

Indicios de paleoincendios en el Terciario de la Península Ibérica

Eduardo BARRÓN¹

ABSTRACT

The presence of fusain in coal deposits shows that forestal fires acted in ecosystems at the past. During the Tertiary in the Iberian Penninsula, forestal ecosystems underwent fires. Pollen analysis made in the tertiary Rubielos de Mora and la Cerdaña basins seem corroborate the action of the fires.

Key words: forestal fires, fusain, Palynology, Tertiary, Iberian Peninsula, Spain.

RESUMEN

La existencia de incendios en el pasado se pone de manifiesto por la existencia de depósitos de carbón en los que parece el maceral denominado fusinita. Durante el Terciario en la Península Iberica los ecosistemas forestales también sufrieron los embates del fuego, como parecen demostrarlo los porcentajes polínicos estudiados en las cuencas de Rubielos de Mora y la Cerdaña.

Palabras clave: incendios forestales, fusinita, Palinología, Terciario, Península Ibérica, España.

INTRODUCCIÓN

El 20 de agosto de 1988 el famoso Parque Nacional de Yellowstone fue pasto de las llamas. Un incendio de grandes proporciones, alimentado y propagado por los vientos de la zona, calcinó gran parte de sus casi 900.000 hectáreas arboladas (FRANQUESA, 1990). El origen de este incendio parece haber sido un rayo. La opinión pública no dudó en calificar lo ocurrido como desastre ecológico. Sin embargo, los técnicos forestales del Parque “permitieron” que el fuego actuara de la forma más natural posible. ¿Por qué? Porque en este ecosistema la eliminación del fuego podría haber acarreado la pérdida del paisaje que se pretendía preservar y había peligro de acumulación de combustible en forma de ramas, hojarasca y troncos. Por otra parte, las plantas de este ecosistema presentan defensas contra este fenómeno por lo que su recuperación es relativamente rápida. Por ejemplo: en este Parque Nacional una gran parte de su superficie se encuentra cubierta por la especie *Pinus contorta*, la cual presenta dos tipos de conos femeninos. Uno de ellos únicamente libera sus piñones si se quema.

¹ Dpto. de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas (U.C.M.), Ciudad Universitaria, 28040 - Madrid

De todas maneras, no hace falta irse a Estados Unidos para observar ejemplos de vegetación adaptada a sobrevivir a incendios periódicos. La vegetación mediterránea es un buen ejemplo. No obstante, en el último siglo la acción repetida de fuegos provocados por el hombre ha hecho que muchos de estos resistentes ecosistemas se hayan resentido y ahora, en lugar de matorral, vemos lugares desprovistos de su vegetación sometidos a los agentes erosivos.

En los ecosistemas mediterráneos encontramos plantas con semillas pirófilas como las jaras (*Cistus ladanifer*, *C. albidus*, *C. monspeliensis* y *C. salvifolius*, entre otras), el romero (*Rosmarinus officinalis*) y algunas especies de pinos como *Pinus halepensis* y *Pinus pinaster*; ya que la destrucción de una zona arbolada por el fuego, y la consiguiente entrada de luz en el sotobosque, estimula la germinación de éstas.

Otras especies poseen distintas estrategias para sobrevivir a los incendios, así encinas y coscojas (*Quercus ilex* y *Q. coccifera*) son capaces de rebrotar tras la quema de sus ramas y troncos. En las Islas Canarias, la especie *P. canariensis* también ha adaptado esta capacidad, siendo la única especie del género *Pinus* que la exhibe. Por su parte, árboles como el alcornoque (*Quercus suber*) producen un elevado crecimiento de súber en la corteza de sus troncos que hace más difícil su incineración.

Cuando un ecosistema (forestal o no forestal) en estado climácico sufre un incendio, tras él se suceden todo un conjunto de etapas de regeneración que provocan a la larga la recuperación de las condiciones de equilibrio. Esto es un hecho demostrado en la actualidad, pero de difícil constatación en el pasado, y mucho más a partir del registro fósil. Que hubo fuegos en el pasado está claro porque si no las plantas actuales no hubieran desarrollado los mecanismos defensivos para poder sobrevivirlos, pero cómo incidieron sobre los ecosistemas y los taxones pretéritos aún, en muchos casos, es un misterio.

El objetivo de este trabajo es el de divulgar la existencia de incendios en periodos geológicos anteriores al nuestro e intentar, tras explicar como ejemplo dos posibles paleoincendios que acontecieron durante el Mioceno (Terciario superior, de 23 a 5,3 millones de años) en la Península Ibérica, cómo pudo evolucionar posteriormente la vegetación de la zona afectada.

CARBONIFICACIÓN Y CARBONIZACIÓN

Cuando en un ecosistema se producen restos vegetales y estos caen al suelo, primero hay una pérdida de compuestos solubles en agua por lixiviación, incluidos entre estos azúcares, aminoácidos, sales minerales y ciertos polímeros. Luego tiene lugar una degradación a causa de la acción de las bacterias, hongos e invertebrados. Como resultado se produce por una parte CO_2 , NO_3^- , $\text{PO}_3^=$, NH_4^+ y $\text{SO}_4^=$ (a este proceso se le denomina mineralización primaria) y por otra humus. Las sustancias húmicas se forman por condensaciones y polimerizaciones de unidades estructurales de las plantas, sobre

todo a partir de elementos de la pared celular como las ligninas, celulosas, ceras, resinas, y algunas proteínas. Este humus entra a formar parte del complejo de intercambio del suelo y se puede degradar también, a más largo plazo, mediante la denominada mineralización secundaria en la cual se producen los mismos elementos ya mencionados en la primaria.

El proceso anterior se puede repetir cuando los restos vegetales caen en un medio acuático. Pero sus reacciones químicas se pueden modificar o incluso anular, según las condiciones físico-químicas del medio en cuestión. Así, nos encontramos que en ciertos medios acuáticos, a consecuencia de que en el agua hay un porcentaje menor de oxígeno que en la atmósfera, los microorganismos descomponedores aerobios tienen mayor dificultad en actuar. Esto trae consigo la acumulación de gran cantidad de restos vegetales que crean un ambiente ácido, por la formación de ácidos húmicos, que también impide la degradación mediante microorganismos anaerobios. Si estas acumulaciones vegetales son enterradas y durante miles de años se encuentran sometidas a una determinada presión (a causa del peso de los sedimentos), lo que produce entre otras cosas una deshidratación de los restos, y temperatura, obtendremos carbón. A este proceso se le denomina **carbonificación**. Pero no todos los carbones se encuentran formados por restos vegetales carbonificados.

El carbón es una roca sedimentaria de origen orgánico, heterogénea a nivel macro y microscópico. A nivel macroscópico sólo se pueden distinguir diferencias de brillo y presencia o no de bandeado (diferentes tipos de litotipos); pero a nivel microscópico nos revela una serie de componentes con diferentes características. El término **maceral** (del latín *macerare*) se usa para aquellos componentes del carbón aislados por maceración. Los macerales varían considerablemente su composición química y no poseen estructura cristalina. Por otro lado, sólo son observables al microscopio.

Algunos carbones presentan una composición estructural dominada por una serie de macerales muy ricos en carbono formados cuando un vegetal se quema en una atmósfera demasiado pobre en oxígeno como para permitir una combustión integral, y una vez han escapado de manera progresiva el agua y los elementos volátiles (JONES & CHALONER, 1991). Esto macerales se agrupan bajo la denominación de **fusinita** y al proceso de combustión de los restos vegetales, **carbonización**. Se trata del proceso análogo que se realiza para la obtención del carbón vegetal que se utiliza para quemar en las barbacoas. JONES & CHALONER (op. cit.) indican que el 20% de las plantas fósiles que existen sobre el Globo se encuentran carbonizadas.

La fusinita, pues, esta formada a partir de madera y hojas quemadas, y en su composición estructural posee fragmentos de tejidos vegetales bien conservados y palinomorfos. Al microscopio se presenta como pequeños acúmulos angulares o redondeados, o bien rota en grupos de fibras microscópicas (HARRIS, 1958). En algunos casos, tiene flores conservadas (FRIIS & SKARBY, 1981), como ocurre en carbones del Cretácico Superior del sur de Suecia.

El proceso de carbonización y la formación de fusinita ocurre principalmente en

turberas bajo la superficie de la tierra. Recordemos el incendio provocado por el hombre que tuvo lugar hace unos pocos años en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. En este lugar, la turba estuvo ardiendo durante meses ya que después de un verano de sequía el agua del acuífero subterráneo se encontraba agotada, y los efectivos de bomberos no podían proporcionar el líquido suficiente para terminar con el incendio subterráneo. Incendios del mismo tipo que el de Daimiel se declararon durante los años 1954-1955 en los pantanos de Okefenokee, en Florida. Para que la conservación de los restos vegetales sea óptima, estas turberas deben arder a unos 300°C. Con esta temperatura, los tejidos vegetales se carbonizan totalmente y su estructura celular queda muy bien conservada y se puede estudiar particularmente bien con un microscopio electrónico de barrido (SCOTT, 1990).

Estudios paleobotánicos indican que desde el Devónico (410-355 millones de años) hubo sobre la superficie del Planeta importantes cantidades de combustible en forma de restos vegetales. Las primeras plantas que existieron sobre la tierra fueron herbáceas. El desarrollo posterior de plantas leñosas con xilema, floema y crecimiento secundario en grosor permitió la aparición de los primeros árboles. Este crecimiento tenía dos ventajas: formación de hojas para la captación de luz, lo que aumentaba la fotosíntesis, y una mejora en la distribución de esporas y semillas necesarias para la reproducción. Sin embargo, está claro que estas plantas arborescentes eran más vulnerables a los rayos e incendios. A partir del Devónico los fuegos afectaron, como lo indica el registro fósil de una forma más o menos constante a los ecosistemas terrestres. El registro documentado más antiguo de un paleoincendio encontrado data del tránsito Devónico-Carbonífero de la cuenca hullera de Pennsylvania (U.S.A.) (COPE & CHALONER, 1980).

La presencia de fuegos no sólo está indicada en los depósitos de carbón por la presencia de fusinita. En los afloramientos de rocas sedimentarias no orgánicas a menudo aparecen niveles de unos pocos milímetros de cenizas y restos vegetales carbonizados. La existencia de estos se debe a que en el curso de un incendio se lanzan a la atmósfera grandes cantidades de partículas sólidas. Éstas pueden ir a parar muy lejos de su lugar de producción a causa de los vientos, por ejemplo, a zonas marinas, encontrándose posteriormente en sedimentos marinos profundos.

FUEGOS EN EL TERCIARIO PENINSULAR

En este trabajo se va a hacer referencia fundamentalmente a dos cuencas lacustres terciarias muy conocidas por su contenido paleontológico, dada la gran calidad de preservación que poseen sus fósiles: la de Rubielos de Mora (Teruel) y la de la Cerdaña (Lleida). En ambas se han encontrado niveles de cenizas y restos vegetales carbonizados. Suponemos que estos fueron llevados por los vientos hasta las aguas de los lagos en donde quedaron registrados en sus sedimentos.

Antes de empezar a describir por qué suponemos la acción de paleoincendios en estas cuencas, debemos indicar cuáles fueron las causas fundamentales de su declaración, ya que la acción antrópica no existía en esos tiempos. Según COPE & CHALONER (1980), las fuentes de ignición natural fueron: rayos, actividad volcánica, meteoritos, combustión espontánea y chispas eléctricas debidas al desprendimiento y caída de rocas. En el caso de las dos cuencas estudiadas, pensamos que el responsable fundamental de los paleoincendios fue el rayo. Además, estos, como veremos más adelante, tuvieron una fácil propagación, seguramente debida al desarrollo de bosques de coníferas que existió en las dos zonas.

En este trabajo se infieren paleoincendios no por las concentraciones de cenizas o de carbones con altos porcentajes de fusinita, sino a partir del estudio palinológico de los sedimentos de las dos cuencas citadas. La separación de los palinomorfos fue llevada a cabo usando las técnicas descritas por PHIPPS & PLAYFORD (1984), basadas en tratamiento ácido (HCl, HF, HNO₃), y su concentración final fue estimada tras pasar el residuo resultante a través de tamices de 500, 250, 75, 50 y 12 µm. Para que la muestra fuera estadísticamente representativa se consideró como número mínimo de palinomorfos a contar por cada muestra procesada un conjunto de 500-1.000, como indicaron JONKER (1951) y GREEN & DOLMAN (1988). Para realizar una interpretación paleoclimática se ha dividido a los taxones identificados según los requerimientos térmicos de especies actuales próximas a ellos filogenéticamente en el sentido de VAN STEENIS (1962) y BESSEDIK (1985).

a-Incendios en Rubielos de Mora:

La cuenca terciaria de Rubielos de Mora está situada en el sector sur del dominio tectónico del Sistema Ibérico denominado "Zona de Enlace". Sus depósitos, con una extensión de poco más de 15 km² forman parte del relleno de un graben asimétrico (ANADÓN *et al.*, 1989), condicionado por una cubeta sinclinal (GUIMERÀ, 1990), formada en los materiales del Cretácico Inferior.

La edad de la cuenca ha sido establecida a partir de un conjunto de estudios paleontológicos que se han llevado a cabo en la zona desde la década de los 60. Estos se iniciaron con el trabajo de CRUSAFONT *et al.* (1966). Los autores mencionados dieron a conocer la existencia del primer yacimiento de vertebrados encontrado en la cuenca.

Hasta la fecha se conocen 4 afloramientos que han proporcionado restos de mamíferos (RMI, RM2, RM3 y Alto de Ballester 1) (MONTROYA *et al.*, 1996). Al primero de ellos, debido a su contenido en micromamíferos, se le atribuyó una edad miocena inferior, al segundo una aragonesa inferior, al tercero una rambliese-aragonesa inferior y al último una rambliese (BRUIJN & MOLTZER, 1974;

LÓPEZ-MARTÍNEZ, 1989; CERDEÑO, 1989; MONTOYA *et al.*, 1996). Además de restos de mamíferos, en los sedimentos de la cuenca se han encontrado otros grupos fosilizados como anfibios, insectos, arácnidos, moluscos, restos vegetales, etc. (MONTOYA *et al.*, op. cit.).

Tras el estudio palinológico se infiere que la cuenca de Rubielos de Mora estuvo poblada por una vegetación diversa que se integró en comunidades acuáticas, ripícolas y terrícolas. Los taxones mejor representados son los ripícolas mesotérmicos arbóreos, destacándose *Carya*, *Salix* y los tipos *Taxodium* y *Ulmus-Zelkova*; coníferas terrícolas del género *Pinus* y de la familia Cupressaceae; arbustos terrícolas de los géneros *Corylus*, *Ilex*, *Buxus*, etc., y de las familias Sapotaceae, Rosaceae y Lamiaceae; y plantas herbáceas terrícolas del género *Rumex* y la familia Poaceae. La presencia de polen de géneros como *Picea* parecen señalar la existencia de zonas montañosas, sin que se pueda saber su cercanía o lejanía (BARRÓN & SANTISTEBAN, 1999).

Considerando la totalidad de los taxones identificados reunidos según sus requerimientos térmicos, observamos que la mayor parte de ellos son mesotérmicos y plurirregionales. La presencia predominante de taxones mesotérmicos es al menos indicativa de unas condiciones ambientales de tipo templado. Por su parte, la profusión de taxones mega-mesotérmicos y, en menor medida, de megatérmicos entomófilos parece señalar unas condiciones templado cálidas. Además, la aparición de elementos como *Ephedra* y los tipos *Acacia* y *Olea-Phyllirea*, podrían ser indicativos de la existencia de una estación cálida y seca.

En las comunidades que no dependieron de las aguas del lago y circundaron la zona, fundamentalmente se desarrollaron Pinares y bosquetes de Cupressaceae con una rica vegetación acompañante, ya que seguramente fueron formaciones vegetales abiertas en donde se incluyeron especies arbóreas de los géneros *Engelhardia*, *Quercus*, *Acacia*, *Aralia*, y de las familias Taxodiaceae, Hamamelidaceae, Moraceae, Bombacaceae, Oleaceae y Arecaceae. Estas comunidades debieron tener un rico sotobosque arbustivo habitado por *Ephedra*, *Corylus*, Ericales, Sapotaceae, Rosaceae, *Ilex*, *Rhamnus*, *Buxus*, *Ligustrum*, *Viburnum*, etc., y especies lianoides como *Lonicera* y *Smilax*. En las zonas libres de vegetación arbórea y arbustiva existieron comunidades herbáceas en donde, además de Poaceae, se incluyeron *Rumex*, *Armeria*, *Convolvulus*, Lamiaceae del tipo *Teucrium*, Amaranthaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, Apiaceae, Dipsacaceae, Fabaceae, etc. (BARRÓN & SANTISTEBAN, op. cit.).

La información cuantitativa que nos indica el diagrama polínico (Fig. 1) señala que es posible que los porcentajes de *Pinus* pudieran encontrarse influenciados por cambios macro o microclimáticos o también por fenómenos periódicos como incendios. Esto se comprueba al observar los porcentajes de este taxón que varían como dientes de sierra. Al respecto, se han encontrado niveles indicadores de paleoincendios con cenizas en el afloramiento del Barranco Casas. Al desaparecer los pinares se vería potenciado el desarrollo de la vegetación herbácea y la presencia en los sedimentos de

un mayor porcentaje de palinomorfos asignables a vegetación arbórea ripícola. Quizás las comunidades herbáceas mencionadas pudieran relacionarse con fases de destrucción de Pinares.

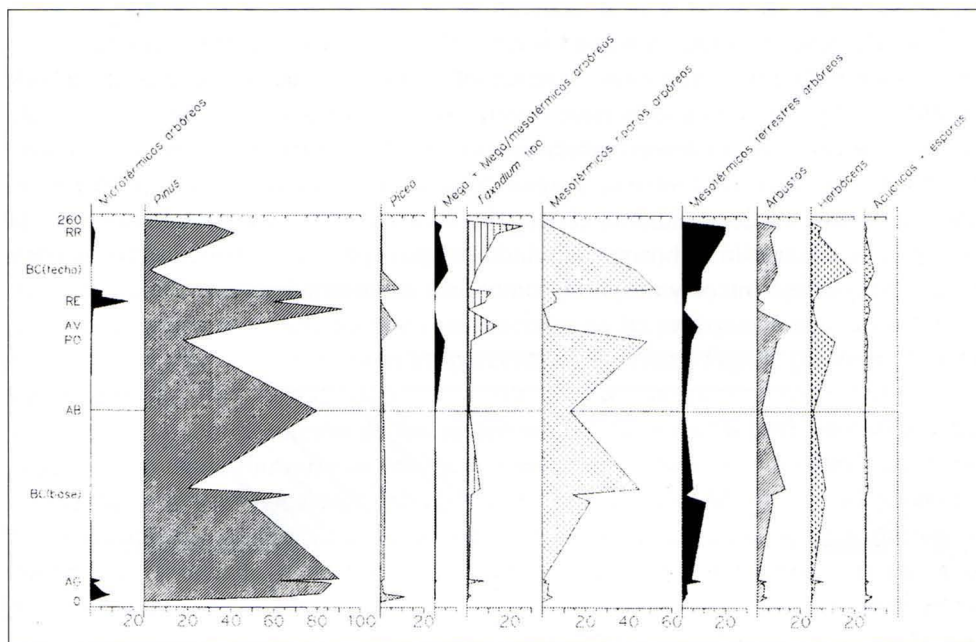


Fig. 1. Diagrama polínico sintético de la cuenca de Rubielos de Mora.

b-Incendios en la Cerdaña:

La Cerdaña es una antigua cuenca lacustre situada en los Pirineos orientales entre Francia y España. Actualmente constituye una llanura alargada de 25-30 km de longitud por 5-7 km de ancho, cruzada en su parte norte por el río Segre, que se encuentra a unos 1.100 m sobre el nivel del mar. Esta cuenca se formó 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. Los distintos afloramientos neógenos de la Cerdaña han sido datados a partir de macrovertebrados como vallesienses, si exceptuamos el de Can Vilella, que lo ha sido a partir de roedores como Turolense (AGUSTÍ & ROCA, 1987).

En la cuenca de la Cerdaña se prospectaron y estudiaron desde un punto de vista palinológico un número superior a 15 afloramientos. Uno de ellos es el histórico del torrente de Vilella (BARRON, 1999), que del mismo modo que los de Rubielos de Mora, presenta niveles de cenizas y restos vegetales carbonizados.

Si realizamos un primer análisis del diagrama polínico obtenido (Fig. 2), se observa

se desarrollaran comunidades arbustivas de tipo mediterráneo donde se integraron además de Phyllirea: Ericaceae, *Rhamnus*, *Ligustrum*, Cistaceae y Lamiaceae.

La muestra TV3 indica otra vez un aumento de los porcentajes de *Abies*, *Fagus* y del tipo *Robinia*, éste viene acompañado de una disminución de Amaranthaceae-Chenopodiaceae lo que podría indicar un aumento de las precipitaciones. Los porcentajes de *Betula* son muy bajos, lo que indicaría condiciones ambientales más cálidas. Esto se ratifica por la presencia de Arecaceae. Por otra parte, quizás la especie de *Abies* que habitó durante el período de depósito de los sedimentos de esta muestra no se vio afectada por la temperatura, sino por las precipitaciones. La muestra TV4 es semejante a la anterior, aunque en ella se observa un aumento de los taxones herbáceos, entre ellos Amaranthaceae-Chenopodiaceae, *Phlomis* y Asteraceae. Es posible que las comunidades herbáceas empezaran a tomar protagonismo en algunas zonas de la cuenca. Tampoco podemos descartar un descenso de las precipitaciones, que no sería muy acusado ya que se mantienen los porcentajes de *Abies*, *Fagus*, *Quercus*, *Ulmus-Zelkova*, etc.

Durante la sedimentación de los materiales de la muestra TV5, la cantidad de granos de polen de Pinaceae es menor, lo que es indicativo de una reducción de las formaciones de gimnospermas. Esta pudo acontecer por la acción de incendios que produjeron la desaparición de este tipo de bosques, y que también parecen afectar, en mucha menor medida, a los hayedos. Apoyando esta interpretación, se produjo un desarrollo de las comunidades herbáceas entre cuyos componentes destacaron Amaranthaceae-Chenopodiaceae, *Phlomis*, Asteraceae, Poaceae, y Liliaceae, y de elementos arbustivos como *Corylus*. También hay que indicar que se observa un incremento de los taxones ripícolas como *Alnus*, Taxodiaceae y Sparganiaceae-Typhaceae. Paralelamente, se constata un aumento en los porcentajes de *Quercus*, *Carpinus*, *Ulmus-Zelkova*, *Buxus*, y del tipo *Robinia*, posiblemente debido tanto a un aclaramiento de la vegetación como a un aumento de las precipitaciones que favoreció el desarrollo de bosques de frondosas.

Por último, las muestra TV6 y TV7 indican de nuevo una recuperación de los bosques de coníferas acompañada por un aumento de las temperaturas y un descenso de las precipitaciones. Esta elevación de las temperaturas viene señalada por la aparición de Arecaceae, aumento de *Cathaya* y aparición puntual de taxones como *Acacia* y cf. Cycadaceae. Durante la deposición de los materiales de TV7 es posible que se produjera una somerización del lago como parecen indicar los altos porcentajes de *Potamogeton*.

En el caso de la Cerdaña la presencia de paleoincendios no sólo está inferida a partir de porcentajes polínicos sino que se puede observar en sedimentos, como el que se refleja en el afloramiento de la gravera de Pi, donde aparecen niveles de cantos rodados vitrificados a causa de haber estado expuestos a la acción del fuego.

CONCLUSIONES

La existencia de paleoincendios en el pasado se encuentra demostrada por la presencia de carbones ricos en fusinita desde el Devónico. Los fuegos declarados de forma natural hay que considerarlos más que catástrofes ecológicas, como elementos reguladores de los ecosistemas.

En el Mioceno peninsular se dan a conocer dos estudios palinológicos que parecen indicar la acción sobre la vegetación pretérita de dos incendios forestales. El que se refleja en los sedimentos del Mioceno Inferior de Rubielos de Mora (Teruel) indica una desaparición de pinares que potenció el desarrollo de vegetación herbácea y la presencia de un mayor porcentaje de palinomorfos asignables a vegetación arbórea ripícola. Por su parte, en el Mioceno Superior de la Cerdaña (Lleida), más concretamente, en el afloramiento del torrente de Vilella, también se observa una reducción de las formaciones de gimnospermas y en menor medida de hayedos. Apoyando esta interpretación, se produce un desarrollo de las comunidades herbáceas, y de elementos arbustivos como *Corylus*.

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, J. & Roca, E. 1987. Síntesis bioestratigráfica de la fosa de la Cerdanya (Pirineos orientales). *Estudios Geológicos*, **43**: 521-529, Madrid.
- Anadón, P., Cabrera, L., Julià, R., Roca, E. & Rosell, L. 1989. Lacustrine oil-shale basins in tertiary grabens from N.E. Spain (Western European Rift System). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **70**: 7-28.
- Barrón, E. 1996. Sesgos en la distribución de palinomorfos en el registro fósil. Ejemplos de lago mioceno de la Cerdaña (España). En: *II Reunión de Tafonomía y fosilización*. G. MELÉNDEZ HEVIA, M^a F. BLASCO SANCHO & I. PÉREZ URRESTI Eds., págs. 47-54. Institución "Fernando el Católico" y Universidad de Zaragoza.
- Barrón, E. 1999. Estudio paleobotánico del afloramiento vallesiense (Neogeno) del torrente de Vilella (la Cerdaña, Lérida, España). Aspectos tafonómicos y paleoecológicos. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, **94** (3-4): 41-61, Madrid.
- Barrón, E. y Santistéban, C. de. 1999. Estudio palinológico de la cuenca miocena de Rubielos de Mora (Teruel, España). Aspectos paleoecológicos y paleobiogeográficos. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, **95** (1-4): 67-82.

- Bessedik, M. 1985. *Reconstitution des environnements miocènes des régions nord-ouest méditerranéennes à partir de la Palynologie*. 162 págs. Thèse d'État. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- Brujin, H. de & Moltzer, J.G. 1974. The rodents from Rubielos de Mora: the first evidence of the existence of different biotopes in the Early Miocene of eastern Spain. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen B*, **77**: 129-145.
- 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.
- Cerdeño, E. 1989. *Revisión de la Sistemática de los rinocerontes del Neógeno de España*, **206/89**, 429 págs. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Cope, M.J. & Chaloner, W.G. 1980. Fossil charcoal as evidence of past atmospheric composition. *Nature*, **283**: 647-649.
- Crusafont, M., Gautier, F. & Ginsburg, L. 1966. Mise en évidence du Vindobonien inférieur continental dans l'Est de la province de Teruel (Espagne). *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique de France*, **1966** (1): 30-31.
- Franquesa, T. 1990. Los incendios forestales en Yellowstone. *Quercus*, **53**:18-19, Madrid.
- Friis, E.M. & Skarby, A. 1981. Structurally preserved angiosperm flowers from the Upper Cretaceous of southern Sweden. *Nature*, **291** (11): 484-486.
- Green, D.G. & Dolman, G.S. 1988. Fine resolution pollen analysis. *Journal of Biogeography*, **15**: 685-701.
- Guimerà, J. 1990. Formación de una cubeta sinclinal en un contexto extensivo: la cuenca miocena de Rubielos de Mora (Teruel). *Geogaceta*, **8**: 33-35.
- Harris, T.M. 1958. Forest fire in the Mesozoic. *Journal of Ecology*, **46**: 447-453.
- Jones, T.P. y Chaloner, W.G. 1991. Los incendios forestales del pasado. *Mundo Científico*, **119** (11): 1160-1168, Madrid.
- Jonker, F.P. 1951. A plea for the standarization of pollen diagrams. *Taxon*, **1**: 89-91.

- López Martínez, N. 1989. Revisión sistemática y biostratigráfica de los Lagomorpha (Mammalia) del Terciario y Cuaternario de España. *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, **3**: 1-350.
- 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 Ed., págs. 95-98. Granada.
- Montoya, P., Peñalver, E., Ruiz-Sánchez, F.J., Santiesteban, C. de, Alcalá, L., Belinchón, M. & Lacomba, J.L. 1996. Los yacimientos paleontológicos de la cuenca terciaria continental de Rubielos de Mora (Aragón). *Revista Española de Paleontología*, **nº extraordinario**: 215-224.
- 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.
- Scott, A.C. 1990. Anatomical preservation of fossil plants. In: *Palaeobiology a synthesis*, Briggs, E.C. & Crowther P.R. (Eds.). Blackwell Scientific Publications: 263-266. Cambridge.
- Van Steenis, C.G.G.J. 1962. The land-bridge theory in Botany. *Blumea*, **11** (2): 235-542.