1.680 ± 40 BP (Tabla I). Se han identificado un total de 20 NPPs, 6 taxa hidro-higrófitos, Filicales monoletes y triletes (Fig 2), además de los 9 taxones arbóreos, 5 arbustivos y 25 herbáceos (Gómez Gonzalez, 2007), cuyo comportamiento ha definido la zonación del diagrama polínico. Desde el punto de vista de la vegetación, a escala local dominan los taxones herbáceos, fundamentalmente Poaceae junto a los pastizales de Nitrófilas antrópicas y Nitrófilos (Fig. 3), el estrato arbustivo es poco significativo, excepto a techo de la secuencia y el elemento arbóreo (excluido *Pinus*) presenta dos etapas de mayor expansión; en este contexto la presencia de los taxones higrófitos, con Cyperaceae como componente principal, es continua a lo largo de todo el perfil. El pH de la secuencia presenta escasas fluctuaciones, quizá condicionado por la naturaleza ácida de la roca

parental, sin embargo la conductividad oscila entre valores de 140 a $20 \mu\text{S cm}^{-1}$, como respuesta a la mayor o menor concentración de nitratos y fosfatos en el medio.

Los NPPs identificados, tanto numérica como genéricamente (Fig. 2) se han agrupado de acuerdo con sus afinidades ecológicas, con objeto de facilitar la comprensión de la información que proporcionan (Fig. 3). Los grupos resultantes son indicadores de: Presión pastoral (55 A- *Sordaria* sp, 113- *Sporomiella* sp, 368- *Podospora* sp), procesos erosivos (207- *Glomus* cf. *fasciculatum*), condiciones oligotróficas (72A- *Alona rustica*, 352- *Arcella* sp), condiciones meso-eutróficas (332 C- *Euastrum insulare*, 353- *Neorhabdoceala* indif y *Spiroyra*), condiciones húmedas (8 B- *Microthrymium* sp, 18- Ascospora fúngica, 28- Espermatóforo de copepoda, 37- *Callidina angusticollis*, 902- *Tardigrada*, *Amaebaea* indif) y el tipo 3 B (*Pleospora* sp) indicador de condiciones secas. No se han representado aquellos NPPs que carecen de afinidades ecológicas claras, como es el caso de *Uredospora*, el T-36 (ácaros), T-88 (mandíbulas de invertebrados).

Los cambios observados (Fig. 2 y 3) repiten el mismo esquema evolutivo que la vegetación (Gomez Gonzalez, 2007), consistente en la detección de tres zonas polínicas:

Zona Pñ-1: abarca de 154 cm. a 101 cm. de profundidad y está datado entre 1.680 ± 30 BP y 755 ± 30 BP (Tabla I). Litológicamente, se trata de un lodo orgánico masivo con fragmentos líticos flotantes, arena media-gruesa de cuarzo y finalmente una turba poco evolucionada. Refleja un paisaje vegetal abierto que inicialmente (Pñ1-a), presenta un mayor desarrollo de la cobertera arbórea, y de los pastizales higrófitos. Los NPPs presentes definen los primeros síntomas de Presión antrópica, de procesos erosivos, y de unas bajas condiciones de humedad. El pH y la conductividad presentan los valores más altos del perfil. Hacia el techo (Pñ1-b), la prácticamente ausencia del elemento arbóreo está asociada a la expansión y dominio de Poaceae; se detecta una pérdida de diversidad así como un ligero descenso porcentual del grupo acuático y de las Filicales. Los MNPs indican una mayor Presión pastoral, variaciones en de las condiciones tróficas, un aumento de la humedad y de los procesos erosivos. El valor del pH es muy similar al de Pñ1-a pero la conductividad desciende hasta valores del orden de $20 \mu\text{S cm}^{-1}$. Por tanto, a lo largo de la zona Pñ-1, se detecta un descenso de la humedad ambiental, no así de la humedad edáfica, que favorece la expansión de los pastos de altura, así como un aumento

de la presión pastoral, cuyas fluctuaciones interactúan sobre las condiciones tróficas del depósito y explican el aumento de la conductividad.

El intervalo de 101 a 97 cm, es estéril en el contenido de palinomorfos. La Zona Pñ-2, desarrollada desde los 97 a 40 cm, y datada en 275±30 BP y 340±40 BP (Tabla I), corresponde a una turba poco evolucionada con abundantes restos vegetales de briófitos y raíces. Se detecta una nueva recuperación del estrato arbóreo, sin alcanzar los valores de la zona anterior, el estrato herbáceo continúa siendo el componente dominante y los taxones acuáticos, aparecen en porcentajes más bajos que en la zona Pñ-1. Todo ello junto al comportamiento de los NPPs definen una primera fase (Pñ-2 a), caracterizada por un ligero aumento del polen arbóreo, de los elementos acuáticos y de las Filicales, junto al descenso de Poaceae y la caída de los NPPs indicadores de Presión pastoral; los indicadores de las condiciones tróficas del depósito mantienen la misma alternancia detectada en la zona anterior. Hacia el techo (Pñ-2 b), es más acusada la caída del estrato arbóreo y de los taxones acuáticos y Filicales, así como el aumento de Poaceae y de los NPPs indicadores de Presión pastoral y de Condiciones de humedad local. En Pñ-2, se repite el mismo esquema evolutivo de la zona anterior: descenso de la humedad ambiental, asociado al aumento de Poaceae y de los NPPs asociados a condiciones de humedad y de Presión antrópica; las fluctuaciones de dicha actividad, se manifiestan en la alternancia de los NPPs indicadores de condiciones oligotróficas y meso-eutróficas, así como en la variación de la conductividad (Fig. 3).

La Zona Pñ-3, agrupa las muestras localizadas entre los 40 cm hasta la superficie; se trata de una turba poco evolucionada con abundantes restos vegetales y tiene una datación de 80±40 BP (Tabla I). Se caracteriza por la escasa representación del estrato arbóreo, la expansión de los taxones arbustivos, el retroceso de Poaceae y la expansión de los taxones herbáceos de carácter Nitrófilo antrópico y Nitrófilas. La vegetación acuática dominada por Cyperaceae, presenta una menor diversidad y una clara tendencia al retroceso. A lo largo de esta zona se acentúan los procesos de pérdida de humedad, marcados por el descenso de los taxones acuáticos, de los NPPs de esta ecología y por la presencia del tipo 3 B. El desarrollo de los NPPs de afinidad coprófila y de los taxones herbáceos Nitrófilos antrópicos, avalan el aumento de la presión antrópica, sobre los pastos de altura, explicando el descenso de Poaceae. El descenso altitudinal de la cobertura arbórea, favorecería el desarrollo del matorral. Estos

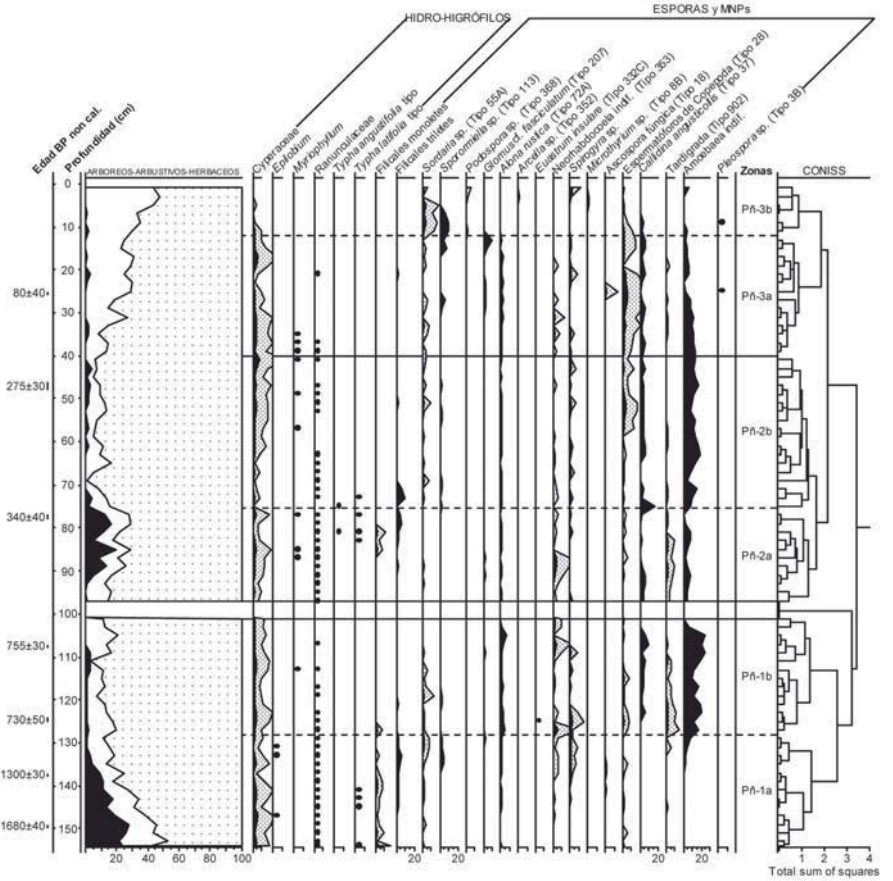


Fig. 2.- Diagrama palinológico (hidro-higrófitos y microfósiles no polínicos) de la turbera Pñ de Peñalara. (*Pinus sylvestris* tipo y *Pinus pinaster* excluidos de la suma base polínica).

Fig. 2.- Pollen Diagramme (hidro-higrophites and NPPs of Peñalara peat. (*Pinus sylvestris* and *Pinus pinaster* excluded of base summe).

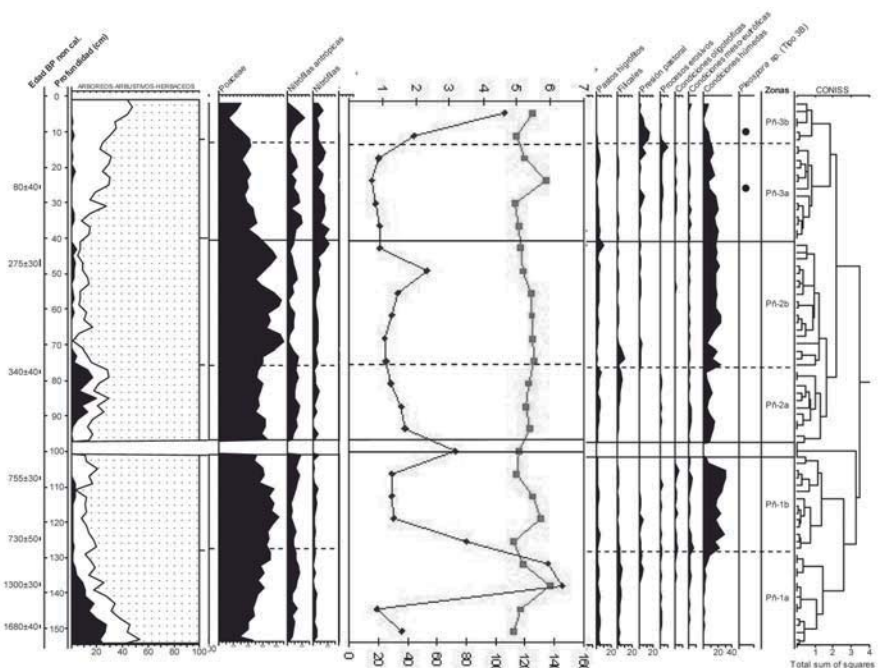


Fig. 3.- Relación de palinomorfos polínicos y no polínicos con pH y conductividad.

Fig. 3.- Relation between pollen and non-pollen palynomorphes with pH and conductivity.

MUESTRA	n° Laboratorio	Profundidad cm	¹⁴ C (BP)		cal. BC/AD (2 σ) 95.4%
Pñ-9	Beta-229289	25-27	80 ± 40	turba	1680 AD – 1740 AD 1800 AD – 1940 AD
Pñ-1	GdA-933	46-48	275 ± 30	turba	1510 AD – 1600 AD 1610 AD – 1670 AD
Pñ-5	Beta-223985	77-78	340 ± 40	turba	1460AD - 1650AD
Pñ-2	GdA-934	107-108	755 ± 30	turba	1215AD - 1285AD
Pñ-6	Beta-223986	124-125	730 ± 50		1200AD - 1320AD 1350AD - 1400AD
Pñ-3	GdA-935	137-138	1300 ± 30	turba	660 AD – 780 AD
Pñ-7	Beta-229290	149-150	1680 ± 40	turba	240 AD – 440 AD

**Tabla I.-
Dataciones
¹⁴C secuen-
cia Pñ.**

**Table I.-
Radiocarbon
dating ¹⁴C
Pñ
sequence.**

hechos se manifiestan igualmente en los cambios acaecidos en los valores de la conductividad del sedimento.

Conclusiones

El trabajo realizado ha puesto de manifiesto la utilidad de los NPPs en la identificación de los cambios en el uso del suelo, como respuesta a las variaciones en las condiciones de humedad, su efecto sobre las condiciones tróficas del depósito y la relación con los parámetros físico-químicos.

En este sentido, el depósito Pñ ha revelado la existencia de una acción continuada de la actividad antrópica, sobre el territorio en los últimos 1.680±40 BP, favorecida por los cambios acaecidos en la tasa de humedad.

Este proceso se ha realizado en tres fases sucesivas de intensidad creciente, materializadas en las denominadas las zonas polínicas, caracterizadas por evidenciar:

- la pérdida de humedad que favorece el retroceso de la masa arbórea (zonas Pñ-1 y Pñ-2) y el desarrollo de los pastos de altura (Poaceae), favorecidos por la humedad local detectada a través de los NPPs.
- esta situación conlleva el aumento progresivo de la presión pastoral y su efecto sobre las condiciones tróficas del depósito y los valores de conductividad del mismo.
- estos hechos culminan a techo de la secuencia (zona Pñ-3), donde unas condiciones más secas limitan el desarrollo altitudinal del bosque favoreciendo la expansión del matorral y de la presión antrópica.

Agradecimientos

Los autores quieren manifestar su agradecimiento a la dirección del Parque Regional de Peñalara, así como a todo su personal

por las innumerables facilidades y apoyo dados durante los años en que esta investigación se ha estado desarrollando. Al Dr. D. Javier Pedraza, por las valiosas aportaciones realizadas en la revisión del manuscrito y los editores de esta revista por las sugerencias emitidas en aras a una mejor comprensión del trabajo. Este trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación CCG07-UAH/SAL-2223.

Referencias

- Acaso, E. (2006). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* (G), 101 (1-4), 79-83.
- Alía, M., Menéndez Amor, J. y Vidal, C. (1957). En: *V Congreso Internacional INQUA*. Libro de excursiones, 28-34.
- Bentley, S. (1991). A vegetational history of Peñalara in Central Spain. King College, Londres. Informe Inédito.
- Bronk-Ramsey, C. (2000). OxCal Version 3.5. <http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/index.htm>.
- Cambón, G. (1981). *Relations entre le contenu pollinique de l'atmosphère et le couvert végétal méditerranéen occidentale a Montpellier (France), Valencia (Espagne) et Oran (algerie)*. Tesis Doctoral. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. 403 p.
- Centeno, J.D., Pedraza, J y Ortega, I. (1983). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* (G), 81 (3-4), 153-171.
- Faegri, K., Kaland, P.E. y Krzywinski, K. (1989). *Textbook of Pollen Analysis* 4th Ed. John Wiley & Sons, Chichester, 328 p.
- Franco Múgica, F. (1995). *Estudio palinológico de turberas holocenas en el Sistema Central: reconstrucción paisajística y acción antrópica*. Tesis Doctoral. Univ. Autónoma. 392 p.
- 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. Universidad de Alcalá. 211 p.

Girard, M. y Renault-Miskovsky, J. (1969). *Bulletin de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire*, 4, 275-284.

Goery, C. y de Beaulieu, J.L. (1979). *Pollen et Spores*, 21, 239-251.

Gómez Gonzalez, C. (2007). *Actividad antrópica y vegetación en el Valle del Lozoya (Madrid) durante el Holoceno reciente*. Tesis Doctoral. Univ. Alcalá. 449 p.

Grimm, E.C. (1987). *Computers & Geosciences*, 13 (1), 13-35.

Jiménez Ballesta, R., López Martínez, J., López García, P. e Ibáñez, J.J. (1985). En: *I Reunión do Quaternario Ibérico*, Actas, 213-224.

López Sáez, J.A. y López Merino, L. (2007). *Revista Española de Micropaleontología*, 38 (1-2), 49-75.

Pedraza, J, Carrasco, R.M., Martín-Duque, J.F. y Sanz Santos, M.A. (2004). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* (G): 99 (1-4), 185-196.

Pedraza, J y Carrasco, R.M. (2005). *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*, 13: 278-288.

Riera, S., López Sáez, J.A. y Julià, R. (2006). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141, 127-137.

Ruiz Zapata, M.B., Acaso Deltell, E., Rebollo, L., Vázquez Gómez, R., Gil, M.J., García Antón, M. y Andrade, A. (1988). *Henares Revista Geológica*, 2, 19-28.

van Geel, B. (1978). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 25, 1-120.

van Geel, B. (2001). En: *Tracking environmental change using lake sediments*; volume 3: Terrestrial, algal and siliceous indicators (Smol, J.P., Birks, H.J.B. & Last, W.M., Eds.). Kluwer Academic Publishers, 99-119.

van Geel, B., Buurman, J., Brinkkemper, O., Schelvis, J., Aptroop, A., van Reenen, G. y Hakbijl, T. (2003). *Journal of Archaeological Science*, 30, 873-883.

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- 401 p.

Vázquez, R. y Ruiz Zapata, M.B. (1992). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* (B), 88 (1-4), 235-250.