

Evolución del paisaje vegetal durante los últimos 1.680 años BP en el Macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama, Madrid)

Clemencia Gómez González¹, Blanca Ruiz Zapata¹, María José Gil¹, José Antonio López-Sáez², Juan Santisteban³, Rosa Mediavilla⁴, Fernando Domínguez⁴ y Soledad Vera⁵

- 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), Albasanz 26-28, 28037 Madrid. alopez@ih.csic.es
³ Dpto. Estratigrafía, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid. juancho@geo.ucm.es
⁴ Instituto Geológico y Minero de España, La Calera 1, 28760 Tres Cantos, Madrid. r.medivilla@igme.es
⁵ Departamento de Química Analítica, Edificio de Ciencias, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares, Madrid. soledad.vera@uah.es

Resumen

El estudio polínico de un depósito higroturboso de origen periglacial localizado en el macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama, Madrid) apoyado en 7 dataciones AMS de ¹⁴C, proporciona la primera reconstrucción de alta resolución de la evolución de la vegetación en el área durante los últimos 1689 años. Los resultados obtenidos reflejan la existencia de un paisaje vegetal dominado por el estrato herbáceo, constituido fundamentalmente por Poaceae y *Plantago lanceolata* tipo. La masa forestal está constituida por *Pinus sylvestris* tipo y en menor proporción *Pinus pinaster* tipo y *Quercus*, junto a presencias puntuales de *Betula*. El grupo arbustivo (*Erica arborea*, Rosaceae, cf. *Juniperus* y Cistaceae), está presente a lo largo de toda la secuencia sin llegar a tener un papel importante en la estructura de la vegetación. El análisis de los microfósiles no polínicos (MNPs) ha permitido relacionar las variaciones de la vegetación con la presión pastoral y los cambios tróficos en la turbera. Los valores del pH y de la conductividad del sedimento, constatan los cambios detectados en la vegetación y en los usos del suelo.

Palabras clave: Palinología, vegetación, actividad antrópica, Holoceno Reciente.

Abstract

[Landscape evolution during the last 1680 years BP in the Peñalara Massif, Guadarrama Range, Madrid] A study of peat bog from Peñalara (Guadarrama Range, Madrid) supported by 7 ¹⁴C AMS dates provides the first high-resolution the vegetation evolution during the last 1680 years in the area. The landscape is dominated by herbaceous taxa, constituted mainly by Poaceae and *Plantago lanceolata*. Shrubs such as *Erica arborea*, Rosaceae, cf. *Juniperus* and Cistaceae have certain role in the vegetation. Woodlands with *Pinus sylvestris* type, also *P. pinaster*, *Quercus* and *Betula* are also noticeable throughout the sequence. Non-pollen palynomorphs are used to infer the importance of erosive processes and changes in peat bog trophic condition. The information provided by pH and sediment conductivity serves to assess vegetation and land uses changes.

Keywords: Palynology, vegetation, vnthropic activity, Late Holocene.

1. INTRODUCCIÓN

Los lagos constituyen una de las principales fuentes de información en la reconstrucción paleoambiental y paleo-

climática del medio continental. En el caso del macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama, Madrid), la actividad glacial durante la última glaciación (Centeno *et al.*, 1983; Pedraza *et al.*, 2004; Pedraza y Carrasco, 2005; Acaso,

2006) ha propiciado la formación de numerosas cuencas endorreicas de pequeño tamaño, que conservan las claves para la detección de los cambios acaecidos en la vegetación, como respuesta al clima y/o a la actividad antrópica. Bajo esta perspectiva el primer análisis palinológico realizado, en el entorno de la laguna de Peñalara (Alfá *et al.*, 1957), se llevó a cabo en la turbera "Tremedal de los Hoyos" localizada a 1.900 m.s.n.m, en la denominada Hoya de Peñalara; el análisis de 16 muestras correspondientes a un sondeo de 250 cm de potencia, puso de manifiesto las fluctuaciones en la composición del bosque constituido fundamentalmente por *Pinus*, *Betula* y *Quercus*, junto con el dominio de las gramíneas en el estrato herbáceo a lo largo del, según los autores, el Holoceno.

Posteriormente, Jiménez Ballesta *et al.* (1985) retomaron las investigaciones palinológicas en el área, comparando la evolución paleoambiental entre algunas turberas de las sierras de Gredos y Guadarrama; en el caso de Peñalara, estudiaron dos muestras procedentes del relleno de la depresión interior del arco morrénico principal, situado a 1.950 m.s.n.m. Los resultados más relevantes se resumen en el dominio del pinar sobre el bosque de quercíneas y en la similaridad de la vegetación fósil con la actual. A partir de 1986, el grupo de Palinología de la Universidad de Alcalá de Henares (Ruiz Zapata *et al.*, 1987, 1988) inicia una serie de investigaciones sistemáticas de carácter paleoambiental en la zona, a fin de poder establecer con mayor precisión cronológica la secuencia vegetal y climática del área. El estudio preliminar de siete muestras, procedentes de un sondeo realizado en la Hoya de Peñalara, a 1930 m.s.n.m, situado a 50 m al este de la base del escarpe del Refugio Zabala, reveló la evolución desde paisajes de bosque, relativamente densos hasta la instalación de un paisaje semejante al actual, destacando el papel del estrato arbustivo y la presencia de gramíneas; dichos cambios en la estructura de la vegetación, lo explican como una respuesta tanto a las variaciones en las condiciones climáticas como a la actividad antrópica.

Años más tarde, Bentley (1991), presentó los resultados del análisis polínico de siete muestras procedentes de un perfil de 90 cm (sin ubicación exacta conocida); concluyendo, que la vegetación a escala regional, está caracterizada por la existencia de bosques de *Pinus*, así como mixtos de pinares y quercíneas. Este autor atribuye los

descensos de *Betula* y *Quercus*, los cambios en los pinares, y la presencia de fases erosivas, a variaciones en el uso del suelo (clareado y presión pastoral), sin descartar algún tipo de influencia climática en ellos, dada la dificultad para diferenciarlos en el diagrama polínico. Adicionalmente, identifica, a nivel local, pastizales de gramíneas dedicados al ganado, en los cuales varía la presión pastoral en el tiempo.

El análisis de 31 muestras, procedentes de un sondeo de 160 cm en la turbera localizada en la depresión de la lengua glaciaria del estadio Würm B, en la Laguna Grande de Peñalara (Vázquez, 1992; Vázquez y Ruiz Zapata, 1992), corrobora las conclusiones de los trabajos previos y aporta, por primera vez, dataciones radiocarbónicas. Así se establece que hacia 4.160 ± 70 BP (Vázquez, 1992), el paisaje local del hoyo de la Laguna Grande de Peñalara corresponde a un medio abierto no forestal con bosques regionales de *Pinus* y *Betula*, que no se encontrarían muy alejados del depósito, mientras que el robledal, también de carácter regional, se situaría a menor cota y aún menor sería el límite altitudinal del encinar. Tras un período de deforestación, que afectaría el pinar y el abedular, aún durante el Subboreal, ambas formaciones forestales muestran una ligera recuperación. Posteriormente, señala una regresión del abedular, relacionada con la mejoría climática del Subatlántico (2.700-2.500 BP), paralela con la expansión de los pinares. A partir de 1.100 ± 60 BP, identifica otra retracción del abedular provocada por condiciones climáticas, aunque la presión antrópica parece afectar también, de manera temporal, a los bosques de *Pinus* y *Quercus*. Con posterioridad a 1.100 BP, identifica el proceso más acusado de degradación antrópica de los bosques, si bien se detectan algunos episodios de recuperación, debido a la disminución de la presión antrópica y quizás por la mejoría climática de los siglos XI-XV d.C. El deterioro climático de la Pequeña Edad del Hielo (siglos XV-principios XVIII d.C.), se detecta a través de una nueva expansión de *Betula* que llega incluso a competir con *Quercus*. Por otro lado, la disminución del pastoreo, como consecuencia de una menor productividad de pastos, favorecería el desarrollo del pinar regional, cuya posterior caída podría estar relacionada con los efectos de las desamortizaciones del siglo XIX d.C. Finalmente, la autora señala que la recuperación de los bosques, en el siglo XX d.C., estaría relacionada con la política proteccionista

de los mismos y con la disminución de las prácticas agropecuarias tradicionales.

Gracias a los trabajos palinológicos, antes citados, se ha podido establecer, de un modo general, la evolución de la vegetación en el macizo de Peñalara durante el Holoceno reciente, que se caracterizaría por el tránsito desde formaciones de bosque, fundamentalmente pinares, abedulares y melojares, hasta el desarrollo de espacios abiertos, a través de fluctuaciones entre los taxa arbustivos y herbáceos, cuya dinámica responde a cambios en las condiciones climáticas, así como a una ocupación y usos antrópicos del territorio. Lo expuesto evidencia el interés paleoambiental de la zona, tanto a nivel paleoecológico como paleofitogeográfico, por tratarse de un área de alta montaña sensible tanto a los cambios climáticos holoceños como a los mediados por la actividad humana.

En este sentido el trabajo que se presenta se aborda bajo la perspectiva de un análisis de alta resolución, basado en la identificación de granos de polen y de palinomorfos no polínicos, con el fin de poder relacionar los cambios acaecidos en la vegetación, tanto regional como local; el análisis del pH y la conductividad del sedimento permitirá conocer la respuesta de la propia cuenca de sedimentación, frente a los eventos de carácter climático y/o antrópico.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El testigo analizado (PÑ) se obtuvo con una sonda manual tipo Rusa, alcanzando una profundidad de 154 cm (Fig. 1); el muestreo se realizó cada 2 cm, suponiendo un total de 78 muestras analizadas. Para la extracción de los granos de polen se utilizó la metodología clásica (Coüteaux, 1977; Faegri *et al.*, 1989; Moore *et al.*, 1991), consistente en un ataque químico mediante el empleo de ácidos (CIH y FH) y álcalis (NaOH); el residuo fue sometido a técnicas de enriquecimiento, mediante la concentración del polen por flotación en licor denso de Thoulet (Girard and Renault-Miskovsky, 1969; Goeury and Beaulieu, 1979).

La lectura y recuento del contenido polínico se llevo a cabo de acuerdo al método propuesto por Cambon

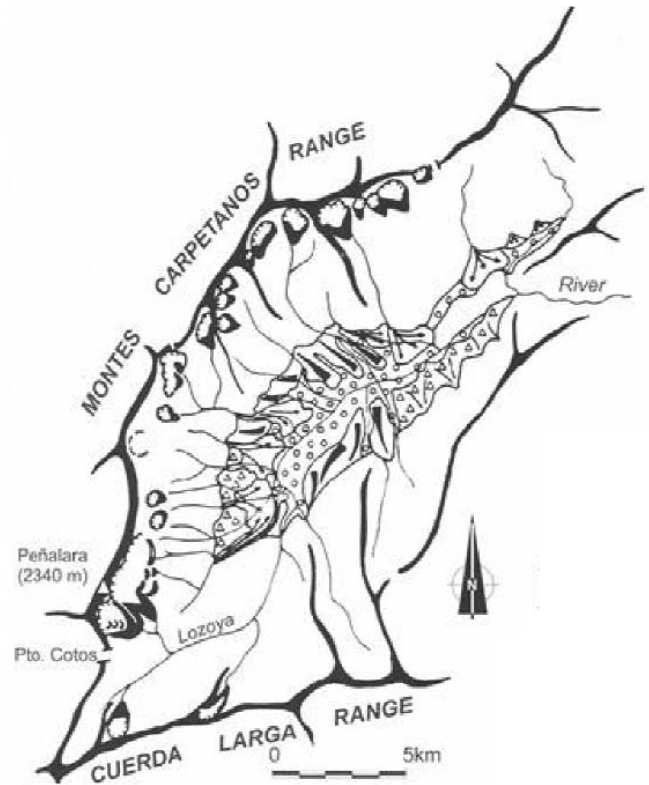


Figura 1. Situación geográfica de la secuencia PÑ.
Figure 1. Geographic location of PÑ sequence.

(1981). Para la determinación de los tipos polínicos se tomó como referencia la palinoteca de la Universidad de Alcalá y los manuales de Valdés *et al.* (1987), Moore *et al.* (1991) y Reille (1992). La diferenciación de *Pinus pinaster* tipo se basó en Arobba (1979) y Díaz-Laviada (1989). Los microfósiles no polínicos (MNP) se han identificado siguiendo la tipología numérica y genérica establecida por la escuela de B. van Geel (van Geel, 1978; van Geel *et al.*, 1981, 2003; López Sáez *et al.*, 2000, 2005; López Sáez y López Merino, 2007; Riera *et al.*, 2006).

La representación gráfica de los datos polínicos (Fig. 2) y no polínicos, se expresan en frecuencias relativas, en el denominado Diagrama Polínico, elaborado con el paquete informático TILIA®, TILIA GRAPH® y TGVIEW 1.6.2 (© Eric C. Grimm). Las frecuencias relativas de los taxones arbóreos, arbustivos y herbáceos se calcularon a partir de la suma base, que excluye el polen de la vegetación acuática, las esporas y los MNP; los porcentajes de estos últimos se han realizado en base a la suma total del contenido en granos de polen y palinomorfos no polínicos.

cos de cada muestra y su representación (Fig. 3) se combina con el diagrama sintético del contenido en polen. En este diagrama, salvo *Pinus* (que se representa individualmente), se han realizado las siguientes agrupaciones: Bosque perenne (*Quercus ilex* tipo y *Cytisus* tipo), Bosque caduco (*Quercus* tipo y *Prunus* tipo), Bosque ripario

(*Alnus*, *Fraxinus* y *Salix*); para los taxones herbáceos se contemplan los grupos de Nitrófilas antropozoógenas (Poaceae, Fabaceae, Caryophyllaceae, Fumariaceae, Brassicaceae, y Apiaceae), Nitrófilas antrópicas (*Aster* tipo, Cichoriaceae, Dipsacaceae, *Papaver rhoeas* tipo, Boraginaceae, *Rumex acetosa* tipo, Solanaceae, Malvaceae, *Ar-*

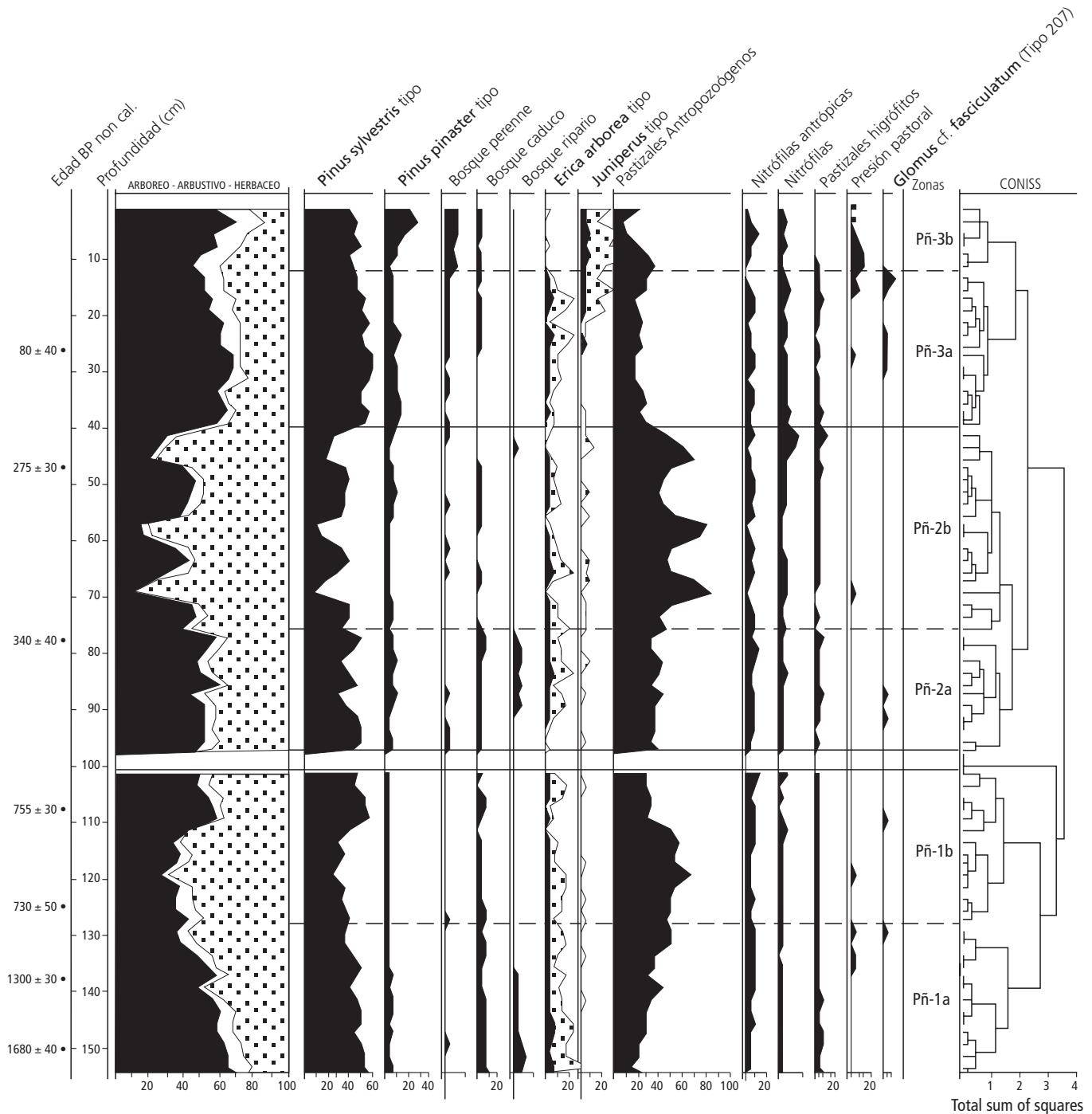


Figura 3. Diagrama Polínico sintético PÑ.

Figure 3. PÑ Synthetic Pollen Diagram.

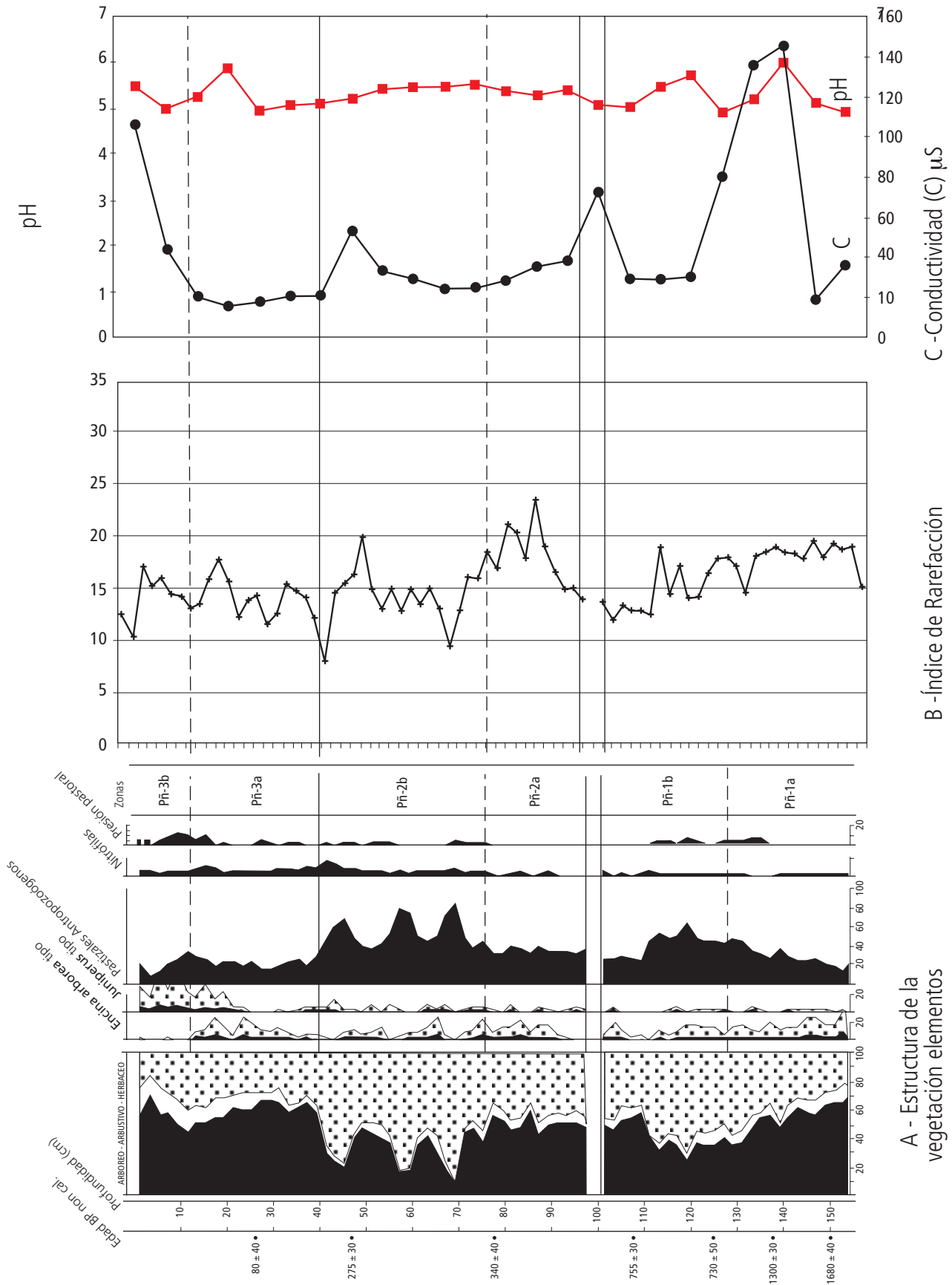


Figura 4. Relación de (A) polen/(B)/Rarefacción/(C) C y pH, en la secuencia PN.

Figure 4. Pollen/(A)/Rarefaction (B)/C and pH (C) relation, in PN sequence.

temisia), Nitrófilas (*Urtica dioica* tipo, *Plantago lanceolata* tipo, *Polygonum aviculare* tipo, Rubiaceae, Geraniaceae y Chenopodiaceae-Amaranthaceae). Para facilitar la lectura del diagrama se han señalado con presencias aquellos taxones cuyos valores no superan el 5%. Con el fin de evaluar la diversidad biológica del registro y estimar la riqueza polínica (Fig. 4), se ha realizado un análisis de rarefacción (Analytic Rarefaction 1.3; Bronk-Ramsey, 2000).

Las medidas de pH y conductividad (Fig. 4) se llevaron a cabo de acuerdo con la norma ISO 10390:2005; para ello, con las muestras de suelo, secadas al aire y tamizadas, se prepararon suspensiones en agua (1:5) que fueron agitadas vigorosamente durante 10 minutos y a continuación se mantuvieron en reposo para llevar a cabo las medidas de pH y conductividad en el sobrenadante. Dichas medidas se han realizado utilizando un pH-metro Inolab y un conductímetro Crison. En todo momento, la temperatura de trabajo ha sido $25 \pm 1^\circ \text{C}$.

Finalmente, teniendo en cuenta la alta resolución empleado en el análisis polínico, se han llevado a cabo un total de siete dataciones radiocarbónicas AMS (Tabla 1). Las dataciones han sido calibradas a partir de la datación estándar BP y su respectiva desviación típica, sirviéndonos para la calibración del programa OxCal v. 3.5 -©Bronk Ramsey, 2000.

3. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

El análisis polínico llevado a cabo sobre las 78 muestras de la secuencia PÑ, objeto de este trabajo, refleja los cambios acaecidos en la vegetación a partir de los 1680 ± 40 BP. Se han identificado un total de 45 taxones, de los cuales 9 son arbóreos, 5 arbustivos y 25 herbáceos, junto a 6 taxa hidro-higrófitos, 4 MNPs y Filicales monoletes y triletes (Fig. 2).

Desde el punto de vista de la vegetación, los hechos más relevantes se resumen en el dominio de polen herbáceo, representado fundamentalmente por Poaceae y diversos taxa de afinidad nitrófila (Cichorioideae, *Aster* tipo, *Papaver rhoeas* tipo, *Rumex acetosa* tipo, *Urtica dioica* tipo, *Plantago lanceolata* tipo, Chenopodiaceae/Amaranthaceae) y Rubiaceae. El aumento de estos últimos asociado al desarrollo de MNPs de afinidad coprófila, como es el caso de los tipos tipo-55 A (*Sordaria* sp), tipo-113 (*Sporomiella* sp) y el tipo-368 (*Podospora* sp) (van Geel et al., 2003; van Geel y Aptroot, 2006; López Sáez y López Merino, 2007), permite definir momentos de mayor presión pastoral. Del componente arbustivo, constituido básicamente por *Erica arborea* tipo, *Prunus* tipo, cf. *Juniperus* y Cistaceae, cabe destacar su presencia constante a lo largo de toda la secuencia así como su expansión hacia el techo de la misma, con posterioridad a los 275 ± 40 BP. En cuanto a la masa forestal, están representados los elementos de carácter regional que se documentan en otros estudios polínicos de la Sierra de Guadarrama (Gil García, 1992; Vázquez, 1992; Franco Múgica, 1995), como es el

MUESTRA	nº 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	turba	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 1. Dataciones ¹⁴C secuencia PÑ.

Table 1. Radiocarbon dating ¹⁴C PÑ sequence.

caso de *Pinus sylvestris* tipo, *P. pinaster* tipo, *Quercus ilex* tipo y *Quercus pyrenaica* tipo, junto a presencias, en porcentajes menores de *Betula*, *Alnus*, *Castanea*, *Salix* y *Fraxinus*. Las fluctuaciones en los valores de los elementos arbóreos, y su ausencia/presencia, marca diversos episodios climáticos que permiten corroborar los retrocesos y avances de la línea superior de bosque (pinar), y la expansión o retroceso de melojares y abedulares en el Valle del Lozoya a cotas altitudinales más bajas (Ruiz Zapata et al., 1987, 1988; Vázquez, 1992). Cyperaceae es el taxon acuático dominante y su presencia es constante en todo el perfil, junto a el y de un modo puntual se detectan presencias de *Epilobium*, *Myriophyllum*, Ranunculaceae, *Typha* monada y *Typha* tetra y del MNP tipo-207 (*Glomus* cf. *fasciculatum*), indicador de procesos erosivos.

El comportamiento de los granos de polen y de palinomorfo no polínicos a lo largo de la secuencia PÑ, define una sucesión de fases, materializadas en una zonación polínica, realizada con el tratamiento estadístico Coniss (Grimm, 1987). Dicha zonación separa tres grandes unidades, cuyas peculiaridades se exponen a continuación:

Zona Pñ-1: abarca desde los 154 cm hasta los 101 cm del registro sedimentario de PÑ, y está constituido por un lodo orgánico masivo con fragmentos líticos flotantes, de tamaño arena media-gruesa, de cuarzo que pasa gradualmente a una turba poco evolucionada con abundantes restos vegetales de briófitos y raíces. En esta zona se han realizado 4 dataciones: 149-150 cm (1680 ± 30 BP), 137-138 cm (1300 ± 30 BP), 124-125 cm (730 ± 50 BP) y 107-108 cm (755 ± 30 BP).

Domina el estrato herbáceo, constituido fundamentalmente por Poaceae, que llega a alcanzar valores superiores al 30% y *Plantago lanceolata* tipo, y en proporciones menores están presentes Apiaceae, *Artemisia*, *Aster* tipo, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Cichorioideae, *Papaver rhoeas* tipo, *Polygonum aviculare* tipo, *Rumex acetosa* tipo, *Saxifraga*, Valerianaceae y Violaceae. El grupo arbustivo está constituido por *Erica arborea* tipo y *Prunus* tipo, y, en menor medida, por *Cytisus* tipo y cf. *Juniperus*. Los elementos arbóreos presentes son *Pinus sylvestris* tipo, *Pinus pinaster* tipo, *Quercus pyrenaica* tipo y *Betula*, acompañados por presencias más esporádicas de *Alnus*, *Castanea* y *Quercus ilex* tipo. El componente arbustivo está constituido por

Prunus tipo y *Erica arborea* tipo, acompañados por porcentajes menores de cf. *Juniperus*. El taxón hidro-higrófito mejor representado es Cyperaceae y se detecta la permanencia de Ranunculaceae. Están presentes los MNPs tipo-55 A (*Sordaria* sp.), tipo-113 (*Sporomiella* sp.) y el tipo-207 (*Glomus* cf. *fasciculatum*), acompañados de Filicales monoletes y triletes. En esta zona los valores de diversidad polínica oscilan entre 11.9 ± 0.09 y 19.5 ± 0.01 (Fig. 4); los de pH entre 4.92 y 6; y la conductividad entre 18.5 y 145.8 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Fig. 4).

El comportamiento de los taxones ha permitido diferenciar dos subzonas: Pñ-1a, es la inferior y está caracterizada por presentar un mayor desarrollo y diversidad en el componente arbóreo, bajos porcentajes de Poaceae y presencias de *Epilobium* y *Typha* tetrada, así como los valores más altos en la diversidad, entre 15 y 20. En base a las dataciones se puede hablar de una tasa de sedimentación bastante lenta, pues el intervalo de 138-150 cm, representan más de 300 años BP (1680±40-1300±30 BP). En cuanto a la subzona Pñ-1b, presenta un retroceso importante del elemento arbóreo debido tanto a la caída del pinar como a la ausencia de los componentes del bosque caduco y perenne lo que favorece la expansión del grupo herbáceo (Poaceae). El grupo acuático pierde igualmente diversidad, no hay Filicales y si un ligero aumento del MNPs tipo-55 A (*Sordaria* sp.) y en menor medida del tipo-113 (*Sporomiella* sp.) y 207 *Glomus* cf. *fasciculatum*). Baja el índice de la diversidad, hasta valores próximos a 10. Las dataciones disponibles (730±50 BP y 755±30 BP) permiten estimar una tasa de sedimentación relativamente alta en la turbera, (unos 25 años para los 30 cm existentes entre ambas dataciones).

En líneas generales, los datos expuestos permiten afirmar que la vegetación durante Pñ-1, es decir entre 240-780 cal. AD (1680-755 BP), correspondería a un paisaje que, a nivel regional, se relaciona con un pinar denso y bien desarrollado, en cuyo entorno abundarían especies propias de los matorrales mixtos de la alta montaña guadarrámica como *Cytisus oromediterraneus* y cf. *Juniperus communis*. Los porcentajes relativamente elevados de *Betula*, en la base de la zona, denotan una expansión del abedular, ya que en los datos polínicos de la vegetación actual (Gómez, 2007) este tipo polínico no alcanza nunca valores semejantes. Dicha abundancia podría estar relacionada con la instalación de unas condiciones climáticas

de una mayor humedad, que a su vez propició el desarrollo de *Quercus pyrenaica* tipo y las presencias de *Castanea*. La caída, tanto cuantitativa como cualitativa del grupo arbóreo, en la parte superior de esta la zona polínica, puede considerarse como la respuesta a una pérdida tanto de la temperatura como de la humedad, propiciando en zonas de alta montaña el desarrollo de pastos, que asociado al aumento de los MNPs coprófilos permiten inferir que el desarrollo de la vegetación estuvo condicionada por cierto tipo de presión pastoral, probablemente del trasiego de ganados trashumantes provenientes de la zona de fondo de valle, que alcanzarían la laguna de Peñalara y su entorno en el estío.

Respecto al comportamiento de los parámetros físico-químicos analizados, el pH pese a ser ácido, debido al carácter de la roca parental de la que deriva el depósito, presenta ligeras oscilaciones; que contrastan con las fuertes variaciones de los valores altos de conductividad. La presión pastoral, podría ser la responsable del aumento en la cantidad de nitratos y fosfatos disueltos en el medio, hecho que coincide con el incremento de los MNPs indicadores de presión pastoral.

El intervalo de 101 a 97 cm es estéril desde el punto de vista polínico y marca el tránsito entre las zonas Pñ-1 y Pñ-2. No resulta fácil explicar esta falta de información, máxime cuando no se aprecian grandes contrastes en el desarrollo de la vegetación a ambos lados de este nivel, quizá podría estar relacionado con un corto período frío que impidió la conservación de los granos de polen.

La Zona Pñ-2: abarca de los 97 a los 40 cm, y corresponde a una turba poco evolucionada con abundantes restos vegetales de briófitos y raíces. El estrato herbáceo continúa siendo el componente dominante, con porcentajes que oscilan entre el 13% y más del 60% de la suma base polínica. Los hechos más relevantes se resumen en el ligero descenso, respecto a la zona anterior de *Pinus sylvestris* tipo, el suave aumento de *Pinus pinaster* tipo, la reintroducción de *Quercus pyrenaica* tipo, *Betula* y en menor medida *Castanea* y *Alnus*. Poaceae sigue siendo el taxon herbáceo dominante, llegando a superar el 60%, seguidos de *Plantago lanceolata* tipo, y en proporciones menores Apiaceae, *Artemisia*, *Aster* tipo, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Cichorioideae, *Papaver rhoeas* tipo, *Polygonum aviculare*

tipo, *Rumex acetosa* tipo, *Saxifraga*, Valerianaceae y Violaceae, junto a presencias puntuales y discontinuas de *Campanula* tipo, *Dipsacus fullonum* tipo y Scrophulariaceae, entre otros. El estrato arbustivo cuantitativa y cualitativamente es muy similar al de la zona anterior, tan sólo se detecta un ligero aumento de *Cytisus* tipo, así como una menor representación de *Prunus* tipo. Cyperaceae sigue siendo el taxón hidro-higrófito mejor representado, Ranunculaceae aumenta ligeramente y se detectan presencias de *Myriophyllum*, *Typha* monada y tetrada. La presencia del MNP tipo 133 (*Sporomiella* sp) es más constante a lo largo de la zona que los tipos 55 A (*Sordaria* sp.) y 207 (*Glomus* cf. *fasciculatum*). Los valores de diversidad oscilan entre 8 ± 0.07 y 23.5 ± 0.01 (Fig. 4); el pH entre 4.94 y 5.89; y la conductividad entre 15,3 y 106 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Fig. 4). Al igual que en el caso anterior tanto el comportamiento de los palinomorfos, y la diversidad nos definen dos subzonas, que a grandes rasgos repite el esquema evolutivo observado en la zona Pñ-1; así en la subzona Pñ-2a, desarrollada con anterioridad a los 340±40 BP, se aprecia un nuevo desarrollo del estrato arbóreo en el que intervienen tanto los dos tipos de *Pinus*, como *Quercus pyrenaica* tipo y *Betula*, en el grupo herbáceo destaca la bajada porcentual de Poaceae; también se detectan presencias de los dos tipos de *Typha* así como el aumento de Ranunculaceae. La diversidad alcanza los valores máximos del perfil. El pH se recupera ligeramente, con respecto a la zona Pñ-1, estabilizándose en valores de 5 y los valores de la conductividad son bajos y con tendencia al retroceso. En cuanto a la subzona Pñ-2b, se define para el intervalo de 40 a 75 cm, acumulados entre 340±40 y 275±30 BP, a lo largo de los cuales vuelve a quedar patente el proceso de retroceso del componente arbóreo, aunque en esta subzona no es tan drástico como en la subzona Pñ-1b. La composición es muy similar a la observada en Pñ-2a; no obstante se detectan presencias de *Castanea* y en menor medida de *Fraxinus*. En el grupo arbustivo, desciende el porcentaje de *Prunus*, y de *Erica arborea* tipo. Se observa un importante incremento de Poaceae, asociado a una pérdida de taxones herbáceos, al igual que ocurre en el grupo acuático, excepto a Cyperaceae. Estos hechos se manifiestan en el descenso general de los valores de la diversidad. En cuanto a los MNPs aumentan tanto el tipo-55 A (*Sordaria* sp.) como el tipo-113 (*Sporomiella* sp.) mientras que el tipo-207 (*Glomus* cf. *fasciculatum*) experimenta una fuerte caída. El pH tiende a

descender ligeramente frente a un aumento de la conductividad.

En resumen, la zona Pñ-2 presenta, un comportamiento muy similar al observado en la zona Pñ-1, en cuanto a la estructura y composición de la vegetación, pudiendo ser interpretado como un retorno a unas condiciones de mayor humedad y la pérdida de este factor a lo largo de este intervalo temporal. Respecto a la composición, en la zona Pñ-2b no se detecta la pérdida total de *Quercus pyrenaica* tipo y *Betula*, apreciada en la subzona Pñ-1b, lo que podría ser indicativo de que se trata de un periodo menos drástico que en el ciclo anterior. El aumento de los tipos polínicos *Sordaria* sp. (tipo-55A) y *Sporomiella* sp. (tipo-113), aboga como en el caso anterior, por el aumento de la presión ganadera en los pastos de altura, durante esta etapa más seca, y que origina un aumento de la conductividad del sedimento.

La zona Pñ-3 abarca los primeros 40 cm de la secuencia y cuenta con una datación, a 27 cm, de 80 ± 40 BP. Los aspectos más notables de la misma radican en el dominio del componente arbóreo debido a la expansión tanto de *Pinus sylvestris* tipo, como más discretamente de *Pinus pinaster* tipo y de *Quercus pyrenaica* tipo, así como la ausencia de los taxones de ribera. Aumenta considerablemente la representación del estrato arbustivo, debido al incremento de cf. *Juniperus* y en el grupo herbáceo hay un descenso importante de todos sus componentes incluido Poaceae, que sigue siendo el componente principal. El grupo acuático sólo está representado por Cyperaceae. Junto a *Glomus* (tipo-207), *Sordaria* sp. (tipo-55A) y *Sporomiella* sp. (tipo-113) se detectan presencias de *Podospora* sp. (tipo-368). La diversidad, aunque muy fluctuante oscila entre valores similares a los de la subzona Pñ-2b, sin embargo las fluctuaciones del pH y la conductividad definen, al igual que el comportamiento y composición de la vegetación, dos subzonas: Pñ-3a, cuyos rasgos distintivos son la presencia de *Quercus pyrenaica* tipo y muy puntualmente de *Alnus* y *Salix*, así como el desarrollo de *Glomus cf. fasciculatum*; el pH, muestra una tendencia hacia valores más altos y más bajos en el caso de la conductividad. Sin embargo, en la subzona Pñ-3b aumenta *Pinus pinaster* tipo, desciende *Pinus sylvestris* tipo y no se detecta *Quercus pyrenaica* tipo. Aumentan *Cytisus* tipo y cf. *Juniperus*, asociado a la caída de *Erica arborea* tipo; el grupo herbáceo aparece muy empobrecido.

Simultáneamente caen los valores de Cyperaceae, único representante del elemento acuático y aumentan considerablemente los valores de *Sordaria* sp. (tipo-55A) y *Sporomiella* sp. (tipo-113), hay presencias de *Podospora* sp. (tipo-368), y *Glomus cf. fasciculatum* (tipo-207) muestra una fuerte caída porcentual. La diversidad, tras un ligero aumento, tiende a disminuir, disminuyen los valores del pH y se produce un fuerte incremento de la conductividad.

A lo largo de la zona Pñ-3, los pinares montanos de *Pinus sylvestris* tipo aunque mantienen un comportamiento más estable que en las zonas anteriores, presentan la misma tendencia al retroceso, como respuesta a una antropización continuada del entorno, y que en la zona de estudio se fundamenta en una presión pastoral; este hecho favorece la expansión del estrato arbustivo, de cf. *Juniperus* y de *Cytisus* tipo. La caída de los pastizales de Poaceae, responden igualmente a la antropización, materializada en el incremento de los pastizales antrópicos y antropozoógenos y que podría también explicar el aumento de *Pinus pinaster* tipo. Sin embargo el aumento del bosque perennifolio, la ausencia de registro de los taxones riparios, el retroceso de Ericaceae y de los taxones acuáticos, parecen revelar que junto a la actividad antrópica, se instalan unas condiciones más cálidas y secas responsables igualmente, del desarrollo del paisaje vegetal. En cuanto a la diversidad, presenta los valores más bajos de todo el perfil, pero con un intervalo de fluctuación menor; los cambios en el pH son poco representativos en esta zona, al contrario que la conductividad que evoluciona desde los valores más bajos de la secuencia hasta casi alcanzar el valor máximo detectado en la subzona Pñ-1a, abogando por el aumento brusco de iones disueltos en el medio, debido al aumento de la presión pastoral. Así y aunque de un modo más atenuado que en las zonas anteriores, se repite la pauta de pérdida de humedad asociada al aumento de presión ganadera.

El dominio de *Pinus*, a lo largo de los últimos 1.680 ± 40 BP, no impide detectar el desarrollo de los elementos de porte arbóreo, desarrollados a cotas latitudinales más bajas y cuyo comportamiento es capaz de reflejar las fluctuaciones acaecidas desde el punto de vista climático y/o antrópico. Así, en el seno de unas condiciones climáticas de carácter mediterráneo, se han podido inferir variaciones en la temperatura y humedad, fundamentalmente en

base al desarrollo de taxones como *Betula*, taxones riparios y acuáticos. Estas variaciones se producen de un modo cíclico, definiendo las tres zonas polínicas identificadas, dentro de las cuales se aprecia el tránsito desde unas condiciones más frescas y húmedas a más templadas y secas, y que a su vez se organizan en una tendencia general a lo largo de la secuencia, hacia la instalación de unas condiciones más cálidas y secas.

Por otro lado, la evolución de los pinares montanos de *Pinus sylvestris* tipo, que muestran dentro de cada zona, un proceso de regresión, puede interpretarse como una respuesta a la antropización continuada del entorno de Peñalara. Esta antropización en la alta montaña guadarrámica, se materializa básicamente en un aumento de la presión pastoral, puesta de manifiesto a través del desarrollo de los MNPs de naturaleza coprófila (*Sordaria* sp. y *Sporormiella* sp.) así como del incremento de los pastizales antrópicos y antropozoógenos, detectadas en la mitad superior de cada zona polínica. Esto puede explicarse como respuesta a la pérdida de humedad, que obliga la búsqueda de pastos en las zonas de alta montaña.

En la parte superior de la secuencia, se acentúa el aumento de temperatura y el descenso de precipitación, asociado a un aumento de la presión pastoral, que llega a provocar el descenso de los pastizales de gramíneas. La expansión de los matorrales de enebros rastreros y piornos podría igualmente explicarse bajo esta óptica dado que la dispersión, al menos los piornos, es zoófila. En las sierras de Gredos y Guadarrama, esta misma coincidencia ha sido también señalada (Bentley, 1991; Gil García, 1992; Vázquez, 1992), aunque puesta en correlación con procesos de incendio antrópico para eliminar el piornal en la búsqueda de claros ávidos al pastoreo. Tales fuegos habrían, a posteriori, provocado una extensión mucho mayor del piornal de la que tenía antes de los incendios, dado su carácter pirófilo. En el caso de la secuencia PÑ esta misma dinámica pudo haber actuado también en fechas recientes, aunque de haber sido así lo lógico hubiera sido documentar microfósiles no polínicos indicativos precisamente de la ocurrencia de tales incendios. Sea como fuere, la relación entre aumento de la presión pastoral, deforestación del pinar y la cobertura arbórea regional, progresión de los pastizales antrópicos y antropozoógenos, y, finalmente, extensión del piornal, parecen bastante evidentes.

Por otro lado, las variaciones observadas en la diversidad polínica, podrían obedecer posiblemente a la respuesta de la vegetación ante las perturbaciones antrópicas discontinuas en el área y por ello, a techo de la secuencia, donde la presión pastoral se acentúa, se detecta un aumento importante de la diversidad. Finalmente, si se atiende a las variaciones de los parámetros físico-químicos, frente a un pH fundamentalmente ácido debido a la naturaleza de la roca parental, la conductividad, interpretada como la medida de la cantidad de nitratos y fosfatos disueltos en el medio, presenta aumentos considerables casi paralelamente al aumento de los MNPs coprófilos, y de los pastizales antropozoógenos y nitrófilos.

4. CONCLUSIONES

El estudio polínico de un depósito higróturboso de origen periglacial localizado en el macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama, Madrid) apoyado en 7 dataciones AMS de ^{14}C , proporciona la primera reconstrucción de alta resolución de la evolución de la vegetación en el área durante los últimos 1.689 años.

Los eventos que se han identificado en el registro, por su posición temporal y ámbito, permiten definir varios períodos, en los que se infieren las variaciones climáticas, los usos del suelo y por ende el impacto antrópico sobre el paisaje de la zona.

El primero de ellos, desde el punto de vista cronocultural, el inicio de la secuencia de Peñalara (parte inferior de PÑ-1a) se correspondería con el imperio romano. Los romanos crearon nuevas vías para el avance militar y para la rápida explotación económica de las tierras conquistadas, desarrollando una nueva ordenación administrativa que favoreciese sus intereses. En el caso de la Sierra de Guadarrama existió una red viaria romana de cierta importancia (Fernández Troyano, 1994), que permitió el trasiego de ganado de corto (trasterminante) y largo recorrido (trahumante) durante la dominación romana en Madrid. Los datos polínicos y de los MNPs del perfil de Peñalara muestran un impacto antrópico sobre el paisaje, observándose una importante deforestación, así como la existencia de presión pastoral local ocasionada por el trasiego ganadero hacia los pastos de la alta montaña guadarrá-

mica en época estival, no descartándose que se viera incrementada por la permanencia del ganado en la zona en periodos algo más largos. Este es el mismo panorama que muestran los datos polínicos de la zona de Guadarrama en época romana, como los de Rascafría (Franco Múgica, 1992), Puertos de Canencia y Morcuera (Gil García, 1992) o Lomas de Peñas Crecientes (Vázquez, 1992). Desde el punto de vista climático, en el seno de este intervalo cronológico se documenta el Periodo Cálido Romano (ca 250 cal BC-450 cal AD) (Desprat *et al.*, 2003; Domínguez Castro *et al.*, 2006). En nuestra secuencia no resulta fácil detectar este periodo debido a la amplia antropización del territorio, pero una primera aproximación permitiría relacionar cierta recuperación, poco aparente, de la masa arbórea como es la mayor preponderancia de las formaciones de quercíneas perennifolias (encinas en este momento).

Seguidamente tenemos información para el intervalo cronológico que se correspondería a grandes rasgos con la Edad Media (parte superior de Pñ-1a, Pñ-1b y parte inferior de Pñ-2a). La zona superior de Pñ-1a correspondería con la época visigoda donde se aprecia una relativa menor presión pastoral, lo que estaría refrendado por el cambio desde el modo de vida agropecuario en el periodo romano a otro de granja dispersa (Martín, 1999 a y b). Estos datos también quedan reflejados en otras secuencias polínicas como en la del Puerto de Canencia y Pico del Lobo (Gil García, 1992), Hoya de Pepe Hernando (Ruiz *et al.*, 1988) y Peñalara (Vázquez, 1992). Desde un punto de vista paleoclimático corresponde a un periodo de deterioro climático denominado Periodo Frío Altomedieval, entre los siglos V-VIII (Desprat *et al.*, 2003; Domínguez Castro *et al.*, 2006). La desaparición antes mencionada del abedul y el melojo podría ser indicativa de este evento climático, a lo que habría que añadir el aumento porcentual de taxa xerófilos como *Artemisia* o Cichoriodeae que se aprecia en nuestra secuencia.

La información que tenemos para el tránsito entre el mundo islámico y la posterior conquista de los cristianos, es decir entre los siglos X y XV d.C., puede establecerse gracias a las dataciones radiocarbónicas y se correspondería con la zona Pñ-1b y zona inferior de la Pñ-2a. En dichas zonas existen evidencias de la existencia de trasiego de ganado en los alrededores a la turbera por la abundancia de hongos coprófilos de los géneros *Sordaria* sp., *Sporor-*

miella sp. A esta fuerte presión pastoral, contribuyeron, sin duda, los privilegios que otorgó la Mesta, favoreciendo el incremento de las cabañas ganaderas y las vías de paso de varias cañadas reales por las inmediaciones del depósito. Esta nada despreciable presión pastoral también se observa en las secuencias del Puerto de Morcuera (Gil García, 1992), Peñalara, Lomas de Peñas Crecientes y Hoyos de Pinilla (Vázquez, 1992) y Rascafría (Franco Múgica, 1995). En todas estas secuencias se deduce que las épocas islámica y cristiana fueron claves para el modelado del paisaje natural en la zona, por la intensa actividad ganadera que entonces se produjo y que prácticamente se mantiene de forma más o menos continua aunque con diferente intensidad hasta nuestros días.

A nivel paleoclimático, la dominación musulmana coincidiría con el denominado Periodo Frío Altomedieval, ya comentado. En cuanto a la época cristiana coincidió con un periodo ciertamente benigno, conocido como Periodo Cálido Bajomedieval (Desprat *et al.*, 2003; Domínguez Castro *et al.*, 2006) entre los siglos X-XIV, que podría relacionarse con la proliferación de abedul y del roble melojo que observamos en la zona Pñ-2a.

En el último intervalo cronológico correspondiente a la Edad Moderna y Contemporánea que queda representado en la parte superior de Pñ-2a, Pñ-2b, Pñ-3a y Pñ-3b se puede ver como la región sufrió un incremento paulatino de la presión ganadera llegando a su máxima expresión en los niveles más superficiales (Pñ-3b). La vocación ganadera de la Sierra de Guadarrama, en época moderna y contemporánea se aprecia con claridad por el importante desarrollo de los MNPs indicativos de presión pastoral. Estos resultados coinciden plenamente con los datos obtenidos en el resto de secuencias polínicas estudiadas en dicha sierra (Franco Múgica, 1995, Gil García, 1992, Vázquez, 1992). Desde el punto de vista climático se ha podido reconocer un evento importante como es el denominado Pequeña Edad de Hielo (PEH) (ca 1400-1850 cal AD) (Desprat *et al.*, 2003; Domínguez Castro *et al.*, 2006; Gil García *et al.*, 2006) que ha sido descrita también en algunas secuencias polínicas de la Sierra de Guadarrama (Gil García, 1992; Vázquez, 1992). En nuestra secuencia, las fechas disponibles de 275±30 BP (zona Pñ-2b) y 80±40 BP (zona Pñ-3a) permiten claramente definir el marco temporal de la PEH entre ambas, que se manifiesta por numerosas fluctuaciones en el porcentaje de

Pinus sylvestris tipo y Poaceae, como respuesta posiblemente a las oscilaciones climáticas. A lo que habría que añadir la relativa abundancia de *Artemisia*, la desaparición del aliso, abedul, castaño y fresno y la reducción del melojo.

El estudio de carácter polínico de alta resolución, llevado a cabo en la secuencia PÑ, procedente de un depósito higróturboso del Macizo de Peñalara, ha permitido inferir algunos hechos relevantes durante los últimos 1.680±40 BP, podemos establecer las siguientes conclusiones:

- El análisis paleopalinológico unido al estudio de los MNPs nos ha permitido establecer con precisión tanto la cronología como la tipología de las actividades antrópicas sobre el paisaje así como su posible relación con eventos climáticos abruptos de corta duración.
- Los principales eventos antrópicos en Peñalara se relacionan con el establecimiento de cabañas ganaderas y la presión pastoral creciente, y, finalmente, con la explotación maderera en épocas más recientes. La antropización continuada ha dejado su huella en la configuración de un paisaje manipulado y transformado por la mano del hombre.
- Ha quedado establecido la importancia de las formaciones de pinos y melojos en la zona, que progresivamente se ha visto diezgadas, debido fundamentalmente a la notable actividad antrópica, pero sin descartar la influencia de las variaciones climáticas detectadas.
- Las variaciones en la diversidad polínica, observadas en el análisis de rarefacción, parecen estar relacionadas con perturbaciones de carácter antrópico como respuesta a la influencia del hombre en el paisaje vegetal
- Las fluctuaciones detectadas en las medidas electroquímicas están directamente relacionadas con los cambios sufridos en la vegetación y en los usos del suelo.
- Se han podido detectar los eventos climáticos del final del Holoceno que son similares a los registrados en otras áreas de la Península Ibérica (Periodo cálido Romano, Periodo Frío Altomedieval, Periodo Cálido Bajomedieval, Pequeña Edad de Hielo). Si bien estas fluctuaciones climáticas han quedado en cierta manera

enmascaradas por la interferencia de las actividades antrópicas, puede decirse que se manifiestan de un modo cíclico, con una tendencia general es hacia condiciones cada vez más seco.

- Los datos obtenidos en nuestro estudio ponen de manifiesto que el paisaje actual debe explicarse no sólo por factores climáticos y geográficos (topografía y vegetación), sino también humanos, como evolución de la estructura de la propiedad o los cambios de uso del territorio.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la dirección del Parque Regional de Peñalara, así como a todo su personal las innumerables facilidades y apoyo dados durante los años en que esta investigación se ha estado desarrollando. Este trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación CCG07-UAH/SAL-2223, financiado por la Comunidad de Madrid.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acaso, E. 2006. El circo de las Dos Hermanas (Sierra e Guadarrama, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, 101 (1-4), 79-83.
- Alía, M., Menéndez Amor, J. y Vidal, C. 1957. Livre-Guide de l'excursion C3 et C4 Guadarrama, Massif Peñalara et variation El Escorial-Manzanares el Real. En: *V Congreso Internacional INQUA. Libro de excursiones*, 28-34.
- 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.
- 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>.
- Cambon, G. 1981. *Relations entre le contenu pollinique de l'atmosphère et le couvert végétal méditerranéenne occidentale a Montpellier (France), Valencia (Espagne) et Oran (Algerie)*. Tesis Doctoral, Université des Sciences et Techniques du Languedoc. (Inédita).
- Centeno, J.D., Pedraza, J. y Ortega, I. 1983. Estudio geomorfológico, clasificación del relieve de la Sierra de Guadarrama y nuevas aportaciones sobre su morfología glaciaria. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, 81 (3-4), 153-171.

- Coûteaux, M. 1977. À propos de l'interprétation des analyses polliniques de sédiments minéraux, principalement archéologiques. *Supplément du Bulletin de l'Association française pour l'Étude du Quaternaire*, 47, 259-276.
- Desprat, S., Sánchez Goñi, M.F. and Loutre, M.F. 2003. Revealing climatic variability of the last three millennia in northwestern Iberia using pollen influx data. *Earth and Planetary Science*, 213, 63-78.
- Díaz-Laviada, T. 1989. *Variabilidad del grano de polen en especies ibéricas del género Pinus*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica, Madrid. (Inédita).
- Domínguez Castro, F., Santisteban, J.I., Mediavilla, R., Dean, W., López-Pamo, E., Gil García, M.J. and Ruiz Zapata, M.B. 2006. Environmental and geochemical record of human-induced changes in C storage during the last millennium in a temperate wetland (Las Tablas de Daimiel National Park, central Spain). *Tellus*, 58, 573-585.
- Faegri, K. and Iversen, J. 1950. *Text-book of modern pollen analysis*. Ejnar Munksgaard, Copenhagen.
- Faegri, K., Kaland, P.E. and Krzywinski, K. 1989. *Textbook of Pollen Analysis* 4th Ed. John Wiley and Sons, Chichester, 328 pp.
- Franco Múgica, F. 1995. *Estudio palinológico de turberas holocenas en el Sistema Central: reconstrucción paisajística y acción antrópica*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma, Madrid. (Inédita).
- 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, Alcalá de Henares. (Inédita).
- Gil, M.J., Ruiz Zapata, M.B., Santisteban, J.I., Mediavilla, R., López Pamo, E. and Dabrio, C.J. 2006. Late Holocene environments in Las Tablas de Daimiel (South central Iberian Peninsula, Spain). *Vegetation History and Archaeobotany*, 16 (4), 241-250.
- Girard, M. and 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'Étude du Quaternaire*, 4, 275-284.
- Goeury, C. and 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.
- Gómez, C. 2007. *Actividad antrópica y vegetación en el Valle del Lozoya (Madrid) durante el Holoceno reciente*. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. (Inédita).
- 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.
- 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: *I Reunión do Quaternario Ibérico, Actas*, 213-224.
- López Sáez, J.A. and López Merino, L. 2007. Coprophilous fungi as a source of information of anthropic activities during the prehistory in the Amblés valley (Ávila, Spain): the archaeopalynological record. *Revista Española de Micropaleontología*, 38 (1-2), 49-75.
- López Sáez, J.A., López Merino, L., Cugny, C. y Galop, D. 2005. Paleoeología de medios húmedos: el aporte de los microfósiles no polínicos. *Nuestra Tierra*, 3, 13-15.
- López Sáez, J.A., van Geel, B. y Martín Sánchez, M. 2000. Aplicación de los microfósiles no polínicos en Palinología Arqueológica. En: *3º Congreso de Arqueología Peninsular, Actas*, 11-20.
- Martín, J.L. 1999a. *Historia de España 3. Alta Edad Media. La España visigoda y musulmana (siglos V-XIII)*. Editorial Espasa Calpe, S.A., Madrid.
- Martín, J.L. 1999b. *Historia de España 4. Baja Edad Media. De la Reconquista a los Reyes Católicos (siglos XIV-XV)*. Editorial Espasa Calpe, S.A., Madrid.
- Moore, P.D., Webb, J.A. and Collinson, M.E. 1991. *Pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications, Londres, 217 pp.
- Pedraza, J., Carrasco, R.M., Martín-Duque, J.F. y Sanz Santos, M.A. 2004. El Macizo de Peñalara (Sistema Central Español). Morfoestructura y modelado. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, 99 (1-4), 185-196.
- Pedraza, J. y Carrasco, R.M. 2005. El glaciario pleistoceno del Sistema Central. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 13, 278-288.
- Reille, M. 1992. *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, 520 pp.
- Riera, S., López Sáez, J.A. and Julià, R. 2006. Lake responses to historical land use changes in northern Spain: the contribution of non-pollen palynomorphs in a multiproxy study. *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. Aspectos geomorfológicos y paleoclimáticos del sector oriental de la Sierra de Guadarrama. *Henares Revista Geológica*, 2, 19-28.
- Ruiz Zapata, M.B., García Antón, M. y Acaso Deltell, E. 1987. Datos polínicos para el conocimiento de la vegetación en el Macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama). *Acta Salmanticensis*, 65, 351-354.
- Valdés, B., Díez, M.J. y Fernández, I. 1987. *Atlas polínico de Andalucía Occidental*. Instituto de Desarrollo Regional nº 43, Universidad de Sevilla, Excma. Diputación de Cádiz, Sevilla, 447 pp.
- van Geel, B. 1978. A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and The Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 25, 1-120.
- van Geel, B. and Aptroot, A. 2006. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia*, 82, 313-329.
- van Geel, B., Bohncke, S.J.P. and 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., Buurman, J., Brinkkemper, O., Schelvis, J., Aptroot, A., van Reenen, G. and Hakbijl, T. 2003. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *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*

Clemencia Gómez González, Blanca Ruiz Zapata, María José Gil, José Antonio López-Sáez, Juan Santisteban, Rosa Mediavilla, Fernando Domínguez y Soledad Vera. Evolución del paisaje vegetal durante los últimos 1.680 años BP en el Macizo de Peñalara (Sierra de Guadarrama, Madrid)

partir del análisis palinológico. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. (Inédita).

vés del análisis polínico. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica)*, 88 (1-4), 235-250.

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 tra-

MANUSCRITO RECIBIDO: 25 de septiembre, 2008

MANUSCRITO ACEPTADO: 26 de enero, 2009

