

LA PALEOBOTÁNICA: UNA HERRAMIENTA IMPRESCINDIBLE EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

THE PALEOBOTANY: A PREFERRED TOOL ON THE EARTH SCIENCES TEACHING

M.T. Fernández Marrón, M.D. Gil Cid y J.F. Fonollá Ocete

Departamento/UEI de Paleontología. Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM)/
Facultad de CC. Geológicas (UCM). C/ José Antonio Novais, 2 .28040 Madrid
emarron@geo.ucm.es; gilcid@geo.ucm.es; fonolla@geo.ucm.es

RESUMEN

Los restos vegetales constituyen unos documentos de origen biótico muy interesantes ya que tienen un registro fósil muy amplio, desde los ambientes marinos del Precámbrico llegando hasta la actualidad. Las plantas fósiles son de un enorme valor para conocer la historia de la Vida en la Tierra lo más completa posible. El binomio animales-plantas no es posible separarlo en las actividades didácticas de las Ciencias de la Tierra si se pretende una imagen real y coherente de cada paso en la historia de nuestro Planeta.

Palabras clave: Paleobotánica, palinología, paleontología vegetal, eras florísticas.

ABSTRACT

The plant remains are a very interesting biotic document owing to the wide fossil record since the Precambrian time until now allowing to know the live history in the earth. The animals-plant relationship is necessary for have a true image of the past times and consequently is a very important tool on the educational activities in earth sciences.

Keywords: *Palaeobotany, Palynology, Fossil Plants, Floristic Eras.*

INTRODUCCIÓN

La Paleobotánica es una de las ramas de la Paleontología que trata del estudio de los fósiles vegetales, su evolución y relaciones con el medio que le rodea. Así, la Paleobotánica abarca no sólo estudios sobre la biología de las plantas de épocas pasadas sino también sobre el medio ambiente en el que vivían las comunidades vegetales, las relaciones con sus depredadores, cómo evolucionaron y cuáles eran sus condiciones de preservación. También, la diversidad de las asociaciones vegetales en distintas latitudes

geográficas del pasado ayuda a conocer la situación de los continentes en ese momento y el clima imperante. Sin embargo, comprende dos disciplinas por la metodología de trabajo. Una es la Paleobotánica propiamente dicha y que se ocupa del estudio de los restos vegetales visibles a simple vista (macrorrestos) como son las hojas, ramas, troncos, flores, frutos, etc.). La otra disciplina es la Paleopalínología que estudia los palinomorfos fósiles (polen, esporas, restos cuticulares, algares, organismos planctónicos como quistes de Dinoflagelados, cámaras internas de microforaminíferos) y forma parte de la Micropaleontología.

Un fósil vegetal es una parte o en raras ocasiones una planta completa, que vivió en tiempos geológicos pasados y que se ha conservado mediante un proceso físico-químico llamado fosilización. La manera de conservarse está en función de la trayectoria que ha seguido el individuo desde su muerte hasta que ha sido recolectado.

Hay ciertos minerales que cristalizan dando lugar a unas figuras que asemejan a restos vegetales (pseudofósiles). Un ejemplo son las dendritas de pirolusita (óxido de manganeso).

- Impresiones y compresiones. Se dan cuando las partes planas de los vegetales, como las hojas, dejan su huella en los sedimentos. Si las hojas se conservan en el sedimento tendremos una compresión que muchas veces puede que quede preservada la materia orgánica sin transformarse y se puede conservar la cutícula que cubre la epidermis de la hoja, ya que es una sustancia cérea muy resistente a los procesos de alteración, como la carbonización.
- Moldes y contramoldes. Ocurren cuando las partes con más volumen, como los troncos, se entierran en el sedimento. Si la materia orgánica se destruye, el molde lo constituirá el hueco dejado por el árbol. Si este hueco se rellena de sedimento se forma un contramolde.
- Permineralizaciones. Se dan cuando los tejidos vegetales se han impregnado de sustancias minerales como sílice o carbonato cálcico. Normalmente, se impregnan las células después de la destrucción de su contenido conservándose las paredes. Un ejemplo clásico son los troncos silicificados o "xilópalos".

Debido a que la vida vegetal ha evolucionado a un "ritmo" distinto que el reino animal, se ha establecido una escala temporal propia (Tabla 1).

DIVISIÓN ESTRATIGRÁFICA		ERAS FLORÍSTICAS
ERAS	SISTEMAS	
CUATERNARIA	HOLOCENO PLEISTOCENO	NEOFÍTICA (ANGIOSPERMAS)
TERCIARIA	NEÓGENO PALEÓGENO CRETÁCICO	
SECUNDARIA	JURÁSICO TRIÁSICO	
PRIMARIA	PÉRMICO CARBONÍFERO	PALEOFÍTICA
	DEVÓNICO SILÚRICO ORDOVÍCICO CÁMBRICO	
ARCAICA	PRECÁMBRICO	ARQUEOFÍTICA

Tabla 1. Basado en C. Álvarez Ramis (2002).

ERA FLORÍSTICA ARQUEOFÍTICA

Es en el Precámbrico donde encontramos en el registro fósil, los primeros indicios de la vida que surgió en el planeta.

Monera, sin núcleo celular (procariota).

Bacteria, se han encontrado registros fósiles de bacterias en rocas terrestres con una antigüedad de aproximadamente 3.500 millones de años.

Cianobacteria (cianofitas) emparentadas con las bacterias, destacan los estromatolitos, importantes organismos formadores de rocas durante este periodo.

- Los estromatolitos son, por definición, estructuras organo-sedimentarias laminadas (principalmente de CaCO_3) adheridas al sustrato, producto de la actividad metabólica de microorganismos (principalmente cianobacterias o algas cianoprocariontas), aunque también las clorófitas participan en la precipitación de carbonatos. La variedad orgánica dependerá del tipo de ambiente en que estén creciendo: hipersalino, dulceacuícola, intermareal, submareal, etc. Son estructuras rocosas y porosas, de superficie rugosa-gelatinosa, producto de las secreciones mucilaginosas.
- Sobre la superficie van creciendo las algas, al tiempo en que se precipitan carbonatos y son atrapados sedimentos, que con el paso del tiempo se consolidarán como roca. De esta manera la estructura aumenta en tamaño, vertical y/u horizontalmente

Los organismos de esta Era florística se caracterizan por los siguientes aspectos:

1. La evidencia de vida más antigua que se conoce en la Tierra.
2. Organismos que han mantenido hasta la actualidad su línea evolutiva
3. Los primeros recicladores del carbono.
4. Los primeros oxigenadores de la atmósfera.
5. Los primeros formadores de estructuras arrecifales.

ERA FLORÍSTICA: PALEOFÍTICA

En la transición a este periodo las plantas comienzan a penetrar en tierra firme, convirtiéndose en plantas vasculares (Cormofitas). Poseían una raíz para absorber los nutrientes, un tejido de sostén y brotes, ocupados en la asimilación. Aparecen en el Silúrico, teniendo una vida anfibia, levantando sus brotes por encima del agua.

El método de reproducción que utilizaba este tipo de plantas fue el de la propagación por esporas. Como representantes de este grupo encontramos a las Psilofitas, que manteniendo sumergidas sus raíces, elevaban sus brotes sobre la superficie del agua. Estos brotes eran una simple rama cubierta de micrófilas (hojas pequeñas), lo que les daba un aspecto escamoso (Fig. 1).

Otro representante de importancia son los Licófitos, descendientes de los Psilófitos. En éstos las hojas micrófilas son reemplazadas por macrófilas, que permitían una mejor absorción de la humedad, proporcionando a la planta una mayor independencia del medio acuático, lo que les permitió comenzar a internarse en tierra firme (Fig. 2)

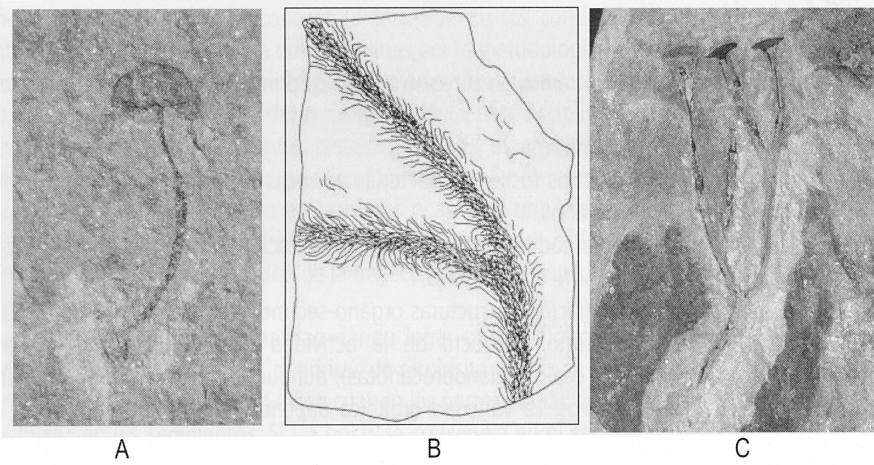


Figura 1. Ejemplos típicos de la flora de Rhynia Chert. (Tomado de Google).
A: *Cooksonia*, B: *Baragwanathia* y C: *Cooksonia* con tres esporangios. Silúrico.

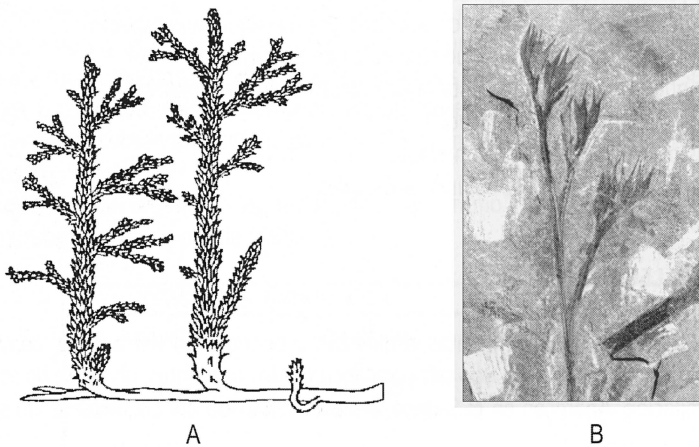


Figura 2. A: *Asteroxylon*. Devónico. B: *Moresnetia*. Devónico.

La conquista de la Tierra por los vegetales ocurrió hace unos 420 millones de años, hacia finales del Periodo Silúrico (435-408 m.a.). Con anterioridad, los vegetales marinos habían ido conquistando las zonas costeras intermareales. El cambio del medio marino al continental obligó a los vegetales a adaptarse a un medio menos denso, con fuerte radiación solar y, por tanto, también con la posibilidad de la deshidratación. Los primeros vegetales terrestres desarrollaron una capa protectora contra la desecación, la cutícula.

ERA FLORÍSTICA: MESOFÍTICA

Una vez que las plantas conquistaron definitivamente la tierra firme se produjo un explosivo incremento en la vida vegetal, apareciendo una gran diversidad de especies y en gran abundancia; a este periodo se le denomina Mesofítico. Durante esta era florística se desarrollaron especies de Licopodios de gran porte que llegaron a alcanzar alturas de hasta 40 metros y diámetros de hasta 2 metros, cuyos principales representantes son *Lepidodendron* y *Sigillaria*.

Una de las adaptaciones más exitosas que sufrieron las plantas durante este periodo fue el desarrollo de los primeros tipos de hoja, que eran muy simples pero comparativamente superiores a los macrófilos de sus predecesores.

Otro tipo de plantas que aparecen durante este periodo son Equisetales de tallo articulado (*Calamites*) y donde surgen ramificaciones secundarias con hojas desde los nudos. Estas hojas forman verticilos planos (*Annularia*) o con los ápices de las hojas dirigidos hacia la parte superior de la rama (*Asterophyllites*).

También en este periodo son muy frecuentes los restos de Filicófitas que comprenden a los verdaderos helechos (Pteridófitas) y a otras plantas con follaje de helecho, pero con semillas en sus fructificaciones (Pteridospermas) (Fig. 3).

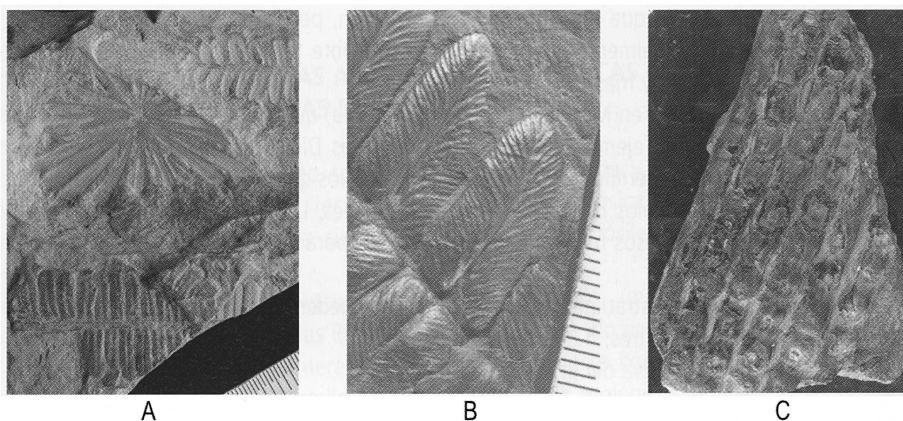
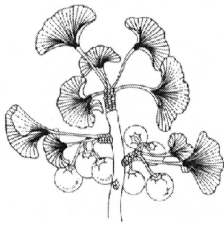


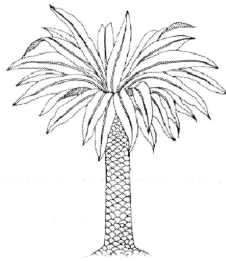
Figura 3. A: *Annularia* y *Pecopteris*. B: *Neuropteris*. C: *Sigillaria*. A,B y C: Carbonífero.

A comienzos del Triásico, las Espermafitas (reproducción por medio de semillas) inician su dominio de los ecosistemas a través de la clase Gimnospermas, cuya reproducción es mediante semillas desnudas.

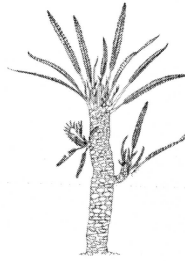
De éstas destacan entre otras plantas las Ginkgoales que fueron muy abundantes en el Mesozoico y cuyo único representante actual es *Ginkgo biloba*, Cicadales y Bennetiales (plantas con aspecto de palmera, con troncos globosos, coronados en un gran penacho de hojas) y las Coníferas que incluyen Araucarias, Abetos, Pinos, Cipreses, *Taxodium*, etc.



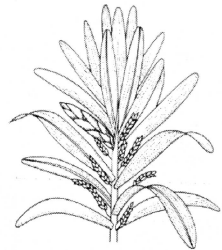
Ginkgo biloba



Cicadales



Bennetitales



Cordaitales

ERA FLORÍSTICA: NEOFÍTICA.

Si bien se sabe que existían desde antes, es a partir del Cretácico cuando las condiciones se hacen propicias para que las plantas Angiospermas (cuya reproducción es por semillas cubiertas) inicien su diversificación y logren su máximo desarrollo en el Cenozoico reemplazando a las Gimnospermas en la mayoría de los ecosistemas sin que eso signifique su extinción, pero sí un descenso importante en la diversidad. A pesar de ello actualmente las Gimnospermas y sobre todo las Coníferas forman extensos bosques en regiones templadas y frías.

Las Angiospermas se dividen en Monocotiledóneas (Liliopsida) que son aquellas en que su semilla no se divide al germinar como por ejemplo las Palmáceas, y en las Dicotiledóneas (Magnoliopsida) en las cuales su semilla sí se divide al germinar. Los restos foliares son los que más frecuentemente aparecen en los sedimentos con hojas o foliolos de Abedules, Encinas, Sauces, Laureles, Nogales, Castaños, etc. En algunos yacimientos hay numerosos frutos y de manera más esporádica pueden aparecer flores, semillas aladas, etc.

De acuerdo con el registro estratigráfico y filogenético se pueden identificar tres eventos mayores en la evolución de las plantas terrestres:

- a) Devónico: conquista masiva del ambiente terrestre.
- b) Carbonífero y Pérmico: Diversificación de taxones, en especial en ambientes pantanosos (ejemplo licópsidas, equisetópsidas), origen de los yacimientos de carbón más extensos del Hemisferio Norte.
- c) Cretácico: origen y diversificación de las angiospermas.

Uno de los rasgos evolutivos más significativos en la evolución de los vegetales fue la aparición de la semilla. Las primeras plantas con semilla se conocen en el Devónico terminal. Desde finales del Carbonífero las gimnospermas comenzaron a ser abundantes en las floras mundiales. Los antecedentes de las modernas plantas terrestres quedaron establecidos en el Cretácico final y su historia en el Cenozoico ha sido interpretada como una continuación de las tendencias evolutivas que se iniciaron a finales del Mesozoico. Casi todas las familias actuales de angiospermas ya existían en el Mioceno en el que tuvo lugar la difusión mundial de las gramíneas (monocotiledóneas) asociada con un clima de aridez creciente.

ASPECTOS PALEOCLIMÁTICOS

Las Angiospermas son indicadoras de gran fiabilidad de las condiciones climáticas de los ecosistemas terrestres que pueblan, ya que al estar fijas al sustrato son de los seres vivos los que menos pueden escapar de las influencias directas del clima constituyendo una formidable herramienta para estimar las temperaturas, patrones de lluvia y medidas de estacionalidad en el pasado en función del principio del actualismo.

Algunos de los criterios considerados para evaluar la temperatura y la humedad ambiente a través de las características de las hojas son:

- a) Tamaño de la hoja: grande en bosques tropicales lluviosos; más pequeña a medida que disminuyen la temperatura y humedad.
- b) Margen de la hoja: generalmente entero o liso en áreas tropicales; dentado en áreas templadas. En el caso de restos de troncos son interesantes:
- c) Anillos de crecimiento. En ambientes de elevada estacionalidad climática la madera crece rápidamente en la estación cálida o húmeda, y el crecimiento disminuye o se detiene cuando las condiciones ambientales son frías y/o secas. Por otra parte, la variación en el grosor de los anillos indica el grado de estacionalidad.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS APLICACIONES DIDÁCTICAS DE LA PALEOBOTÁNICA EN LAS ENSEÑANZAS DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Para transmitir el conocimiento sobre la Historia de la Tierra y la evolución de los organismos es necesario que los estudiantes reciban una información básica no solo paleozoológica, que es tradicionalmente la más difundida, sino también de las plantas fósiles para completar el conocimiento de las biotas del pasado.

Sería conveniente que los estudiante reciban, al menos, una información de las plantas más representativas de cada una de las Eras florísticas y cómo ha ido evolucionando el paisaje vegetal hasta nuestros días. También sería interesante poner de manifiesto cómo ese cambio en las asociaciones florísticas ha influido en el desarrollo o extinción de grupos zoológicos. Además, el conocimiento de las asociaciones vegetales a través de los tiempos geológicos nos orienta sobre los cambios climáticos acaecidos a lo largo de la Historia geológica.

Si no se dispone de una colección básica de plantas fósiles de las distintas Eras que ilustren la evolución de la flora se puede suplir con presentaciones de "PowerPoint", ya que el conocimiento del papel que desarrollaron las plantas en la historia de la Tierra es esencial en la formación de los estudiantes en un contexto actual y moderno.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Ramis, C. (1984). La biometría foliar en la determinación de paleoclimas terciarios. *Libro Jubilar de J.M. Ríos*. T.III IGME. Madrid: 137-145.
- Alvarez Ramis, C. (2002). Historia de la Paleontología vegetal. *In: Zona Arqueológica. Miscelanea. Paleontología. In homenaje a E. Aguirre Vol. II. Paleontología. Museo Arqueológico Regional. Alcalá de Henares: 56- 72.*
- Carrión, J.S. (2003). *Evolución vegetal*. DM. Murcia , 497 pp.

- Jansonius, J. & McGregor, D.C. (Edit). (2002). *Palynology: Principles and applications*. American association of Stratigraphic Palynologist Foundation. Vols. 1,2,3.
- Kenrich, P. & Davis, P. (2004). *Fossil Plants*. Natural History Museum. London. 215 pp.
- Taylor, T. & Taylor, E.L. (1993). *The Biology and Evolution of fossil Plants*. Prentice-Hall. New Jersey. 982 pp.
- Teixeira, C. y Pais, J. (1976). *Introdução à Paleobotânica as grandes fases da Evolução dos vegetais*. Livraria Cruz. Lisboa. 211 pp.