

Palinología y restitución paleoecológica

F. Burjachs i Casas

Profesor de Investigación de ICREA cedido al Área de Prehistoria de la Universidad Rovira i Virgili (URV) de Tarragona. Plaza Imperial Tarraco, 1. 43005. Tarragona

A través de este escrito se pretende un acercamiento a las generalidades y aplicaciones de la ciencia palinológica. Así, partiendo de unas breves notas sobre las raíces de esta ciencia y su potencial aplicativo (sub-especialidades), se dan ejemplos de su utilidad para la reconstrucción del paleoambiente durante el Pleistoceno Superior (últimos 70.000 años), el actual Holoceno (últimos 10.000 años), así como de la evolución / extinción de especies vegetales durante este periodo de tiempo en el NE de la Península Ibérica.

This paper is an approximation to the generalities and applications of the palynological science. Starting from some short notes of the roots of this science and its potential applications (sub-specialities), some examples of its utility to the reconstruction of the palaeoenvironment are shown. The Upper Pleistocene palaeoenvironment (last 70 kyrs), the Holocene (last 10 kyrs) and the evolution / extinction of vegetal species during these periods in the NE of the Iberian Peninsula are described in the paper.

Introducción

La Palinología es una ciencia que hunde sus raíces hasta allí donde aparecieron los primeros naturalistas interesados por los fenómenos de la vida en general. De hecho sus primeros pasos tienen que ver con la reproducción de las plantas. Así, cuando los primeros científicos, dejando de lado las explicaciones teológicas, se plantearon demostrar cómo funciona la Naturaleza, una parte de ellos, los ahora llamados botánicos, descubrieron que las plantas también tienen una reproducción sexual. Es por ello que ahora sabemos que si un polen no llega al ovario de una flor, ésta no puede fecundarse y dar fruto. ¿Y qué es el polen, pues?, el polen es el microgametófito masculino de las plantas, la célula masculina que interviene en la reproducción de todas las plantas superiores o cormofitas.

Al principio su estudio fue a nivel de curiosidad naturalista, de conocer su morfología, de cómo llegaba a la parte femenina de la flor, etc. En definitiva de todo aquello que tenía que ver con la reproducción de las plantas cultivadas y de jardín, para conseguir variedades nuevas. Pero como una cosa lleva a la otra, a medida que se ampliaba el conocimiento de la morfología del polen y, al mismo tiempo, empezaba un interés por nuestro pasado prehistórico, enseguida se le encontró una aplicación en la restitución de los paisajes pretéritos.

Es a Lennart von Post a quien debemos los primeros trabajos sistemáticos en paleopalínología (1916). Este científico, a partir de la observación de que entre los fósiles bióticos de las turberas había pólenes que conservaban su membrana protectora exterior en perfecto estado, y que se podía saber a qué planta perteneció (porque sus morfologías eran conocidas), propuso que, haciendo un recuento de pólenes de distintas muestras a lo largo de la estratigrafía de una turbera se podía saber cómo había evolucionado la vegetación desde el inicio de formación de aquel depósito.

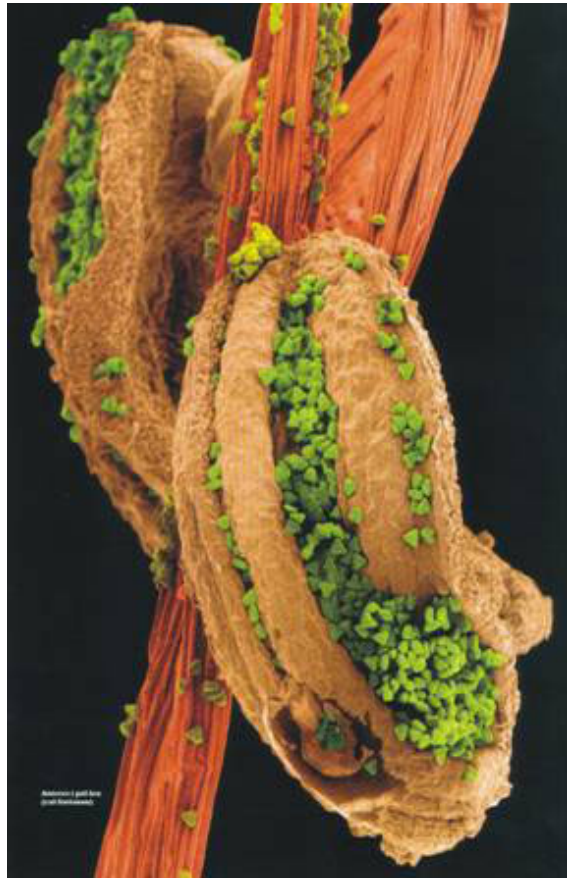


Figura 1: Granos de polen (en verde), de calistemon o escobillón (*Callistemon* sp) saliendo de las anteras.

Efectivamente, la membrana del polen o *exina* está compuesta de una materia orgánica tan resistente, que puede conservarse a lo largo de siglos, milenios y millones de años en un depósito geológico. Por tanto, se nos revelaba como una potente herramienta para conocer qué vegetación había habitado un determinado lugar en el pasado, por más remoto que éste fuera. Además, como la vegetación está determinada por el clima de una determinada zona del planeta, conociendo qué plantas la integraban, también podíamos saber el clima que sucedió en aquella época. Es por ello que la Paleopalínología enseguida se convirtió en un utensilio fundamental para el conocimiento de los climas del pasado (paleoclimatología).

Sin embargo, en aquellos momentos el control cronológico de nuestro pasado era escaso o relativo al conocimiento estratigráfico de que se disponía. Así, hubo que esperar a que aparecieran las dataciones de ^{14}C , hacia los años 50 del siglo XX, para poder tener un control cronológico de los depósitos que se estudiaban y poder, así, precisar más los momentos en que el clima y la vegetación fueron cambiando. Y después del ^{14}C , todas las demás técnicas de datación radiométricas puestas a punto (U/Th, K/Ar, Ar/Ar, etc.) e incluso las relativas de paleomagnetismo, han sido de gran ayuda para poder perfilar el conocimiento de la evolución que actualmente poseemos del clima y la vegetación del pasado.

Las especialidades de la Palinología

En otro orden de cosas, también debemos saber que actualmente la ciencia de la Palinología cubre un amplio abanico de especialidades. Así, aparte de la reconstrucción paleoecológica, la paleopalínología cubre necesidades geológicas, en el sentido de que una parte de la caracterización y correlación de estratos geológicos está definida por su composición en microfósiles palinológicos. Una de estas aplicaciones se desarrolla en las perforaciones petrolíferas actuales.

Otra aplicación de la Palinología es en el mundo de la Medicina, pues una gran parte de las alergias se deben al polen. *Fiebre del heno* era el nombre con que se conocía esta afección al polen de cereales, pues estas fiebres que padecen los afectados aparecen siempre en la época de siega. Hecho que cabe matizar, pues la recolección de cereales, tal como podemos deducir, no coincide con su floración, ya que la polinización / fecundación de sus flores ha de haberse producido antes de la fructificación. La explicación radica en que la mayoría de cereales tienen una polinización cleistógama, es decir, sin que se abran las flores, quedándose los pólenes encerrados en el interior de la flor y fecundándose de manera autógena. Por tanto,

el excedente de pólenes que no han podido fecundar ningún ovario, quedan semiatrapados en las espigas, los cuales no se esparcirán por el aire hasta su siega, trilla y aventado.

Actualmente la medicina, palinología y la industria farmacéutica intentan combatir esta afección mediante el estudio de la composición orgánica de contenido polínico, a fin de saber qué agentes y en que circunstancias actúan los causantes de la alergia; con la preparación de vacunas a base de extractos de polen; y, mediante los calendarios de previsión de alergias, conseguidos a base de hacer recuentos semanales de los pólenes que circulan por el aire (Aeropalínología) para, así, poder predecir cuando van a haber volúmenes suficientes de pólenes alergógenos en el aire y de qué tipo, a fin de informar a los afectados (http://einstein.uab.es/_c_lap/aerobiologia/espanyol/esp.htm).

La Melisopalínología es la encargada de hacer el control de calidad de las mieles, tanto en el sentido de que sean 'miel', como en las mieles de determinados tipos de flores (*miel de romero, de brezo, de naranjo*, etc.), o las que conllevan denominación de origen (DO). No en vano uno de los principales componentes de la miel son los pólenes (http://www.beekeeping.com/abeille-de-france/articles/analisis_polinico_mieles.htm, http://www.culturaapicola.com.ar/apuntes/polen/13_tipificacion_mieles_polen.pdf).

Otras aplicaciones más extraordinarias se refieren a la criminología y a la medicina forense. El hecho no de deja de ser anecdótico, pero Erdtman (1969) explica un caso en que el análisis palinológico del barro adherido al zapato de un presunto asesino, demostraba que había estado en el escenario del crimen. Y, en cuanto a la medicina forense se ha utilizado para saber en qué estación del año se produjeron los enterramientos en una fosa común (Szibor *et al.*, 1998).

Finalmente, la Actuopalínología se encarga de estudiar la ultraestructura y composición de los granos de polen, su morfología como discriminador en la sistemática botánica (taxonomía), así como su carga genética para la mejora de vegetales aprovechados por el hombre.

Aplicación paleoecológica

El potencial del polen en la reconstrucción vegetal se debe a su capacidad de conservación. De hecho y a pesar de tratarse de materia orgánica, los restos que encontramos en los depósitos geológicos no están fosilizados como tales; es decir, no se conservan mineralizados, sino que resta su membrana relativamente inalterada, aunque al tratarse de organismos que sedimentaron en el pasado, los denominamos *pólenes fósiles*.

Esta alta resistencia de la membrana protectora (*exina*) de la célula masculina se debe a su composición de polisacárido, la esporopolenina. Sin embargo, si los pólenes no se destruyeran de alguna manera, estaríamos cubiertos por inmensas nubes. Afortunadamente, tienen el enemigo común a la preservación de toda materia orgánica, el oxígeno. Luego, para que los pólenes se conserven, necesitan sedimentar en un medio anaeróbico, donde no puedan oxidarse, transformándose en sus elementos básicos.

Suponiendo que unos cuantos miles de pólenes queden preservados entre los sedimentos del pasado, el siguiente factor que los hace útiles es que presentan morfologías muy variadas. Es decir, su tamaño, grosor, decoración externa, las formas y combinación de las oberturas (poros y colpos) por donde sale el tubo polínico necesario para la fecundación del ovario, etc., son tan variables que nos permiten afiliar a cada tipo polínico una especie, género o familia vegetal. De manera que podemos saber qué planta produjo éste o aquel polen.

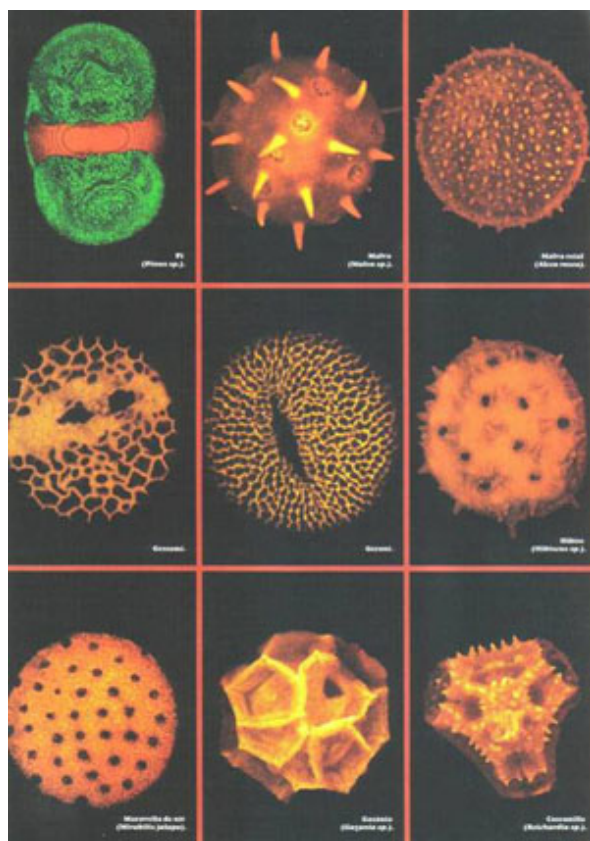


Figura 2: Ejemplos de morfologías de granos de polen.

Con estas premisas sólo nos queda aislar el material espora-polinico del sedimento y hacer un recuento de granos, para graficarlos muestra a muestra, taxón a taxón, y ver cómo evolucionan y se interrelacionan las especies vegetales a través del tiempo. El aislamiento del material que queremos analizar se consigue mediante tratamientos físico-químicos en laboratorio adecuado, a base de eliminar toda la fracción mineral, restando sólo el residuo orgánico donde se encuentran pólenes y esporas. Este residuo se monta en una preparación de microscopía biológica, y se van determinando y contabilizando los granos bajo microscopio óptico a unos 600 aumentos (Burjachs *et al.*, 2003).

Ejemplo a escala de tiempo larga – El Pleistoceno Superior del NE de la Península Ibérica

Actualmente disponemos de una larga secuencia para el NE de la Península (**Fig. 3**), si bien ésta no corresponde a un solo depósito, ya que se ha elaborado en base a la cubeta endorreica del *Pla de l'Estany* (Gerona), de la secuencia de travertinos de *l'Abric Romaní* (Capellades, Barcelona), de la *Cova de l'Arbreda* (Serinyà, Gerona), y del depósito lacustre de *Banyoles* (Gerona), evolutivamente desde la base de 75.000 años hasta la actualidad (Burjachs, 1994; Burjachs & Julià, 1994; Burjachs & Renault-Miskovsky, 1992; Pérez-Obiol & Julià, 1994).

En este diagrama se observa como la vegetación responde a los cambios climáticos del Pleistoceno Superior, correlacionados con los estadios isotópicos marinos (ISM). Así, vemos como Cupresáceas (cf. enebro, sabinas, cada) y abedul (*Betula*) responden a las fases interestadales del ISM3 (60-29 ka BP) y del Tardiglacial (Postglacial o finales del ISM2, 15-10 ka BP). Por otra parte, los árboles caducifolios (avellano, robles, haya y carpe), perennifolios (encina/coscoja, acebuche) y los arbustos brezos responden a las fases interglaciales (ISM 5 y 1), así como, tímidamente, durante los interestadales.

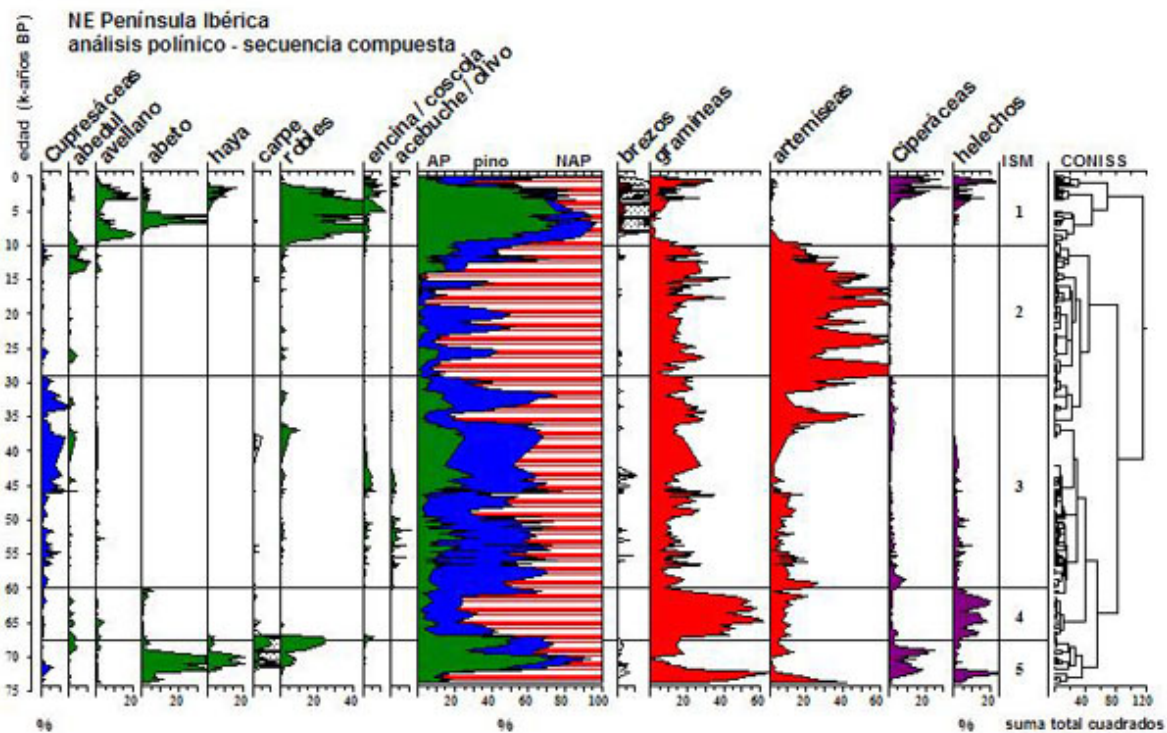


Figura 3: Evolución de la vegetación durante los últimos 75.000 años en el NE de la Península Ibérica (selección de taxones).

En cuanto a los pinos, éstos son los árboles dominantes durante los estadios fríos (ISM4, 3 y 2). Incluso en el interstadial ISM3, los pinos dominan al conjunto de todos los otros árboles (AP en **Fig. 3**). Este hecho es explicable en cuanto nos encontramos en posición mediterránea, ya que durante los fríos de la última glaciación, la zona mediterránea de la península ibérica no estaba helada, pero la baja temperatura global hizo que la vegetación que ahora es típica de la alta montaña o de la Europa septentrional se desplazara altitudinalmente hasta las tierras bajas, hasta el litoral, ocupando el territorio actual de los encinares (Burjachs y Allué, 2003).

También, durante los estadios fríos o interstadales dominaba la vegetación herbácea por encima de la arbórea. Las curvas de gramíneas y artemisas (**Fig. 3**) así nos lo indican. Sin embargo cabe matizar las connotaciones de humedad (más lluvias) del ISM4 respecto al ISM2, ya que durante el ISM4 las gramíneas dominan por encima de las artemisas, y los porcentajes de helechos son importantes; mientras que en el ISM2, más seco y frío, las estépicas artemisas dominan ampliamente el espectro polínico, y se da la práctica ausencia de helechos.

En fin, como vemos, esta larga secuencia ejemplifica la aplicación paleoclimática de la Palinología, demostrándonos que incluso en el seno de la última glaciación (Würm alpina o ISM4, 3 y 2) se pueden matizar distintas fases de más o menos frío, y con más o menos precipitaciones.

Ejemplo a escala corta – El Holoceno insular del Mediterráneo occidental

Hemos escogido un sondeo realizado en Menorca porque está muy bien datado, y porque los medios insulares responden de manera más rápida a los cambios climáticos y a los inducidos en general por la actividad humana.

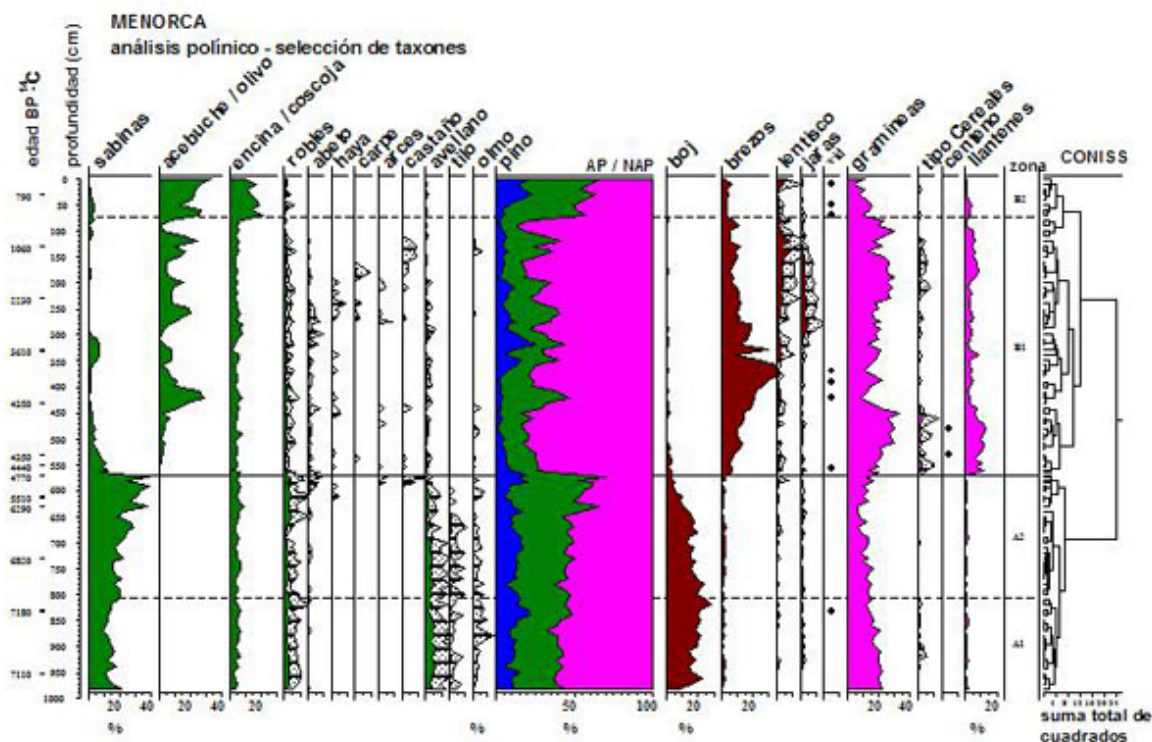


Figura 4: Evolución de la vegetación, estimada a partir del registro polínico, durante los últimos 7000 años en la isla de Menorca (Baleares), inédito.

Una de las constantes en los análisis palinológicos de las Islas Baleares es un cambio abrupto que se produce durante el Holoceno medio-superior (Burjachs *et al.*, 1994; Yll *et al.*, 1994; Yll *et al.*, 1995; Pantaleón-Cano *et al.*, 1995; Yll *et al.*, 1997; http://einstein.uab.es/_c_lap/Fossil/ANGLES/Balears.htm). Así, en la **Figura 4** se observa como este cambio se produce entre 4770 ± 60 y 4440 ± 70 años BP.

La primera mitad del Holoceno (zona A del diagrama polínico, **Fig. 4**) se caracteriza por una densidad de bosques apreciable, en donde boj (*Buxus cf. balearica*) y sabinas (cf. *Juniperus*) son los árboles y arbustos dominantes, y donde la encina/coscoja (*Quercus* tipo *ilex-coccifera*) y pinos (*Pinus* spp.) tienen un papel secundario. Junto a éstos, perviven una retahíla de árboles caducifolios, tales como robles (*Quercus* tipo caducifolios), avellano (*Corylus cf. avellana*), tilo (*Tilia*) y olmo (*Ulmus*), e incluso el abeto (*Abies*). Síntoma, todo ello, de unas condiciones climáticas favorables, de óptimo climático.

Más tarde, hacia el 4500 BP (inicio de la zona B1), se produce el cambio antes mencionado, según el cual se produce una redistribución en la composición de las comunidades vegetales insulares. El boj y sabinas pasan a ser secundarias, ocupando su lugar el acebuches (*Olea*) y los brezos, lentisco, jaras, etc. Es decir, el bosque se abre, dejando espacio a arbustos y hierbas (gramíneas, llantenes), observándose como la relación AP/NAP (polen arbóreo / polen no arbóreo) de la **Figura 4** ha descendido. Además, los caducifolios robles, avellano y olmo tienden a descender sus valores, llegando a desaparecer el tilo del espectro polínico. Sin embargo, se observa la presencia de otros caducifolios de expansión más tardía, tales como el haya, carpe, arces y el tipo castaño, cuyos valores aunque escasos aparecen al tiempo que en los diagramas peninsulares, sobre todo el haya (*Fagus*).

Una primera interpretación climática de estos resultados nos habla de un descenso o peor repartición a lo largo del año de las lluvias, ya que son los caducifolios y el boj (típico acompañante de los robles) los que retroceden, y en su lugar quienes tienen más éxito son el acebuches y arbustos mediterráneos por excelencia (lentisco, jaras, brezos), adaptados a soportar la sequía estival. Sin embargo, también cabe una interpretación antrópica, ya que es en este preciso momento cuando se intensifican los valores del tipo Cerealia, hay presencia de centeno y se expanden los llantenes (indicadores de ganadería). Por tanto, este momento podría significar la llegada del hombre neolítico a estas islas (Guerrero, 1993 y 1998), que con sus labores cotidianas pudieron producir este cambio de paisaje. En este caso, pues, la interpretación global ha de pasar por la interacción entre clima y acción antrópica, ya que por un lado sabemos que a lo largo del Holoceno hay una tendencia a la aridez, que en el caso de un medio insular puede llegar a una situación límite, la cual es agravada por la irrupción del hombre a unas islas que hasta este momento no habían sido colonizadas por ningún homínido (Burjachs *et al.*, 1997).

Otra aplicación de la Palinología en sentido paleoecológico es el análisis de Palinofacies (Combaz, 1964; Caratini *et al.*, 1975; Diot, 1991; Verrecchia *et al.*, 1993). Es decir, durante el análisis polínico pueden aparecer otros palinomorfos que no son ni pólenes ni esporas de helechos, sino que se trata de otras esporas que pertenecen al mundo de los briofitos, algas y hongos, o formas de resistencia (quistes), o fragmentos de sus partes, o, incluso, restos de animalillos (zooreostos).

Estos restos pueden determinarse en su mayoría, aunque hay otros, que aparecen frecuentemente, que aún no somos capaces de afiliar a organismos actuales, quedando por tanto, como 'indefinidos'. Sin embargo su presencia/ausencia o los valores que asumen en los diagramas son, de todas maneras, indicativos de cambios que pueden correlacionarse con otros taxones de los cuales sí conocemos su ecología. Sería el caso del tipo *Pterosperma*, de las *leiosphaerae* y de *Pseudoschizaea* (Christopher, 1976) de la **Figura 5**. Por otra parte, la información paleoecológica que se puede obtener de la palinofacies es muy local, a diferencia de la que proporciona el análisis polínico, que va abarca desde el ámbito local hasta el regional, e incluso el extraregional.

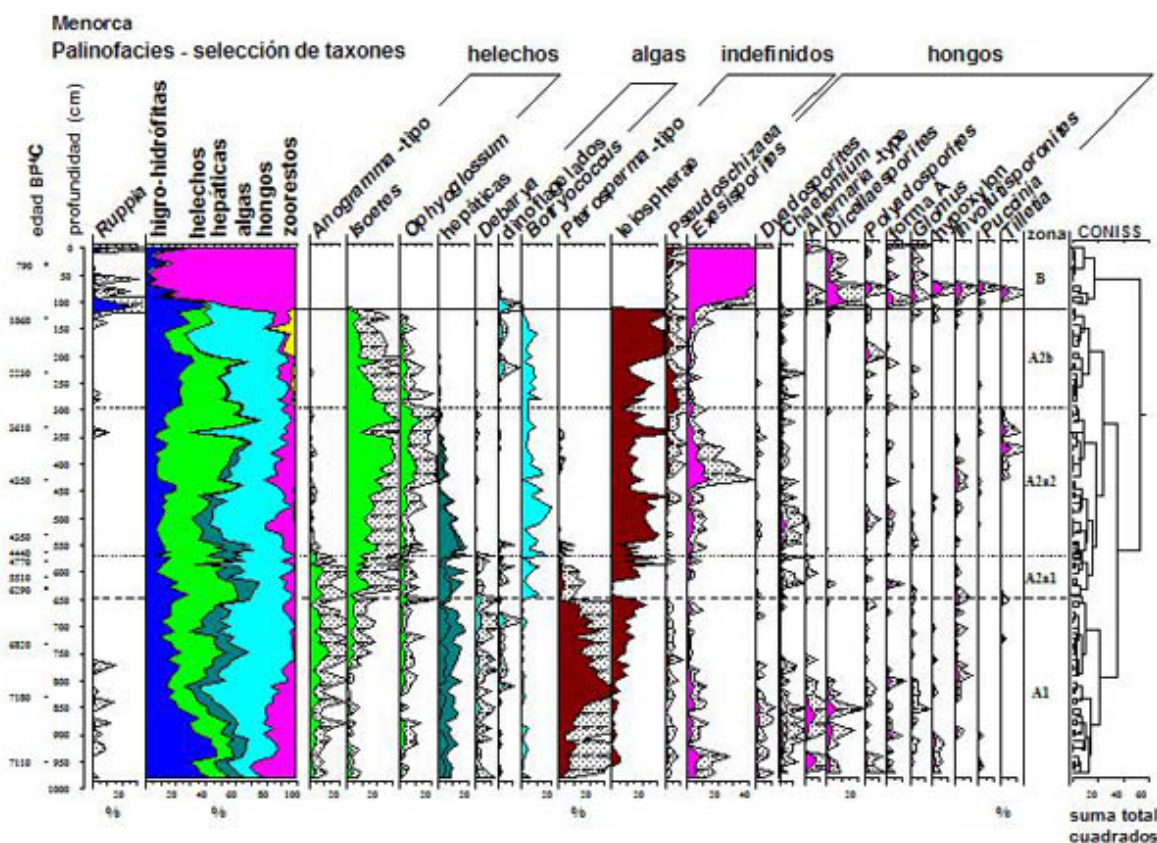


Figura 5: Evolución local de un medio lagunar en la isla de Menorca (Balears), según el análisis de Palinofacies (inédito).

Habitualmente, los resultados de la palinofacies obedecen más a cuestiones sedimentológicas (p.ej. en depósitos arqueológicos), y de evolución del depósito (p.ej. medios lagunares). Así, en este ejemplo que presentamos de la **Figura 5**, se observa cómo la zonación obtenida mediante el análisis CONISS (Grimm, 1987, 1991-2004) clasifica el diagrama de manera diferente que con los datos del análisis polínico (**Fig. 4**). Ahora, y en cuanto a la evolución del depósito, el mayor cambio se produjo hace sólo unos 1000 años (inicio zona B), cuando pasan a dominar los restos de hongos. Respecto al gran cambio de vegetación que se observa en la **Figura 4**, con la palinofacies la transición no es tan abrupta, produciéndose durante la zona A2a1, y correlacionándose el cambio de vegetación con la transición entre las zonas A2a1 i A2a2, hace unos 4500 años BP.

Por otra parte, podemos ver indicadores de la salinidad del agua de la laguna litoral (*lagoon*). El taxón *Ruppia* corresponde a una planta superior de aguas salobres, que tiene presencia bastante continuada en la parte inferior del diagrama, pero sobre todo en la parte superior, al tiempo que desaparecen del diagrama los helechos y algas de agua dulce, así como el indefinido *leiosphaerae*; de manera que entre las algas sólo continúan el tipo marino de 'dinoflagelados'. Luego, en la parte inferior del diagrama (zona A1), de aguas menos salobres que la zona B, encontramos otros taxones que pueden aguantar cierta salinidad, tal es el caso de la hepática *Riccia*, del alga *Debaria* y del helecho tipo *Anogramma*, así como el indefinido tipo *Pterosperma*. De hecho, la parte más dulciacuícola se corresponde con la zona A2 (entre 6500 y 1000 años BP aprox.), cuando los helechos *Isoetes* alcanzan sus mayores valores, junto a las microscópicas algas *Botryococcus*.

Ejemplo de evolución/extinción de especies vegetales

En el estado actual de la investigación empezamos a conocer ya alguna de las extinciones de árboles que se han producido durante el Pleistoceno Superior, es decir durante el Cuaternario reciente, obviando aquí las extinciones de especies tropicales que se produjeron en la transición Plio-Pleistocena.

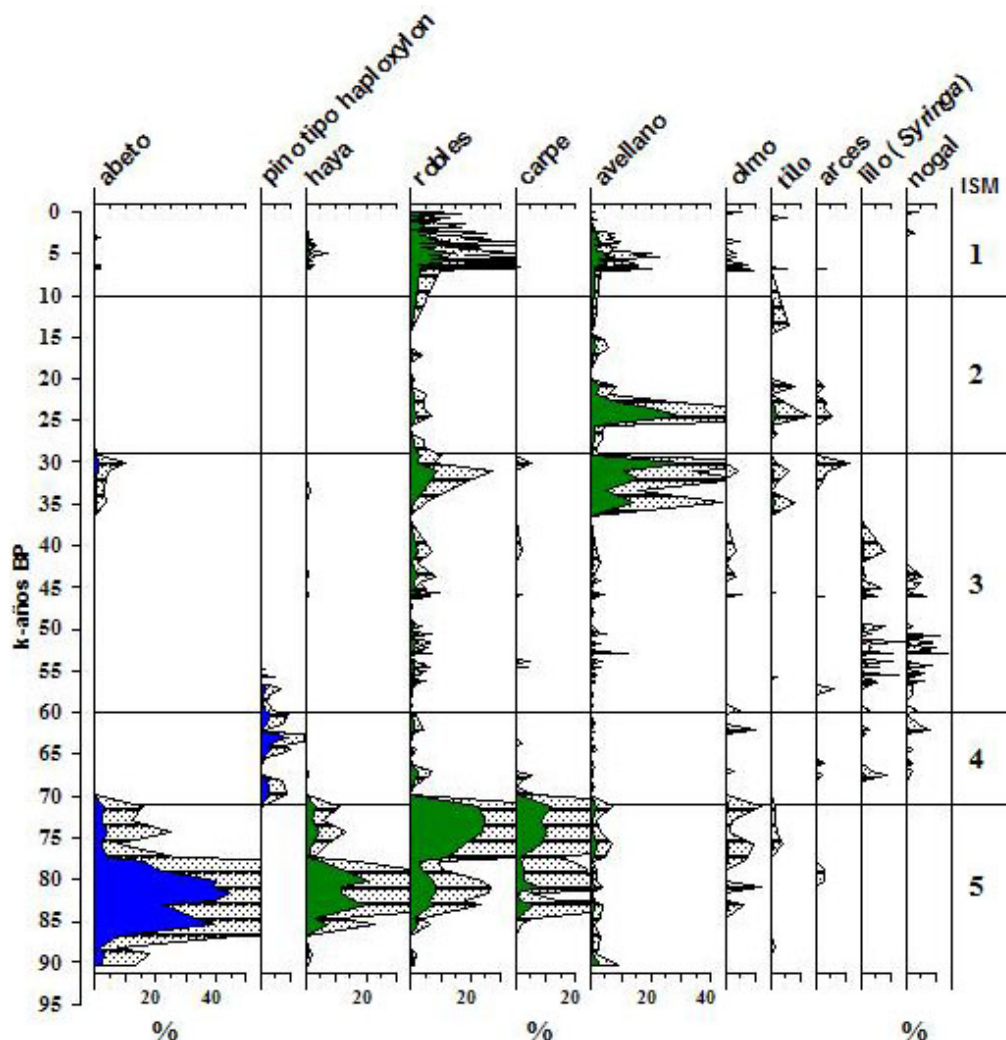


Figura 6: Extinción de taxones arbóreos durante el Pleistoceno Superior en el NE de la Península Ibérica e Islas Baleares (inédito).

En la **Figura 6** se han graficado taxones de los cuales tenemos constancia que se han extinguido en algún lugar del Mediterráneo occidental. En este sentido, tal como hemos mencionado antes, el medio insular es el más sensible y es por esto que en las Baleares es donde se han producido más extinciones. Probablemente se trata de extinciones potenciadas por el hombre. Así, abeto, haya, robles, avellano, olmo, tilo, arces y nogal son extinciones que se han producido en las Baleares durante el Holoceno reciente, ya que estos árboles no figuran en los catálogos florísticos actuales, como vegetación natural, y sí los encontramos en los registros polínicos fósiles.

Por otra parte, aunque a través del polen no podemos determinar con certeza las distintas especies de pino, sí que se pueden diferenciar dos tipos concretos, el *haploxylon* y el *diploxylon*. Luego, a través de esta distinción, sabemos que actualmente en el Mediterráneo occidental no vive ninguna especie de pino del tipo *haploxylon*, pues todas pertenecen al tipo *diploxylon*. En cambio, en el yacimiento arqueológico del *Abric Romani* (Capellades, Barcelona) se ha determinado este tipo de polen antes del ISM2, extinguiéndose durante el ISM3 (Burjachs y Julià, 1994). Caso parecido es el del lilo (*Syringa*), que se extinguió con

los intensos fríos de hace 45.000 años BP. El carpe (*Carpinus*) se extinguió en el NE peninsular durante el ISM3, según datos del *Pla de l'Estany* (Olot, Girona) (Burjachs, 1994). Actualmente sólo hay constancia de este árbol en los Pirineos vascos (Aizpuru y Catalán, 1984), aunque es una especie común en Europa, al norte de los Pirineos.

Luego, nos quedan el nogal (*Juglans*), plátano (*Platanus*), almez (*Celtis*) y algún otro más, que son tema de discusión entre botánicos y paleobotánicos. La controversia sobre estos árboles es que siempre se han supuesto introducidos por el hombre durante la Prehistoria reciente, básicamente a partir de cuando entramos en contacto con griegos y fenicios. Sin embargo, se puede seguir su rastro paleobotánico a lo largo del Cuaternario (García-Antón *et al.*, 1990; Renault-Miskovsky *et al.*, 1984). Además, dentro de esta categoría, aunque no se ha determinado a través del polen, en el depósito de *Cal Guardiola* (Terrassa, Barcelona) se han determinado troncos y ramas de castaño de Indias (*Aesculus hippocastanum*), un árbol ornamental de nuestros jardines actuales, pero que formaba parte de nuestra vegetación natural hace un millón de años (Postigo, 2003). Y, aún con precaución, porque se trata de una sola semilla, en los niveles neolíticos de la cueva de *El Mirador* (Atapuerca, Burgos) se ha encontrado esta semilla de almez, hecho que podría demostrar lo que ya se sospechaba, de que este árbol es autóctono y, por tanto, no introducido (Rodríguez-Cruz, 2005).

Referencias

- Aizpuru, I. y Catalán, P. 1984. Presencia del carpe en la Península Ibérica. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 41 (1): 143-146.
- Burjachs, F. y Renault-Miskovsky, J. 1992. Paléoenvironnement et paléoclimatologie de la Catalogne durant près de 30,000 ans (du Würmien ancien au début de l'Holocène) d'après la Palynologie du site de l'Arbreda (Gérone, Catalogne). *Quaternaire* 3 (2): 75-85.
- Burjachs, F. 1994. The palynology of the upper Pleistocene and Holocene of the North East Iberian Peninsula: Pla de l'Estany (Catalonia). *Historical Biology* 9: 17-33.
- Burjachs, F. y Julià, R. 1994. Abrupt Climatic Changes during the Last Glaciation Based on Pollen Analysis of the Abric Romani, Catalonia, Spain. *Quaternary Research* 42: 308-315.
- Burjachs, F., Pérez Obiol, R., Roure, J.M. y Julià, R. 1994. Dinámica de la vegetación durante el Holoceno en la isla de Mallorca. En: *Trabajos de Palinología Básica y Aplicada* (eds. Mateu Andres, I., Dupré Ollivier, M., Güemes Heras, J. y Burgaz Moreno, M.E.), pp. 199-210, Universitat de València.
- Burjachs, F., Giralt, S., Roca, J.R., Seret, G. y Julià, R. 1997. Palinología holocénica y desertización en el Mediterráneo Occidental. En: *El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo. Implicaciones en la desertificación* (eds. Ibáñez, J.J., Valero, B.L. y Machado, C.), pp. 379-394, Geoforma, Logroño.
- Burjachs, F. y Allue, E. 2003. Paleoclimatic evolution during the last glacial cycle at the NE of the Iberian Peninsula. En: *Quaternary Climatic Changes and Environmental Crises in the Mediterranean Region* (eds. Ruiz, M.B., Dorado, M., Valdeolmillos, A., Gil, M.J., Bardají, T., de Bustamante, I. y Martínez, I.), pp.191-200, Universidad de Alcalá, Ministerio de Ciencia y Tecnología y INQUA, Alcalá de Henares.
- Burjachs, F., López Sáez, J.A. y Iriarte, M.J. 2003. Metodología arqueopalinológica. En: *La recogida de muestras en arqueobotánica: objetivos y propuestas metodológicas* (eds. Buxó, R. y Piqué, R.), pp. 11-18, Museu d'Arqueologia de Catalunya, Barcelona.
- Caratini, C., Bellet, J. y Tissot, C. 1975. Étude microscopique de la matière organique: Palynologie et palynofaciès. En: *Géochimie organique des sédiments marins profonds. Orgon II. Atlantique N.E. Brésil* (eds. A. Combaz y R. Pelet), pp. 157-205, CEPN-CNEXO.
- Christopher, R.A. 1976. Morphology and taxonomic status of *Pseudoschizaea* Thiergart and Frantz ex R. Potonie emend. *Micropaleontology* 22 (2): 143-150.
- Combaz, A. 1964. Les palynofaciès. *Revue de Micropaléontologie* 7 (3): 205-218.
- Diot, M.F. 1991. Le Palynofaciès en Archéologie: Intérêt de son étude. *Revue d'Archéométrie* 15: 54-62.
- Erdtman, G. 1969. *Handbook of Palynology. An Introduction to the Study pollen grains and spores*. Munksgaard, Copenhagen.

- Faegri, K. y Iversen, J. 2000. *Textbook of Pollen Analysis*. Chichester (Caldwell), John Wiley & Sons, Blackburn.
- García-Antón, M., Morla, C. y Sainz, H. 1990. Consideraciones sobre la presencia de algunos vegetales relictos terciarios durante el Cuaternario en la Península Ibérica. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)* 86 (1-4): 95-105.
- 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: 13-35.
- Grimm, E.C. 1991-2004. *Tilia, Tilia-Graph and TGView*. Springfield, Illinois State Museum. (<http://demeter.museum.state.il.us/pub/grimm/>)
- Guerrero, V.M. 1993. *Navíos y Navegantes en las rutas de Baleares durante la Prehistoria*. El Tall editorial, Palma de Mallorca.
- Guerrero, V.M. 1998. *La Mallorca Prehistòrica. Des dels inicis al Bronze Final*. El Tall Editorial, Palma de Mallorca.
- Nilsson, S. y Praglowski, J. (Eds.) 1992. *Erdtman's Handbook of Palynology*, Munksgaard. Copenhagen.
- Pérez Obiol, R. y Julià, R. 1994. Climatic Change on the Iberian Peninsula Recorded in a 30,000-Yr Pollen Record from Lake Banyoles. *Quaternary Research* 41: 91-98.
- Pantaleón-Cano, J., Roure, J.M., Yll, E.I. y Pérez Obiol, R. 1996. Dinámica del paisaje vegetal durante el Neolítico en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica e islas Baleares. *Rubricatum* 1 (1): 29-34.
- Postigo, J.M. 2003. *Contribución al conocimiento de la vegetación pleistocena de la Península Ibérica. Estudio paleobotánico de macrorrestos vegetales fósiles*. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid. Inédita.
- Renault-Miskovsky, J., Bui-Thi-mai y Girard, M. 1984. À propos de l'indigenat ou de l'introduction de Juglans et Platanus dans l'ouest de l'Europe au Quaternaire. *Rev. de Paléobiologie*, vol. spécial: 155-178.
- Rodríguez Cruz, A. 2005. *Conreus i alimentació durant la Prehistòria Recent. Paleocarpologia de la Cueva de El Mirador (Sierra de Atapuerca, Burgos)*. Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- Szibor, R., Schubert, C., Schöning, R., Krause, D. y Wendt, U. 1998. Pollen analysis reveals murder season. *Nature* 395: 449-450.
- Verrecchia, E., Yair, A., Ribier, J., Kidron, G. y Rolko, K. 1993. Le rôle des Cyanobactéries (Cyanophyta, Cyanobacteria) dans la fixation des sols sableux désertiques: approche d'un cas dans le désert du Néguev (région de Nizzana, Israël). *Palynosciences* 2: 255-266.
- Yll, E.I., Pérez-Obiol, R. y Julià, R. 1994. Vegetational change in the Balearic Islands (Spain) during the Holocene. *Historical Biology* 9: 83-89.
- Yll, E.I., Pérez Obiol, R., Cano, J.P. y Roure, J.M. 1995. Dinámica del paisaje vegetal en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica e islas Baleares desde el Tardiglacial hasta el presente. En: *Reconstrucción de Paleoambientes y cambios climáticos durante el Cuaternario*: 3 (eds. Aleixandre, T. y Pérez González, A), pp. 319-328, Centro de Ciencias Medioambientales. CSIC, Madrid.
- Yll, E.I., Pérez-Obiol, R., Pantaleón Cano, J. y Roure, J.M. 1997. Palynological Evidence for Climatic Change and Human Activity during the Holocene on Minorca (Balearic Islands). *Quaternary Research* 48: 339-347.