

# ESTUDIO PALINOLÓGICO DE LA MINA DE LIGNITO VALLESIENSE DE SAMPSOR (LA CERDAÑA, LÉRIDA, ESPAÑA)

*Eduardo BARRÓN*

Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas (UCM),  
Ciudad Universitaria s/n, 28040-Madrid.

Barrón, E. 1997. Estudio palinológico de la mina de lignito vallesiense de Sampsor (La Cerdaña, Lérida, España). [Palynological study of the Vallesian lignite mine of Sampsor (La Cerdaña, Lérida, Spain)]. *Revista Española de Paleontología*, **12** (1), 91-101. ISSN 0213-6937.

## ABSTRACT

In a palynological study of the Sampsor lignite mine (La Cerdaña, Lérida, Spain) 78 taxa have been identified; they belong to the divisions Bryophyta, Lycopodiophyta, Pteridophyta, Pinophyta, and Magnoliophyta. The recorded assemblages allow us to reconstruct the vegetation of the La Cerdaña Basin during the Vallesian. In mixed temperate forests the families Pinaceae, Betulaceae, and Fagaceae dominated. These forests alternated with grass formations where species of the families Poaceae, Asteraceae and Caryophyllaceae grew during the Vallesian. The climatology of the region has been deduced from the palynological percentages of each group. The sediments of the Sampsor mine show that the climate was fundamentally temperate with variable rainfalls.

**Keywords:** Palynomorphs, vegetation, climate, Vallesian, Upper Miocene, Sampsor mine, La Cerdaña, Spain.

## RESUMEN

Se realiza un estudio palinológico de los diferentes niveles de la mina de lignito de Sampsor (la Cerdaña, Lérida, España), tras el cual se han identificado 78 taxones pertenecientes a las divisiones Bryophyta, Lycopodiophyta, Pteridophyta, Pinophyta y Magnoliophyta. El análisis de las asociaciones registradas nos ha permitido reconstruir la vegetación que existió en la zona de estudio durante el Vallesiense, la cual estuvo formada por bosques mixtos de tipo templado en donde destacaron las familias Pinaceae, Betulaceae y Fagaceae, que alternaron en el tiempo con formaciones herbáceas, en donde se integraban diferentes especies de las familias Poaceae, Asteraceae y Caryophyllaceae. Además, se ha inferido a través de la variación de los porcentajes polínicos de cada grupo la climatología que existió en la zona, la cual fue fundamentalmente de tipo templado con mayor o menor índice de precipitaciones.

**Palabras clave:** Palinomorfos, vegetación, clima, Vallesiense, Mioceno Superior, mina de Sampsor, la Cerdaña, España.

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

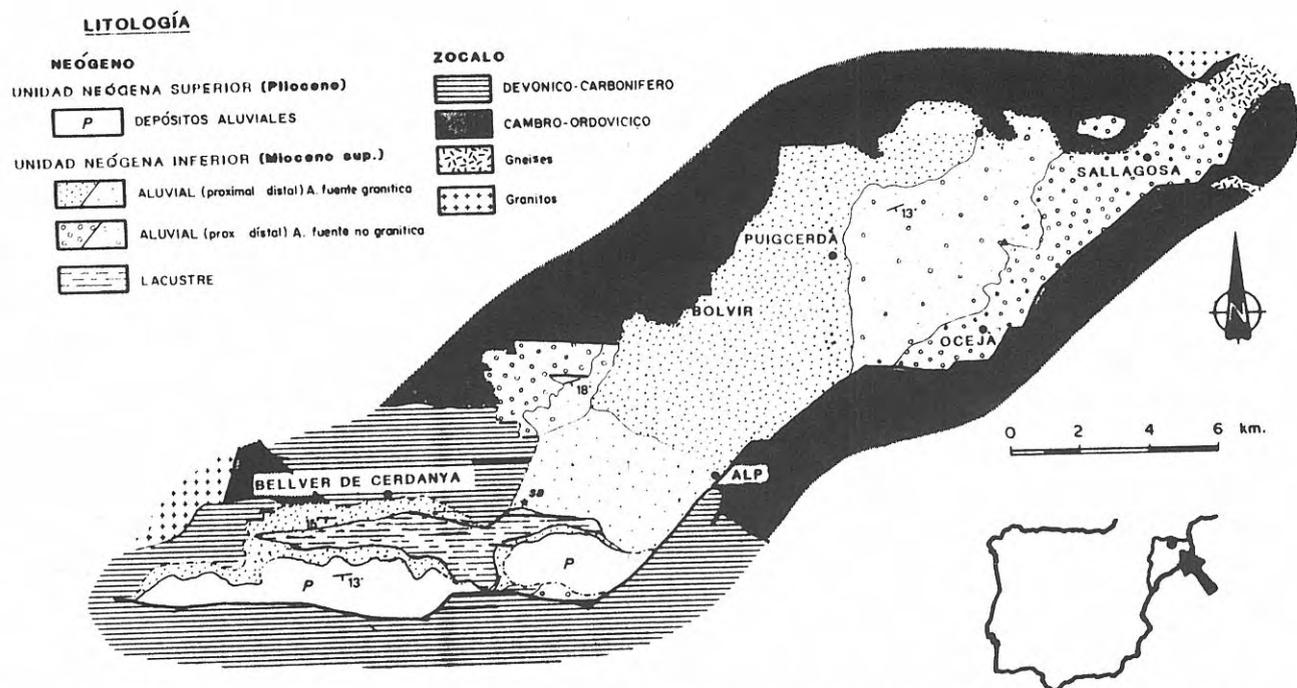
La importancia geológica y minera de los sedimentos lacustres de la Cerdaña es bien conocida desde finales del siglo pasado, ya que existían en la zona varias minas de lignitos que abastecían de combustible a toda la región (Vidal, 1886; Gómez-Alba, 1992). Debemos destacar la mina localizada en la localidad francesa de Estavar ya que es la que presentaba mayor producción. Esta mina no existe en la actualidad, encontrándose sus terrenos cubiertos por tierra de labor.

En la parte española, se ubican dos minas de lignitos a cielo abierto: la de Sampsor, que se estudia en este trabajo, y la de Sanavastre, ambas cercanas a las localidades con el mismo nombre. En la actualidad la explotación de éstas también ha sido abandonada.

Los estudios paleobotánicos en la Cerdaña fueron iniciados por Rérolle (1884-1885), quién analizó un conjunto de restos vegetales colectados en los alrededores de Bellver de Cerdanya.

El análisis de restos óseos de mamíferos, en su mayoría procedentes de Estavar, permitió atribuir los materiales terciarios de la cuenca de la Cerdaña al Mioceno Superior (Depéret y Rérolle, 1885). Más adelante, Agustí y Roca (1987) tras revisar un conjunto de restos de mamíferos procedentes de Sampsor que son asignables a *Hipparion primigenium catalaunicum* Pirlot, concluyeron que los sedimentos de esta mina corresponden al Vallesiense sin que pueda especificarse su atribución a la MN9 ó a la MN10.

Las primeras investigaciones palinológicas en la Cerdaña fueron realizadas por Jelsgerma (1957), quien



**Figura 1.** Esquema geológico de la cuenca de la Cerdaña, modificado de Agustí y Roca (1987). sa: ubicación de la mina de Sampsor.

estudió una muestra de lignitos de la mina de Estavar y otra de la mina de Sampsor, citando 24 taxones en esta última. Posteriormente, Bessedik (1985) analizó por primera vez tres niveles de la mina de Sampsor, aumentando la lista de Jelsgerma hasta los 74 taxones. En los últimos años se han realizado estudios polínicos en las localidades ceretanas de Santa Eugenia y Sanavastre (Baltuille *et al.*, 1992; Barrón, en prensa). Por último, Barrón (1996) puso de manifiesto la problemática tafonómica que presentan los palinomorfos miocenos de la cuenca de la Cerdaña.

La importancia del presente trabajo radica en que por primera vez se realiza un estudio palinológico completo de todos los niveles de la mina de Sampsor. Este trabajo también refleja la evolución de la vegetación y el clima durante la formación de los niveles de esta mina.

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

La Cerdaña es una antigua cuenca lacustre situada en los Pirineos orientales entre Francia y España (Fig. 1). Actualmente constituye una llanura alargada de 25-30 km de longitud por 5-7 de ancho, cruzada en su parte norte por el río Segre, que encuentra a unos 1.100 m sobre el nivel del mar.

Esta cuenca fue formada durante los movimientos dextrales NE-SW de la Falla de la Tet (Cabrera *et al.*, 1988). Julià (1984) diferencia dos cubetas: la de Bellver, con una importante etapa lacustre profunda, y la de Sanavastre, con una fuerte influencia fluvial.

El relleno sedimentario de la Cerdaña está integrado por potentes sucesiones detríticas y se organiza en dos grandes

unidades estratigráficas (Fig. 1): la Unidad Neógena Inferior (Vallesiense medio-superior) formada por la interacción de procesos aluviales y lacustres; y la Unidad Neógena Superior (post-Vallesiense), constituida exclusivamente por depósitos aluviales (Roca, 1986).

La mina de Sampsor ("mina Malla"), es una mina de lignito a cielo abierto que se encuentra en la cubeta de Sanavastre unos 450 m al SE de la localidad de Sampsor (provincia de Lérida). Latitud: 42° 22' 7''N. Longitud: 1° 49' 1''O. Sus materiales pertenecen a la Unidad Neógena Inferior. La sedimentación de esta Unidad, de carácter detrítico, resulta principalmente de la interacción de procesos aluviales, deltaicos y lacustres. La columna estratigráfica de esta mina está constituida por una alternancia más o menos rítmica de lignitos, lutitas y arenas (Fig. 2).

## MATERIAL Y MÉTODOS

La separación de los palinomorfos fue llevada a cabo usando las técnicas descritas por Phipps y Playford (1984), basadas en tratamiento ácido (HCl, HF y HNO<sub>3</sub>); y su concentración final fue estimada tras pasar el residuo resultante a través de tamices de 500, 250, 75, 50 y 12 µm. Las litologías más favorables para el estudio esporopolínico han resultado ser las lutitas y los lignitos.

El estudio de los especímenes bajo microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido, reveló la presencia 78 taxones en Sampsor. Tras la contabilización y determinación de los palinomorfos se han realizado tablas de porcentajes de cada uno de los taxones, confeccionándose un diagrama polínico. Para la realización de estos diagramas se han utilizado los programas TILIA y TILIA GRAPH en sus

versiones 1,07 y 1,16, respectivamente. En la elaboración del diagrama sólo se han tenido en cuenta los taxones que poseen al menos un mínimo de 0,5% de presencia, el resto se han agrupado como "otros AP" y "otros NAP".

Para que la muestra fuera estadísticamente representativa se consideró como número mínimo de granos de palinomorfos a contar por cada muestra procesada un conjunto entre 500-1.000, como indican Jonker (1951) y Green y Dolman (1988).

Los palinomorfos se han determinado fundamentalmente a nivel genérico, ya que la mayoría de ellos pueden ser relacionados con géneros actuales. En los casos en que esto ha sido imposible, se han identificado de forma parataxónica.

Siguiendo la nomenclatura propuesta por Fernández López (1991), y considerada para clasificar el conjunto de las especies determinadas a partir de macrorrestos en la misma Cerdaña por Barrón (1993), los taxones identificados se han agrupado en tres categorías tafonómicas:

1- Taxones démicos representados por elementos autóctonos, que corresponden a plantas acuáticas que se desarrollaron en la zona, como *Potamogeton*, *Trapa* y *Myriophyllum*.

2- Taxones démicos representados por elementos alóctonos, representados por las plantas ripícolas, entre las que se pueden destacar: *Alnus*, *Salix*, *Fraxinus* y *Carya*, entre otras.

3- Taxones adémicos representados por elementos alóctonos, tratándose de las plantas que habitaron en las zonas emergidas de la cuenca que no necesitaron de una humedad edáfica permanente para su desarrollo, como *Pinus*, *Fagus* y *Quercus*; y de las que nunca habitaron en el área de sedimentación y que el hallazgo de sus palinomorfos indica un transporte desde regiones alejadas. Entre estos se destacan: *Arecaceae*, *Engelhardia* y *Cedrus*, entre otros.

En este trabajo nos ha parecido interesante, dado el alto número de palinomorfos obtenidos, el cálculo de índices de diversidad. Según Beerbower y Jordan (1969), la diversidad es una medida de los procesos que operan en un sistema ecológico, refleja la productividad interna y la estabilidad así como las condiciones de estrés y heterogeneidades. En el caso de los datos paleontológicos, refleja también los factores que intervienen en la realización del muestreo, así como los mecanismos de alteración tafonómica que han actuado sobre las asociaciones.

Hay que señalar que los resultados son meramente indicativos ya que al trabajar con polen y esporas fósiles es muy difícil la identificación a nivel específico. Por ello, del mismo modo que Rivas Carballo (1991a), se ha considerado como "especie" el taxón inferior determinado (excluyendo los tipos polínicos de un mismo género).

Para el cálculo de las diversidades hemos utilizado el índice de Simpson, que da la probabilidad de que dos individuos tomados al azar en una comunidad infinitamente grande pertenezcan a diferentes especies; y el índice de Shannon, que mide la diversidad en términos de riqueza de especies (Magurran, 1991).

Por otra parte, se ha calculado la equitabilidad a partir del índice de Pielou, el cual nos indica cómo se reparten los elementos en las distintas clases y da una idea de la

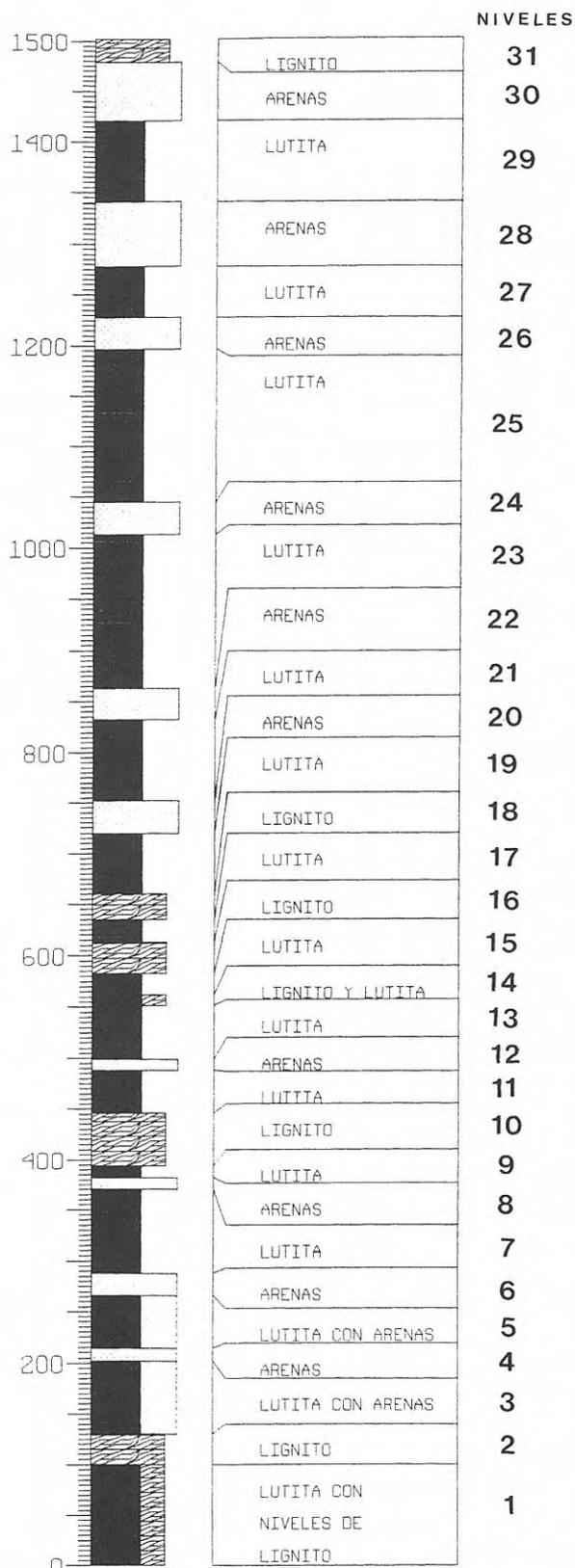


Figura 2. Columna estratigráfica de la mina de Sampsor. Escala gráfica en cm.

dominancia o no de una especie o grupo taxonómico (Margalef, 1986).

Para la correlación de los distintos niveles estudiados de

Niveles	Esporas	Taxodiaceae	otros AP	otros NAP
1	3, 4, 5, 8	11	12, 20, 21, 25, 30, 32, 39, 40	42, 46, 56, 57, 58
2	2, 3, 4, 7, 8	9, 11	12, 14, 18, 21, 24, 25, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 40	42, 45, 46, 47, 54, 60
3	3, 4, 5, 7, 8	9, 10, 11	18, 20, 21, 23, 25, 28, 32, 38	42, 43, 52, 56, 57, 60
7	3, 4, 5, 7, 8	11	14, 16, 23, 26, 40	41, 43, 50, 58, 60
10	1, 3, 4, 8	10, 11	13, 16, 20, 24, 25, 26, 27, 32, 36, 40	53, 58, 60
11	3, 4,	10, 11	12, 15, 18, 20, 24, 26, 28, 29, 32, 39	42, 45, 51, 54, 58, 60
12	2, 3, 4, 5, 6, 8	11	12, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 37	41, 42, 43, 44, 45, 54, 56, 57, 58, 60
13	3, 4, 5, 8	11	16, 21	41, 43, 57
15	3	11	13, 14, 18, 20, 21, 25, 27	42, 45, 48, 49, 51, 58
16	1, 3, 4, 8	9, 11	20, 25, 29, 37	49, 51
18	3, 4, 8	11	19, 26, 28	55
19	3, 4, 6, 8	10, 11	12, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 38	41, 43, 51, 54, 59
21	2, 3, 4, 5	10, 11	12, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 29, 31, 35, 37	42, 51, 52, 54, 60
31	3, 4, 8	11	13, 14, 16, 17, 18, 22, 23, 25, 27, 32, 35, 40	41, 43, 45, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 60

**Figura 3.** Distribución de los taxones en los distintos niveles de la mina de Sampsor: 1-Marchantiales, 2-*Lycopodium*, 3-Osmundaceae, 4-*Laevigatosporites*, 5-tipo *Polypodium*, 6-*Polypodisporites favus*, 7-*Leiotriletes*, 8-Triletes indeterminadas, 9-*Sciadopitys*, 10-tipo *Sequoia*, 11-tipo *Taxodium*, 12-*Cedrus*, 13-*Picea*, 14-*Ephedra*, 15-cf. *Parrotia*, 16-*Liquidambar*, 17-*Engelhardia*, 18-*Juglans*, 19-*Platycarya*, 20-*Myrica*, 21-*Betula*, 22-*Carpinus*, 23-*Tilia*, 24-*Salix*, 25-Ericaceae, 26-Sapotaceae, 27-tipo *Robinia*, 28-*Cornus*, 29-*Ilex*, 30-*Buxus*, 31-*Rhamnus*, 32-*Parthenocissus*, 33-*Acer*, 34-*Hedera*, 35-*Fraxinus*, 36-*Phyllirea*, 37-Oleaceae indeterminada, 38-*Lonicera*, 39-*Viburnum*, 40-Arecaceae, 41-Ranunculaceae, 42-Amaranthaceae-Chenopodiaceae, 43-*Polygonum* tipo *amphibium*, 44-Droseraceae, 45-Cistaceae indeterminada, 46-*Myriophyllum*, 47-Thymelaeaceae, 48-*Trapa*, 49-*Epilobium*, 50-*Geranium*, 51-Apiaceae, 52-*Convolvulus*, 53-*Phlomis*, 54-Lamiaceae, 55-Rubiaceae, 56-*Valeriana*, 57-*Scabiosa*, 58-*Potamogeton*, 59-Cyperaceae, 60-Liliaceae.

la mina de Sampsor con los de la mina de Sanavastre hemos utilizado un coeficiente de correlación desde el punto de vista de la clasificación. Se trata del coeficiente de Spearman, el cual es útil en Paleoecología aplicada a estudios paleobotánicos ya que tiene en cuenta las distorsiones de los datos obtenidos producidas por los procesos tafonómicos (Kovach, 1989). Las matrices construidas para realizar este tipo de análisis son del denominado model Q (Q-mode). De esta forma las muestras están relacionadas con cada una de las otras sobre la base de sus atributos (taxones) (Hazel, 1970).

Para el cálculo de los índices de diversidad y el estudio estadístico de correlación se ha utilizado el programa MVSP PLUS en su versión 2.1.

En total se identificaron 28.508 palinomorfos que, como hemos indicado anteriormente, se reparten en 78 taxones. Del total de ejemplares obtenidos, 2.634 se han considerado indeterminados, en general por encontrarse en tan mal estado de conservación que no pudieron incluirse en ningún taxón ni actual ni morfológico.

## INTERPRETACIÓN DEL DIAGRAMA

Se han analizado los 31 niveles de los que consta la mina de Sampsor. Cinco de ellos (9, 14, 17, 23 y 20), constituidos por lutitas, han sido no representativos según lo anteriormente expuesto. Por su parte, los niveles de

arenas 4, 6, 8, 20, 22, 25, 28 y 30, y los de lutitas, 5 y 29, son estériles desde un punto de vista palinológico. La mina de Sampsor presenta 15 niveles fértiles y suficientemente representativos. Los taxones de aparición puntual que se han incluido como “otras arbóreas” (otros AP) y “otras no arbóreas” (otros NAP), son los siguientes (Fig. 3):

– “Otros AP”: *Cedrus*, *Ephedra*, *Liquidambar*, *Engelhardia*, *Juglans*, *Platycarya*, *Myrica*, *Betula*, *Carpinus*, *Tilia*, *Salix*, Ericaceae, Sapotaceae, tipo *Robinia*, *Cornus*, *Ilex*, *Buxus*, *Rhamnus*, *Parthenocissus*, *Acer*, *Hedera*, *Fraxinus*, *Phyllirea*, *Lonicera*, *Viburnum* y *Arecaceae*.

– “Otros NAP”: Ranunculaceae, Amaranthaceae-Chenopodiaceae, *Polygonum* tipo *persicaria*, Droseraceae, Cistaceae, *Myriophyllum*, Thymelaeaceae, *Trapa*, *Epilobium*, *Geranium*, Apiaceae, *Convolvulus*, *Phlomis*, Lamiaceae, Rubiaceae, *Valeriana*, *Scabiosa*, *Potamogeton*, Cyperaceae y Liliaceae.

Lo primero que podemos observar al realizar un primer análisis del diagrama polínico (Fig. 4) es que los taxones mejor representados son *Pinus*, *Alnus* y las esporas de criptógamas, entre éstas las más abundantes son asignables a la familia Osmundaceae y al género parataxónico *Laevigatosporites*. La abundancia de esporas ya había sido puesta de manifiesto por Baltuille *et al.* (1992) y Barrón (en prensa), en la mina de Sanavastre.

Creemos que la presencia preponderante de estos taxones es debida, en el caso de *Pinus* y *Alnus*, a una sobrerrepresentación dado su carácter anemófilo; entendiéndose como sobrerrepresentados a aquellos taxones que aparecen con un porcentaje más elevado que el que se debería esperar, por efecto de problemas tafonómicos y paleobiológicos (Barrón, 1996). Otra causa es, en el caso de *Alnus*, el ser un género propio de comunidades ribereñas. A consecuencia de los porcentajes de *Pinus* y *Alnus*, las gimnospermas son el grupo vegetal más abundante en los niveles 2, 3, 13, 15, 16, 18, 27 y 31. Por su parte, las angiospermas predominan en 1, 7, 10, 11, 12, 19 y 21.

En segundo lugar (Fig. 4), debemos destacar que los taxones que debieron definir verdaderamente lo que fue la vegetación de la Cerdaña durante el Vallesense, a parte de las sobrerrepresentaciones ya aludidas, fueron: Taxodiaceae, *Ulmus-Zelkova*, *Carya+Pterocarya*, *Fagus*, Poaceae y Sparganiaceae-Typhaceae.

El caso de las esporas parece ser diferente, ya que su dispersión debió ser predominantemente hidrófila. Algunos autores como Chaloner y Muir (1968), sugirieron que las plantas productoras de esporas habitaban en áreas cercanas a la zona donde se acumularon los sedimentos. Luego parece que en zonas próximas a la mina de Sampsor se desarrollaron helechadas. La sobrerrepresentación de esporas hace que éstas sean predominantes en los niveles 2, 3, 7, 10, 12, 13, 16, 18 y 19.

Sin valorar los porcentajes de esporas, los AP dominan en todo el diagrama frente a los NAP (Fig. 4, ap + nap totales), luego en principio parece que durante el

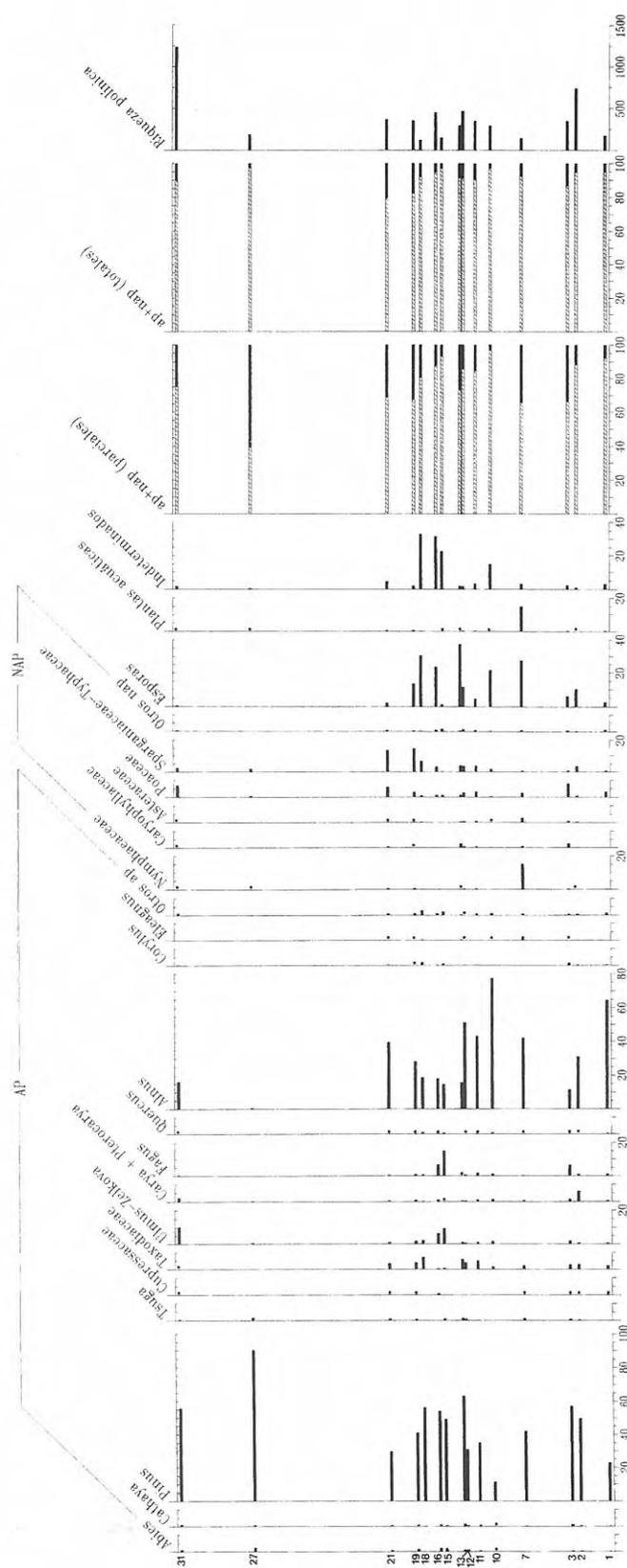
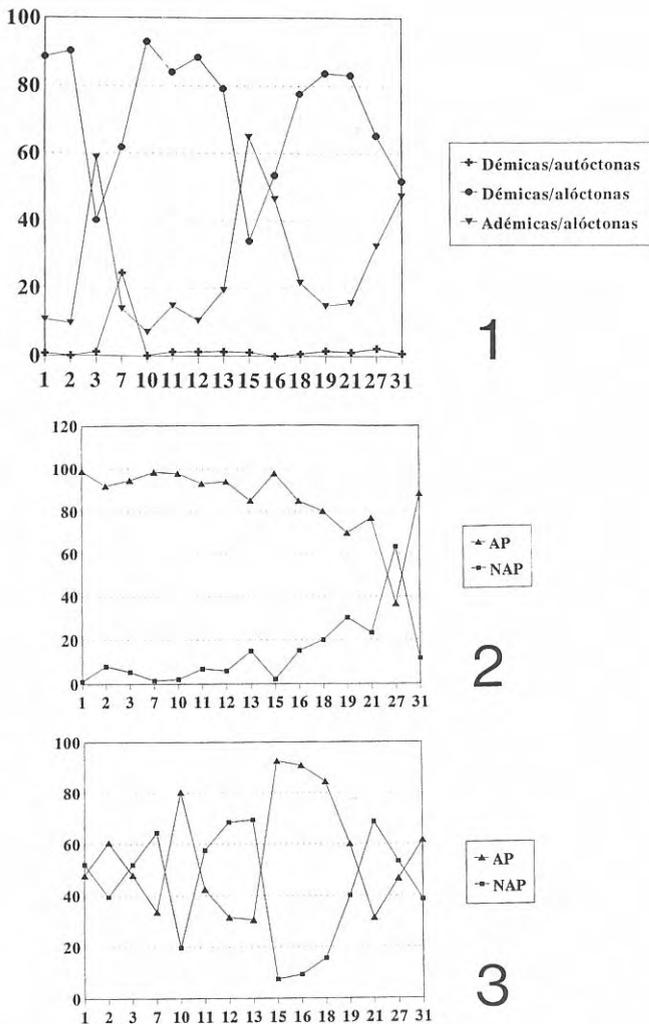


Figura 4. Diagrama polínico de la mina de Sampsor.

depósito de los distintos niveles de la mina de Sampsor, la zona de estudio se encontró poblada por densos bosques. Sin embargo, esto no fue así, como se pondrá de



**Figura 5.** 1: Porcentajes de los taxones hallados en los distintos niveles de la mina de Sampsor según un punto de vista a la vez paleobiológico y tafonómico. 2: Porcentajes de AP y NAP en el conjunto de los taxones démicos representados por elementos alóctonos. 3: Porcentajes de AP y NAP en el conjunto de los taxones adémicos representados por elementos alóctonos.

manifiesto más adelante al estudiar los taxones teniendo en cuenta sus categorías tafonómicas.

Lo mismo ocurre si no estimamos los porcentajes de Pinaceae (Fig. 4, ap + nap parciales). Únicamente hay un nivel en donde los NAP predominan sobre los AP. Se trata del nivel 27, constituido por lutitas grises, en cuyo contenido palinológico destaca la presencia de Sparganiaceae-Typhaceae. Posiblemente, los porcentajes de este último tipo polínico pudieran corresponder a un aumento de zonas encharcadas. Sin embargo, la baja cantidad de taxones detectada en este nivel parece apuntar a una asociación muy sesgada desde un punto de vista tafonómico.

Considerando la totalidad de los taxones estudiados, hay que señalar que en todos los casos, menos en el nivel 11, constituido por lutitas grises, el tanto por ciento de

taxones anemófilos es superior al de entomófilos. En el nivel mencionado se igualan los porcentajes debido tanto a una preservación diferencial de los palinomorfos entomófilos como a una mayor diversidad que, efectivamente, es alta, como se explicará más adelante.

La riqueza polínica (Fig. 4) no nos da idea de la cubierta vegetal sino de las condiciones de conservación de los palinomorfos. Se define como la cantidad de granos de polen y esporas presentes por unidad de masa del sedimento. El método de cálculo seguido es el propuesto por Cour (1974). La riqueza polínica parece en esta mina encontrarse determinada por el tipo de litología, ya que los mayores valores se encuentran en los niveles de lignito (nivel 31) y en los de lutitas (nivel 2). Esto ocurre en todos los afloramientos ceretanos correspondientes a facies de abanicos aluviales (Barrón, 1996). Sin embargo, hemos de tener en cuenta que tanto en lutitas como en lignitos se ha producido destrucción polínica a causa de la composición esporopolínica que presenta cada tipo de palinomorfo (Barrón, 1996).

## DISCUSIÓN

Si consideramos el hábitat sin valorar los porcentajes de esporas y los de pináceas, los tantos por ciento calculados para el resto de los taxones cambian ligeramente dándonos otra visión del desarrollo de la vegetación.

Las plantas acuáticas (démicas representadas por elementos autóctonos) aparecen con unos porcentajes muy bajos (Fig. 5.1). Posiblemente debido a la destrucción de sus palinomorfos durante los procesos de fosilización (Barrón, 1996). Sin embargo, hemos de reseñar que en el nivel 7 encontramos un pico de abundancia que es debido a un elevado porcentaje de Nymphaeaceae. La riqueza de granos de polen de esta familia pudiera deberse a un aumento de importancia de las zonas de aguas someras, quizás por descenso del nivel de las aguas del lago.

Por su parte, a causa de la sobrerrepresentación de *Alnus*, las plantas ripícolas (démicas representadas por elementos alóctonos) son las que aparecen en una proporción más elevada (Figs. 4 y 5.1). La vegetación no ligada a medios acuáticos (adémicas representadas por elementos alóctonos) destaca en los niveles 3 y 15, llegando a una proporción algo inferior a la de ribera en los niveles 16 y 31 (Fig. 5.1).

En el conjunto de las plantas ripícolas tienen dominancia numérica los taxones arbóreos, en donde destaca *Alnus*, como ya hemos mencionado (Fig. 5.2). El único nivel donde las NAP ribereñas superan a las AP es en el 27, en donde el porcentaje de Sparganiaceae-Typhaceae supera a *Alnus*. Es posible que durante el depósito se produjera una apertura de las formaciones boscosas riparias, produciéndose un mayor desarrollo de los vegetales herbáceos ribereños; también es posible que en este nivel, empobrecido de palinomorfos, se hubiera producido una destrucción de distintos tipos de granos de polen.

El resto de los taxones estudiados, siempre académicos representados por elementos alóctonos, se han reunido en un grupo heterogéneo en donde se incluyen tanto los que poblaban la zona o sus inmediaciones ("lowlands" y "uplands", según la nomenclatura propuesta por Pfefferkorn, 1980), como taxones que no debieron vivir en la región y que aparecen de forma puntual. Seguramente, la razón de que encontremos registro de estas plantas es a causa de su anemofilia y elevada producción polínica. Entre todas ellas hay que mencionar a: *Cedrus*, *Picea*, *Sciadopitys*, *Liquidambar*, *Engelhardia* y *Arecaceae*, entre otras.

Entre las plantas no ligadas a medios acuáticos se produce una alternancia de niveles en los que predominan los NAP y en los que destacan los AP (Fig. 5.3), lo que podría haberse debido tanto a diferentes etapas de desarrollo de las comunidades vegetales de la zona, como a una destrucción diferencial de granos de polen durante los procesos de fosilización.

En los niveles donde el elemento herbáceo aparece con superioridad sobre el arbóreo destaca *Poaceae*. Tal vez estos palinomorfos provengan de comunidades de ribera, por ejemplo, de plantas del género *Phragmites*. Si esto fuera así, AP dominaría numéricamente sobre NAP. No obstante, hay que destacar los porcentajes apreciables que presentan en esta mina las cariofiláceas (niveles 2, 3, 7, 11, 12, 13 y 21) y las compuestas, entre las cuales las liguliflorae aparecen de forma más abundante que las tubuliflorae (niveles 2, 3, 7, 11, 12 y 13) (Fig. 4); lo que parece indicar que quizás durante el depósito de los niveles de esta mina se sucedieron períodos en los que los bosques fueron el elemento preponderante del paisaje, y momentos en donde se abrió la vegetación y las formaciones herbáceas adquirieron importancia en la zona, formándose praderas (niveles 1, 7, 11, 12, 13, 21 y 27).

En el nivel 3 destaca el porcentaje de *Fagus*; en el 15 y 16, los de *Fagus* y *Ulmus-Zelkova*; y en el nivel 31 sobresale el tanto por ciento de *Ulmus-Zelkova* (Fig. 4). Tanto los hayedos como los bosques de ulmáceas debieron tener importancia en los ecosistemas de la Cerdaña en ciertos períodos de tiempo. En los niveles más bajos de la mina, *Fagus* posee una mayor representación que *Ulmaceae*; en el nivel 7 la proporción de *Fagus* desciende desapareciendo *Ulmus-Zelkova*, lo que parece coincidir con un período cálido, como indica el porcentaje reseñable de *Elaeagnus* (Fig. 4), género mesotérmico según la nomenclatura de Van Steenis (1962). En la zona intermedia del diagrama, los porcentajes de *Fagus* y *Ulmus-Zelkova* se igualan, luego parece que hubo un enfriamiento del clima. Por último, hacia el techo de la formación (nivel 31), *Fagus* casi desaparece, incrementándose *Ulmus-Zelkova*, lo que podría ser debido a un aumento de la extensión de las zonas pantanosas, como parecen indicar los niveles de *Carya* y *Pterocarya*.

El estrato arbustivo parece haber tenido cierta importancia en algunos períodos (Fig. 4), como indican los porcentajes de *Corylus* (niveles 3, 15 y 18). La presencia puntual de *Ericaceae* (niveles 2, 3, 10, 12, 16,

19 y 31), *Buxus* (niveles 1 y 12) y otros nanofanerófitos, como *Viburnum* (niveles 1 y 11), parecen indicar la existencia de distintos tipos de comunidades arbustivas (Fig. 3).

En 1985, Bessedik expuso los primeros análisis palinológicos de los sedimentos de esta mina, tras realizar preparaciones de tres de sus niveles. Se destaca la abundancia de *Pinus*, *Cathaya*, *Quercus*, *Fagus* y *Ulmus-Zelkova*, los cuales también han sido encontrados por nosotros de una manera apreciable. Este autor también, aunque con un porcentaje mucho menor, reseñó la presencia del género *Engelhardia*. Sin embargo, nosotros solamente hemos encontrado este taxón de forma puntual. Igualmente, Bessedik (1985) reseña la abundancia de la familia *Ericaceae* en uno de los niveles por él estudiados. Nosotros, del mismo modo que en el caso de *Engelhardia*, hemos encontrado palinomorfos atribuibles a esta familia de una forma puntual a lo largo de todo el diagrama.

En el diagrama polínico confeccionado por nosotros se observa que los porcentajes de *Fagus* y *Ulmus-Zelkova* varían de una forma pareja salvo en el nivel 31, en el cual *Fagus* no posee casi representación, a diferencia de *Ulmus-Zelkova*. Los mayores porcentajes de *Fagaceae* corresponden a *Fagus*. La presencia de *Quercus* en la mayoría de los niveles es anecdótica, al contrario de lo observado por el autor anteriormente mencionado.

El desfase que existe entre los datos de Bessedik (1985) y los que exponemos en este trabajo, seguramente es debido a que el autor mencionado considera representativas muestras con un número de granos menor que el estimado por nosotros.

Hacia el techo de la formación se observa una mayor representación de *Ulmus-Zelkova* y *Juglandaceae* del tipo *Carya* y *Pterocarya*. Este aumento viene acompañado por unos porcentajes remarcables de *Poaceae* y, de forma más escasa, de *Sparganiaceae-Typhaceae*. Esto parece indicar que los medios palustres debieron tener importancia durante el depósito de los sedimentos que formaron los estratos superiores de esta mina.

Entre las *Taxodiaceae* hay que destacar principalmente al tipo *Taxodium* (Fig. 3), coníferas propias de zonas pantanosas. El tipo *Sequoia* y el género *Sciadopitys* siempre que aparecen se encuentran representados de forma puntual. Es posible que no existieran en la zona de estudio y que sus granos de polen fueran llevados a esta área desde zonas lejanas por medio de vientos. Salvo en el nivel 3, en donde los porcentajes de *Taxodiaceae* y *Ulmus-Zelkova* se encuentran más igualados, cuando existen altos porcentajes de *Taxodiaceae*, se reducen los de ulmáceas y viceversa. Esto se hace muy patente en el nivel 31, en donde el tanto por ciento de *Ulmus-Zelkova* es muy alto, siendo testimonial la representación de *Taxodiaceae*. Esta variación en los valores de estos dos grupos podría ser debida tanto a un efecto de tipo climático, como a una mayor o menor somerización de las aguas del lago ceretano. Dado que el tipo *Taxodium* representa a coníferas anfíbias, los mayores porcentajes de este tipo polínico podrían indicar grandes extensiones de zonas pantanosas. Esto se encuentra ratificado por los

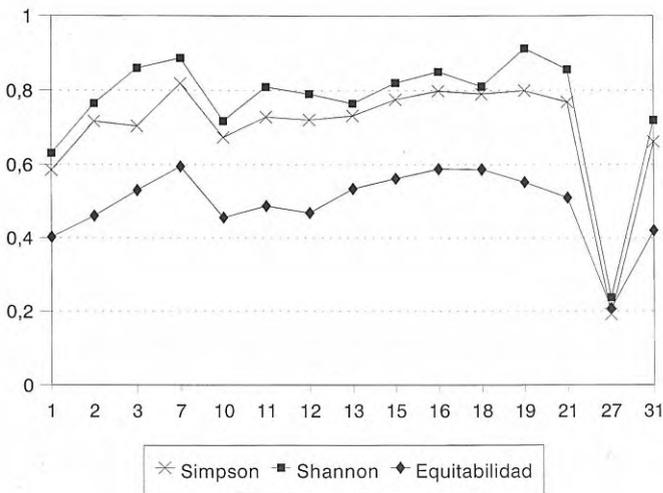


Figura 6. Valores de diversidad y equitabilidad a lo largo de los distintos niveles de la mina de Sampsor.

porcentajes de Sparganiaceae-Typhaceae, también indicadores de zonas pantanosas.

Lo que primeramente se observa tras realizar el análisis de diversidad con los índices de Simpson y Shannon es la concordancia existente entre los valores obtenidos, encontrando la diversidad más alta en los niveles 3, 7, 11, 15, 16, 18, 19 y 21 (Fig. 6). Los niveles 7 y 19 presentan según estos índices el valor de diversidad más elevado para la mina de Sampsor.

El índice de Simpson en general nos indica una diversidad media/alta, con un mínimo muy acusado en el nivel 27, en donde aparece el mayor porcentaje de *Pinus* de todo el diagrama y hay valores bajos de la riqueza polínica. Es decir, existe en este nivel una alta probabilidad de que dos individuos de la muestra tomados al azar pertenezcan al mismo taxón. La diversidad según Shannon nos marca que, salvo en el nivel mencionado, existe una diversidad media, es decir, los ecosistemas de la zona no se deberían considerar pobres en especies, pero tampoco eran extraordinariamente ricos. Seguramente tendrían una diversidad comparable a la que poseen actualmente los bosques templados del Hemisferio Norte.

Los niveles con mayor equitabilidad (Fig. 6) se corresponden con los de mayores diversidades según los índices de Simpson y Shannon, aunque también el 13 la posee elevada.

Como ya hemos indicado, el nivel 27, dada la clara abundancia de *Pinus* que posee y el bajo número de taxones que presenta, es el que posee menor diversidad, según los índices utilizados, del mismo modo es el que presenta unos valores más bajos de equitabilidad. Esto es debido a que se trata de un nivel de arenas en el cual se ha producido una elevada destrucción polínica.

Se ha realizado un análisis de correlación entre los niveles de la mina de Sampsor y los de la cercana mina de Sanavastre. Esta última mina también se ubica en la cubeta de Sanavastre, a unos 4 km al NE de la mina de Sampsor. Asimismo, sus materiales pertenecen a la Unidad Neógena Inferior y corresponden a facies de abanicos aluviales (Barrón, en prensa).

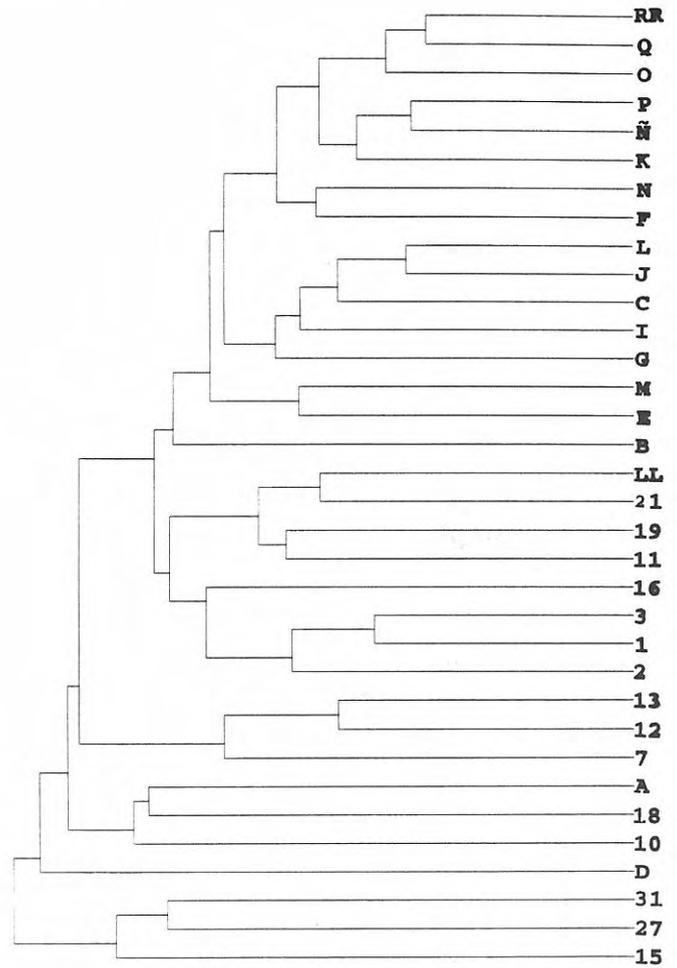


Figura 7. Análisis de correlación de los distintos niveles de las minas de Sampsor y Sanavastre. Niveles de la mina de Sampsor: 1, 2, 3, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 27, 31. Niveles de la mina de Sanavastre: A, B, C, D, E, F, G, I, J, K, L, LL, M, N, Ñ, O, P, Q, RR.

Tras el análisis de correlación, se ha obtenido un diagrama que más o menos segrega las dos minas por separado (Fig. 7). Como datos disyuntos, se agrupa el nivel A de la mina de Sanavastre con los niveles 10 y 18 de la de Sampsor, los tres niveles corresponden a lignitos. Por las mismas razones, se segrega de forma separada el nivel D en Sanavastre. El nivel LL de esta última mina es el único, aparte de los niveles de lignitos ya mencionados, que correlaciona con los de la mina de Sampsor, en concreto con el 21. La correspondencia que existe entre los niveles mencionados de la mina de Sanavastre y los de la mina de Sampsor podría ser debida tanto a una sedimentación en el mismo momento como a una repetición de las condiciones ambientales o tafonómicas en distintos períodos.

El primer autor que estudió desde un punto de vista palinológico los sedimentos de Sampsor y Sanavastre fue Bessedik (1985), quien postuló que la mina de Sampsor se encontraba estratigráficamente por encima de la de Sanavastre, pero no explicó en qué se basaba.

Nosotros, también desde un punto de vista palinológico, no encontramos ningún hecho que justifique lo expuesto por este autor, ya que los palinomorfos hallados en las dos minas no indican una mayor o menor antigüedad, y por el momento no se han estudiado otros fósiles que permitan datar con mayor exactitud los niveles de estas dos minas. Por otra parte, el análisis de correlación (Fig. 7) presenta una segregación de los niveles de las dos minas, pero no podemos asegurar que sea debido a un problema de índole estratigráfica.

Si se realiza una comparación entre los datos de Sampson y los de otras cuencas vallesienses del NE de la región mediterránea, debemos cuestionar, en principio, los datos expuestos por Bessedik (1985) a cerca de los afloramientos de Montredon (Languedoc) y Montaña de Andance (Valle del Ródano), ya que el porcentaje de granos contados (234 y 320 respectivamente) no es significativo desde un punto de vista estadístico. En cuanto al afloramiento de Vaugines (Valle del Ródano), difiere de nuestros niveles ya que la presencia de taxones como *Fagus* es nula. Sin embargo, debemos poner de manifiesto la gran abundancia de Pinaceae que es muy relevante, destacando el género *Abies* con un 11% sobre el total de granos contados. Aunque no hemos encontrado un porcentaje tan alto, el género *Abies* se encuentra representado de una forma destacable en Sampson, debiendo resaltar su abundancia en los niveles 15 y 16. Sin embargo, a diferencia del afloramiento de Vaugines, en estos dos niveles son muy significativos los tantos por ciento de *Fagus* y ulmáceas.

La palinoflora de la mina de Sampson podría relacionarse de forma estrecha con la del Plioceno del valle del Ródano (Pons, 1964), en donde se destacan elementos caducifolios como *Alnus*, *Fagus*, *Quercus* y Pinaceae. Sin embargo, debemos destacar elementos ajenos a la flora ceretana, como *Ginkgo*, y una mayor cantidad de taxones de tipo mediterráneo. Por otra parte, la correspondencia de la macroflora de la Cerdaña con la colectada en el Plioceno del valle del Ródano ya había sido puesta de manifiesto a partir de macrorrestos (Grangeon, 1958).

Con respecto a localidades de la Península Ibérica de edad semejante a la de la mina de Sampson, la palinoflora estudiada en este trabajo no es comparable con la de la depresión del Duero (Rivas-Carballo, 1991a y b), ya que en esta zona se desarrollaron bosques abiertos de tipo mediterráneo con abundancia de *Quercus* y Cupressaceae, y estepas. Por otra parte, en la zona nororiental de la cuenca del Duero abundan los taxones arbóreos (Valle y Salvador, 1985). Sin embargo, aunque aquí las condiciones ambientales fueron distintas, debido a la proximidad de la sierra de la Demanda, que traía consigo una mayor humedad ambiental, en esta zona vivieron taxones indicativos de mayores temperaturas, como son Arecaceae, Moraceae, Mimosaceae, etc..., lo que nos impide relacionar esta palinoflora con la de la mina de Sanavastre.

La vegetación que existió en las regiones interiores de Portugal sí podría poseer algún punto en común con la

que se desarrolló en la Cerdaña, ya que estudios paleobotánicos denotan la presencia de bosques templados con elementos como *Populus*, *Salix*, *Carpinus*, *Castanea*, *Quercus*, *Ulmus* y *Acer* (Pais, 1986). Sin embargo, la presencia de familias como Annonaceae, del mismo modo que para la zona nororiental de la cuenca del Duero, parece indicar también que las condiciones climáticas fueron mucho más suaves que las que se desarrollaron en la Cerdaña.

## CONCLUSIONES: CLIMA Y VEGETACIÓN

Álvarez-Ramis y Golpe-Posse (1981) expusieron que la macroflora de la Cerdaña estaba formada por elementos propios de floras templadas, junto con otros mediterráneos y en escasa proporción elementos paleotropicales. Nuestros datos están de acuerdo en lo concerniente a la mayor abundancia de taxones que actualmente aparecen en zonas templadas (elementos arctoterciarios, según la nomenclatura de Engler, 1882), pero los elementos paleotropicales y los mediterráneos que nosotros hallamos se encuentran en porcentajes similares, ya que tanto los unos como los otros se han hallado de una forma puntual.

La presencia en algunos niveles de Sapotaceae, *Cathaya*, Taxodiaceae y otras plantas mega/mesotérmicas y mesotérmicas, según la clasificación de Van Steenis (1962), parece indicar un clima general subtropical o templado-cálido (Figs. 3 y 4). Aunque la presencia mayoritaria de elementos meso/microtéricos o microtéricos, seguramente ligados a zonas montañosas, señala que en la Cerdaña hubo unas condiciones climáticas generales de tipo templado.

El elemento microtérico que resalta en la mina de Sampson es *Abies*, si bien éste puede comportarse también como micro/mesotérico. *Abies* se encuentra presente a lo largo de todo el diagrama menos en el nivel 7, lo que parece confirmar que durante el depósito de este nivel se desarrolló un período de condiciones cálidas. Este género se encuentra en los niveles 1, 2 y 3 menos representado que en el resto, lo cual podría señalar que las condiciones ambientales de la base de la sucesión, aunque frescas, fueron más cálidas que las que se desarrollaron a partir del nivel 10 hasta el techo de la columna. El género *Cathaya* se comporta a lo largo del diagrama de forma similar a *Abies*, lo mismo parece ocurrirle a *Tsuga* (género microtérico y meso/microtérico) (Fig. 4). Sin embargo, hay que destacar que este último aparece de forma apreciable en el nivel 7, lo que podría explicarse de dos formas diferentes: i) la o las especies de *Tsuga* que existieron en la Cerdaña poseyeron una mayor capacidad de resistencia a climas cálidos, ii) hubo una sustitución de especies, es decir, la especie de *Tsuga* del nivel 7 tal vez no fue la misma que la del resto de los niveles.

A diferencia de los datos ofrecidos por Bessedik (1985), en donde *Quercus* es un taxón importante, los porcentajes hallados por nosotros son muy bajos,

teniendo la máxima representación en el nivel 16. Además este nivel corresponde con un máximo de Cupressaceae, un descenso en los niveles de *Fagus*, *Ulmus-Zelkova* y *Corylus* y la desaparición de *Tsuga*; quizás este nivel correspondió a un período de menores precipitaciones, que provocaron un cambio en la composición de los bosques.

Finalmente, debemos comentar que las taxodiáceas, abundantes a lo largo de todo el diagrama, desaparecen en el techo de la formación, y que además esto corresponde en el nivel 31 con un aumento de taxones ligados a medios acuáticos. Es posible que durante este período las condiciones ambientales no favorecieran el crecimiento de las taxodiáceas, quizás hubo una reducción de la humedad relativa de aire, que es alta en los bosques actuales de taxodiáceas, aunque no se redujera e incluso aumentara la humedad edáfica.

Tras el estudio del desarrollo del diagrama polínico proponemos la siguiente zonación climatoestratigráfica:

a) Durante el depósito de los niveles comprendidos entre el nivel 1 al 3 se desarrolló en la zona un clima templado en donde existieron taxones como Taxodiaceae, *Ulmus-Zelkova*, *Fagus*, *Carya* y *Pterocarya*, etc...

b) Mientras se sedimentaron los materiales del nivel 7 transcurrió un periodo cálido donde destaca la presencia del género *Elaeagnus* y Nymphaeaceae.

c) Durante el depósito de los niveles comprendidos entre el 10 y el 17 se volvió a desarrollar un clima templado similar al de a), reseñándose los mismo taxones mencionados.

d) Por último durante el depósito de los materiales del nivel 31 existió un clima templado húmedo como indican los altos porcentajes hallados del polen tipo *Ulmus-Zelkova* y de *Carya+Pterocarya*.

En resumen, parece que durante la formación de los sedimentos de la mina pudieran haberse sucedido períodos en los que la vegetación arbórea era dominante en la zona (niveles 2, 10, 15, 16, 18 y 31), con otros en los que pudieron formarse comunidades herbáceas abiertas (niveles 1, 3, 7, 11, 12, 13, 21, y 27).

Posiblemente el clima fue de tipo templado cálido, como indica a lo largo de todo el diagrama la presencia puntual de taxones como *Platycarya*, *Myrica* y Sapotaceae, entre otros, aunque la presencia de taxones como *Abies* indica períodos frescos en la base y que las condiciones fueron mucho más frías en la zona media y el techo de ésta. La presencia de un nivel (7) con porcentajes apreciables de *Elaeagnus* y ausencia de *Abies* indica un momento cálido. El aumento en los porcentajes de ulmáceas y juglandáceas, así como la desaparición de taxodiáceas en el techo de la formación (nivel 31) podría indicar un mayor desarrollo de zonas acuáticas junto con una disminución de la humedad relativa del aire. Un aumento de *Quercus* y cupresáceas, acompañado por una disminución de *Fagus* y ulmáceas (nivel 16) podría ser debido a un período de descenso de las precipitaciones.

La palinoflora de la mina de Sampsor parece encontrarse más relacionada con la del Plioceno del Valle del Ródano que con la existente durante el Vallesense en la cuenca del Duero. Sin embargo, hay que destacar la

existencia de elementos comunes en el Neógeno portugués.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no se hubiera podido llevar a cabo sin los consejos y sugerencias de la Dra. Carmen Diéguez Jiménez.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, J. y Roca, E. 1987. Síntesis bioestratigráfica de la fosa de la Cerdanya (Pirineos orientales). *Estudios Geológicos*, **43**, 521-529.
- Álvarez-Ramis, C. y Golpe-Posse, J. M. 1981. Sobre la paleobiología de la cuenca de Cerdanya (depressiones pirenaicas). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, **79**, 31-44.
- Baltuille, J.M., Becker-Platen, J.D., Benda, L. & Ivanovic Calzaga, Y. 1992. A contribution to the subdivision of the Neogene in Spain using Palynology. *Newsletter in Stratigraphy*, **27**, 41-57.
- Barrón, E. 1993. Taphonomic studies of the plant remains from the Ceretana Basin (Lérida, Spain). *Kaupia*, **2**, 127-132.
- Barrón, E. 1996. Sesgos en la distribución de palinomorfos en el registro fósil. Ejemplos del lago mioceno de la Cerdaña (España). In: *II Reunión de Tafonomía y fosilización* (Eds. G. Meléndez Hevia, M<sup>a</sup> F. Blasco Sancho e I. Pérez Urresti). Zaragoza, 47-54.
- Barrón, E. (en prensa). Estudio palinológico de la mina de lignito vallesiense de Sanavastre (La Cerdaña, Gerona, España). *Revista Española de Micropaleontología*, **30**.
- Beerbower, J.R. & Jordan, D. 1969. Application of Information Theory to paleontologic problems: Taxonomic Diversity. *Journal of Paleontology*, **43**, 1184-1198.
- Bessedik, M. 1985. *Reconstitution des environnements miocènes des régions nord-ouest méditerranéennes à partir de la Palynologie*. Thèse d'État. Académie de Montpellier. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 1-162.
- Cabrera, L., Roca, E. & Santanach, P. 1988. Basin formation at the end of a strike-slip fault: the Cerdanya Basin (Eastern Pyrenees). *Journal of the Geological Society of London*, **145**, 261-268.
- Chaloner, W. G. & Muir, M. 1968. Spores and floras. In: *Coal and coal-bearing strata* (Eds. D. Murchinson & T. S. Westoll). Edinburgh, 127-146.
- Cour, P. 1974. Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques: étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores*, **16**, 103-141.
- Depéret, Ch. et Rérolle, M.L. 1885. Note sur la Géologie et sur les mammifères fossiles du bassin lacustre miocène supérieur de la Cerdagne. *Bulletin de la Société Géologique de France*, (3), **13**, 488-506.
- Engler, A. 1882. *Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt seit der Tertiärperiode II*. Engelmann, W., Leipzig, 1-333.

- Fernández López, S. 1991. Taphonomic concepts for a theoretical biochronology. *Revista Española de Paleontología*, **6**, 37-49.
- Gómez-Alba, J. 1992. *Luis Mariano Vidal (1842-1922). Selección de Obras. Bibliografía*. Museu de Geologia, Ajuntament de Barcelona, 1-178.
- Grangeon, P. 1958. Contribution à l'étude de la Paléontologie végétale du massif du Coiron (Ardèche) (Sud-Est du Massif Central français). *Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle d'Auvergne*, **6**, 1-302.
- Green, D.G. & Dolman, G.S. 1988. Fine resolution pollen analysis. *Journal of Biogeography*, **15**, 685-701.
- Hazel, J.E. 1970. Binary coefficients and clustering in Biostratigraphy. *Geological Society of America Bulletin*, **81**, 3237-3252.
- Jelsgerma, S. 1957. Investigaciones palinológicas de lignitos terciarios procedentes de Cerdaña y del Valle de Arán (Pirineos españoles). *Cursillos y Conferencias del Instituto Lucas Mallada*, **4**, 159-162.
- Jonker, F.P. 1951. A plea for the standarization of pollen diagrams. *Taxon*, **1**, 89-91.
- Julià, R. 1984. Síntesis geológica de la Cerdanya (Girona). In: *El borde mediterráneo español: evolución del orógeno Bético y Geodinámica de las depresiones neógenas*. CSIC, Granada, 95-98.
- Kovach, W.L. 1989. Comparisons of multivariate analytical techniques for use in pre-quaternary plant Palaeoecology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **60**, 255-282.
- Magurran, A. E. 1991. *Ecological diversity and its measurement*. Chapman and Hall, London, 1-179.
- Margalef, R. 1986. *Ecología*. 5ª reimpresión. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1-951.
- Pais, J. 1986. Évolution de la végétation et du climat pendant le Miocène au Portugal. *Ciências da Terra (ULN)*, **8**, 179-191.
- Pfefferkorn, H. W. 1980. A note on the term "upland flora". *Review of Palaeobotany and Palynology*, **30**, 157-158.
- Phipps, D. & Playford, G. 1984. Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediments. *Papers of the Department of Geology of the University of Queensland*, **11**(1), 1-23.
- Pons, A. 1964. Contribution palynologique à l'étude de la flora et végétation pliocènes de la region rhodanienne. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique et Biologie Végétale*, **12**, 499-722.
- Rérolle, M.L. 1884-1885. Études sur les végétaux fossiles de Cerdagne. *Revue des Sciences Naturelles de Montpellier*, (3), **4**, 167-191, 252-298, 368-386.
- Rivas-Carballo, M. R. 1991a. La vegetación y el clima durante el Mioceno (Aragoniense superior-Vallesiense) en el sector suroriental de la Depresión del Duero (España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, **86**, 53-64.
- Rivas-Carballo, M. R. 1991b. The development of vegetation and climate during the Miocene in the south-eastern sector of the Duero Basin (Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **67**, 341-351.
- Roca, E. 1986. *Estudi geologic de la fossa de la Cerdanya*, Tesis de Licenciatura. Dpto. Geomorfología y Tectónica, Facultad de Geología, Universidad de Barcelona, 1-109 (Inédita).
- Van Steenis, C. G. G. J. 1962. The land-bridge theory in Botany. *Blumea*, **11**(2), 235-542.
- Valle, M.ª F. y Salvador, J. V. 1985. Palinología del Neógeno de la cuenca del Duero. Castrillo del Val (Burgos). *Estudios Geológicos*, **41**, 237-241.
- Vidal, L.M. 1886. Reseña geológica y minera de la provincia de Gerona. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, **13**, 209-284, 291-380.

*Manuscrito recibido:* 22 de mayo, 1996  
*Manuscrito aceptado:* 2 de octubre, 1996