APUNTES DE MICROPALEONTOLOGÍA VEGETAL

Guión

Acritarcos

Quitinozoos

Bacillariophyta (2)

Radiolarios

Dinoflagelados

Chlorophyceae (3)

Esporas y Prepólenes

Evolución a lo largo de la Historia Geológica

Elaborados por: ©Antonia Andrade Olalla

Estos apuntes sobre Micropaleontología Vegetal fueron elaborados para la impartición de parte de una asignatura con la denominación "Micropaleontología". Según esto, aquí se ofrece una visión de aquellos microfósiles considerados vegetales y que se estudian desde la Paleopalinología, ciencia que estudia, en general, las esporas y pólenes fósiles a través de la Historia Geológica.

Como creo que pueden ser más útiles ponerlos en la red que guardarlos en el disco duro del ordenador, aquí están, para que todo el que lo desee los consulte o se los descargue, salvo posibles errores u omisiones que sean detectados, agradeciendo de antemano su comunicación.

Los objetivos de estos apuntes son:

- Conocer los distintos grupos de microfósiles.
- Aprender métodos y técnicas de muestreo, procesado, preparación y observación de los distintos grupos de microfósiles.
- Adquirir conocimientos sobre las posibilidades bioestratigráficas de los diferentes grupos de microfósiles, en materiales de diferentes edades y en distintos ambientes de depósito.
- Reconocer los marcadores bioestratigráficos más característicos para cada edad y grupo considerado.
- Obtener y analizar la información paleoecológica que proporcionan los grupos y taxones registrados.

ACRITARCOS

La palabra acritarco significa "de origen incierto". Definidos por Evitt en 1.963 como una categoría "cajón de sastre", sin status como clase, orden u otra unidad supragenérica, en su publicación:

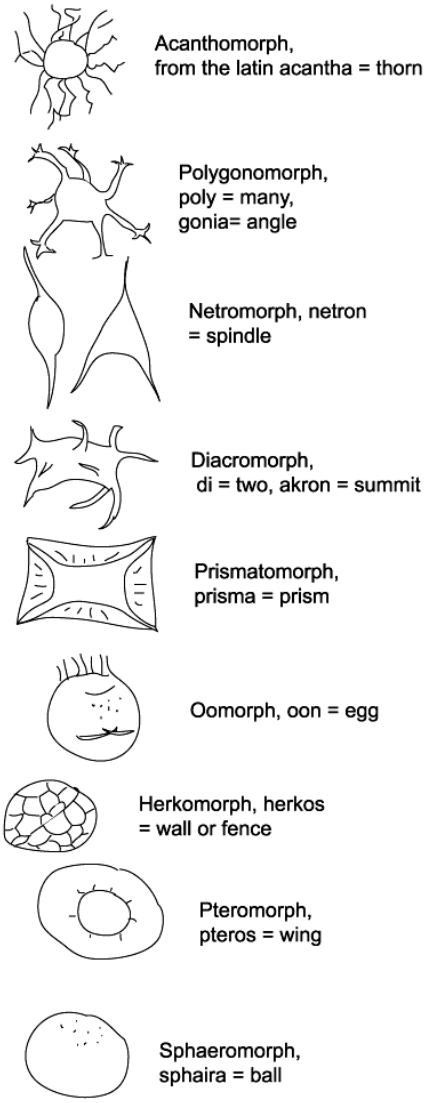
EVITT, W. R. 1963. A discussion and proposals concerning fossil dinoflagellates, hystrichospheres and acritarchs - I, II. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences of the United States of America*, **49**: 158-164, 298-302.

El grupo incluye pequeños microfósiles (entre 20 y 150 micras) de pared orgánica y afinidades biológicas variadas pero desconocidas.

Consisten en una cavidad central encerrada por una pared de capa única o múltiple, pero sobre todo de composición orgánica, resistente a los ácidos.

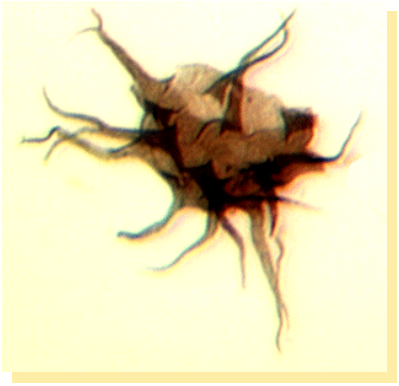
Poseen formas y ornamentación muy variadas, que oscilan desde los que se parecen a los dinoflagelados a aquellos semejantes a Quitinozoos. Se piensa que tengan afinidades con algas, probablemente como estructuras de resistencia de algas eucariotas planctónicas.

Se utilizan como indicadores biostratigráficos y paleoambientales, principalmente en estudios estratigráficos de sedimentos marinos proterozoicos y paleozoicos (540 – 120 m.a.).



Clasificación morfológica
de los grupos de acritarcos

Muy resistentes al procedimiento de laboratorio usado en Palinología, aunque su composición sea desconocida.



Preferencias ecológicas: facies relacionadas con su abundancia en sedimentos cercanos a la línea de costa.

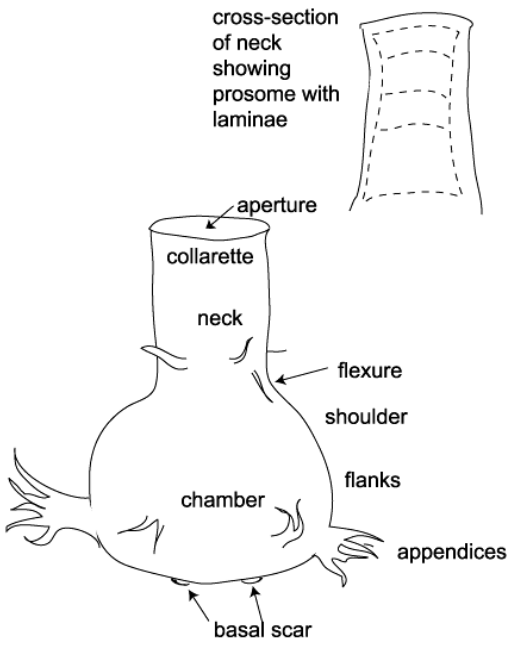
Para saber más:

http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/acritarch.html#classif

http://www.geo.arizona.edu/palynology/index.html

QUITINOZOOS

Los Quitinozoos son microfósiles exclusivamente marinos, distribuidos a nivel global, extinguidos y con afinidad incierta, como los acritarcos. Han sido asignados a protozoos, metazoos, protistas y hongos, aunque la hipótesis más extendida es que sean huevos de metazoos, en base a su forma.

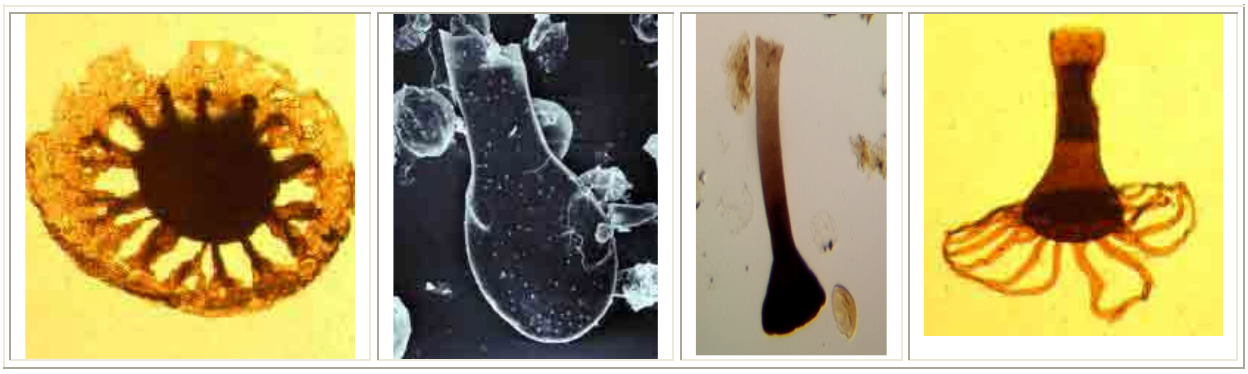


Terminología utilizada en la descripción de los quitinozoos

Forma general: similar a un matraz, de entre 50 y 2000 micras. Aparecen individualmente o en cadenas, con cierta ornamentación y apéndices basales.

Rango estratigráfico: Cámbrico superior al Devónico (510 – 300 m. a.). Son importantes marcadores estratigráficos del Paleozoico.

Usualmente, se asume que son restos de animales. Eisenack, en 1.931 pensó que sus paredes eran quitinosas, de ahí su nombre, aunque actualmente están compuestos de material pseudoquitinoso.



Para saber más:

http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/acritarch.html#classif

http://www.carleton.ca/Museum/2001_chitinozoa_ms/index.html

BACILLARIOPHYTA (DIATOMEAS)

Este grupo incluye algas unicelulares, raramente terrestres, a veces denominadas *Chrysophyta*. Se encuentran entre los más importantes microorganismos acuáticos, formando parte del fitoplancton: extremadamente abundante en el plancton y en sedimentos de ecosistemas marinos y de agua dulce. Poseen una cubierta silícea, denominada frústula, que puede resistir durante mucho tiempo en el sedimento. Pueden presentar una ornamentación geométrica variada en la cubierta, en forma de líneas y puntos.

No todas las diatomeas flotan libremente; algunas se desplazan sobre superficies, como las de plantas acuáticas, moluscos, crustáceos o tortugas. Son fotosintéticas, con cloroplastos de color amarillo y son una importante fuente de alimentos para los organismos marinos.

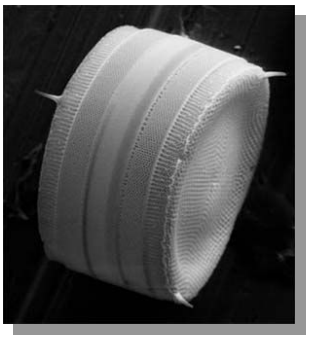
Las diatomeas poseen un extenso registro fósil, que comienza en el Cretácico; algunas rocas están formadas exclusivamente por sus restos fósiles y se las conoce como *diatomitas* o *tierra de diatomeas*. Estos depósitos son explotados comercialmente como abrasivos o filtros. El análisis de las diatomeas fósiles puede proporcionar abundante información acerca de las condiciones ambientales del pasado.

Se dividen en Centrales, o Centrobacillariophyceae, de simetría radial y en Pennales o Pennatibacillariophyceae, de simetría bilateral. Los miembros de ambas clases se pueden encontrar en agua dulce o salada, aunque las formas centrales tienden a predominar en ambientes marinos y las pennales, en ambientes de agua dulce.

Para consultar enlaces acerca de las diatomeas:
http://dmoz.org/Science/Biology/Flora_and_Fauna/Protista/Bacillariophyta/
http://cabfst28.cnea.gov.ar/~zanette/micro/diatomeas/

BACILLARIOPHYTA (DIATOMEAS) II

Estructura de la frústula

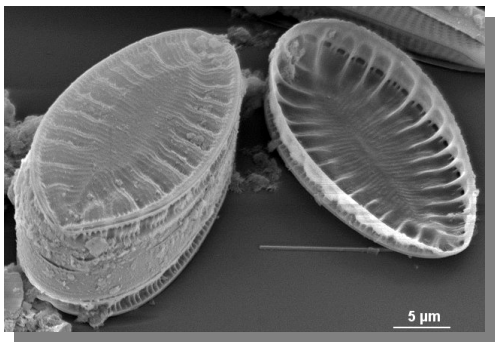


- Las células pueden poseer simetría bilateral o radial (Órdenes Pennales o Centrales).
- La frústula está compuesta por dos mitades o valvas:
  - epivalva, más grande o epiteca
  - hipovalva, más pequeña o hipoteca
  - entre las valvas se encuentra el cíngulo, subdividido en dos partes superpuestas.
- El cíngulo puede ser simple, de dos piezas, o compuesto, con piezas adicionales o bandas intercalares, que son elementos de material de la pared próximos a la valva

Ornamentación de la frústula

Elevaciones: áreas elevadas de la valva que no se proyectan más allá del margen de la valva (*Bidulphia*, *Triceratium*).

Borde marginal: continuo o discontinuo, en *Skeletonema* consisten en espinas que contactan con las células adyacentes y forman filamentos.



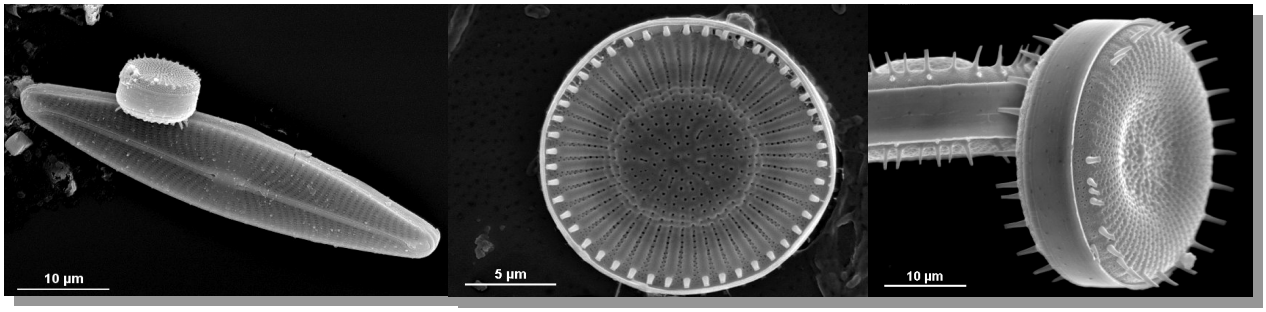
Areolas: poros o cámaras (lóculos) en el estrato de sílice.

Estrías: areolas ordenadas en filas.

Forámenes: las perforaciones que conectan un lóculo con otro.

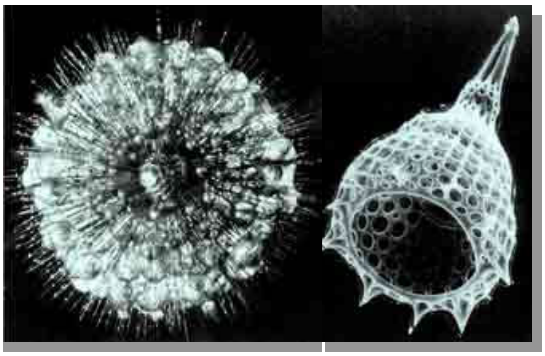
Costae: áreas engrosadas, de sílice, como costillas transversales.

Rafe: fisura o apertura a lo largo del eje apical, generalmente en la epivalva o hipovalva, aparece en las móviles.



Fotos de: http://141.84.65.132/LFW-Phycology/Collections/Icones/SEM-Photographs/Diatoms.cfm

RADIOLARIOS

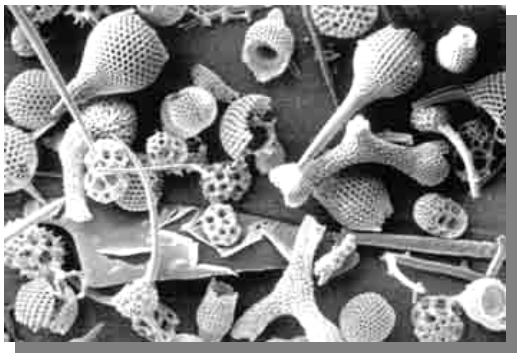


Son protistas planctónicos exclusivamente marinos. Pueden tener hasta varios milímetros de diámetro.

Esqueletos complejos, de simetría radial o bilateral. La mayoría no son móviles.

Muchos poseen espinas que se extienden desde el cuerpo principal, incrementando la superficie, pero no en peso y su resistencia a caer en la columna de agua, también mediante gotas de aceite.

Forman parte importante de la cadena trófica marina. Son descomponedores y, al morir, sus esqueletos de sílice caen al fondo marino, donde se preservan muy bien, formando parte del sustrato.



Se conocen desde el Precámbrico, se cree que en ambientes de aguas marinas someras, dominando diferentes eras en formas variadas y cantidad. Se utilizan en la zonación geológica.

Algunas limolitas y calizas biogénicas están formadas por grandes depósitos de radiolarios del Mesozoico y Cenozoico temprano (250-65 m. a.). Los bloques de las pirámides de Egipto están llenos de radiolarios y foraminíferos.

Algunos son bioluminiscentes, capaces de producir luz internamente.

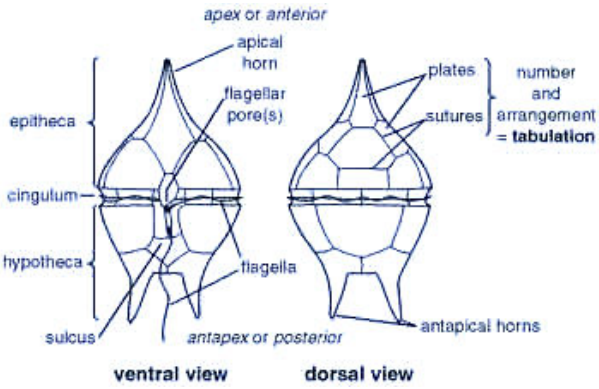
Para consultar: *http://www.radiolaria.org/*

http://biology.kenyon.edu/Microbial_Biorealm/eukaryotes/radiolaria/radiolaria.html

http://starcentral.mbl.edu/mv5d/portal/index.php?option=com_wrapper&Itemid=50

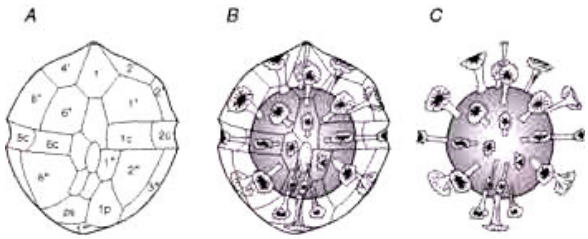
http://www.gns.cri.nz/what/earthhist/fossils/radiolarians/radiolarians.html

DINOFLAGELADOS (DIV. DINOFLAGELLATA)

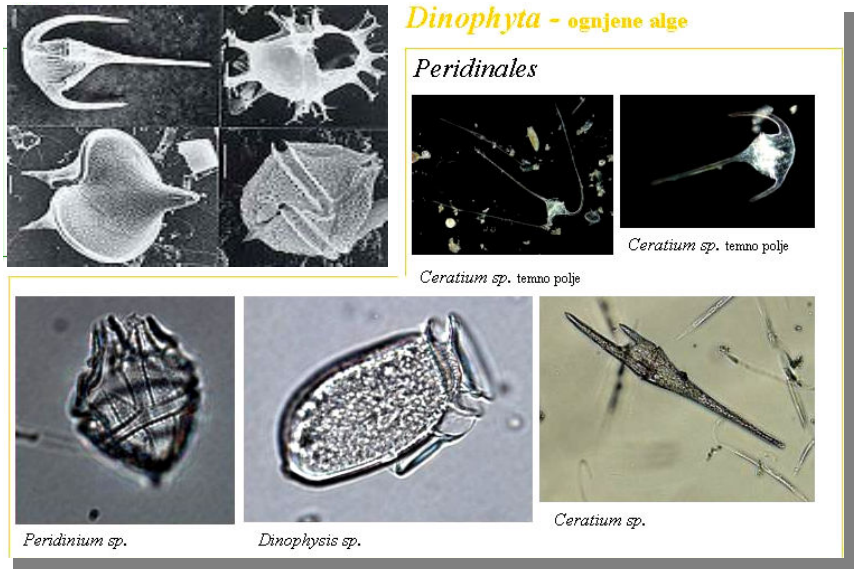


Protistas unicelulares de gran diversidad de formas, fotosintéticos y con gran impacto ambiental, sobre todo como fuente de alimento para otras especies.

Algunas especies pueden ser bioluminiscentes y otras son parásitos de peces u otros protistas.



En los cálidos meses de verano pueden causar las denominadas "mareas rojas", perturbando a muchas clases de vida marina por la producción de una neurotoxina que afecta a la función muscular, incluso al hombre, por consumo de peces enfermos.



Se conocen muchas formas fósiles (425 géneros y 2.000 especies), básicamente de los quistes de resistencia, llamados "histricosferas", no las formas activas.

Los dinoflagelados son buenos indicadores ambientales, al ser muy sensibles a los cambios de temperatura, salinidad y niveles de nutrientes.

Son conocidos desde el Precámbrico, aunque el primero bien conocido es *Arpylorus antiquus*, del Silúrico.

Sus histricosferas son consideradas como acritarcos, por su pared orgánica y formas esféricas con procesos.

Para consultar: http://www.reef.edu.au/asp_pages/secb.asp?FormNo=8
http://www.geo.ucalgary.ca/~macrae/palynology/dinoflagellates/dinoflagellates.html

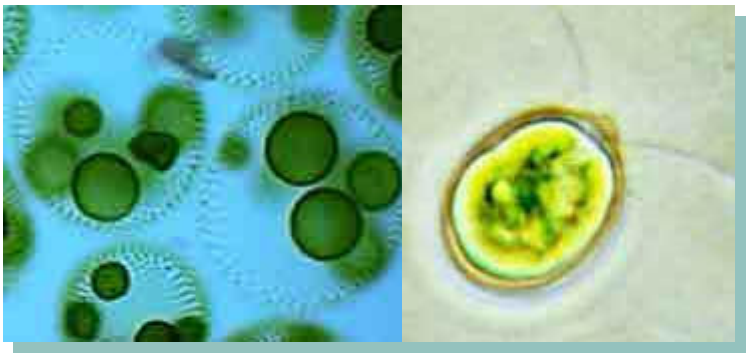
ALGAS VERDES (Clase CHLOROPHYCEAE)

La clase Chlorophyceae es el grupo de algas verdes dulceacuícolas. Abarca 350 géneros y unas 2.650 especies vivas aproximadamente, con una amplia variedad de formas libres de tipo unicelular, flageladas y no flageladas, colonias y filamentos.

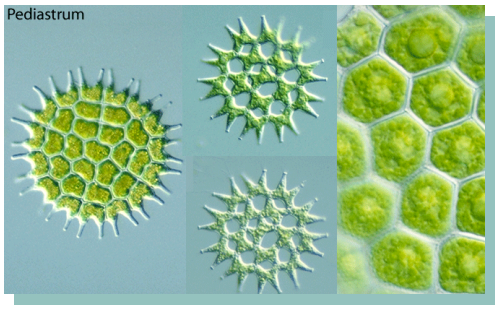
El sistema de reproducción también es variado: ciclo de vida haploide, en el que solo el cigoto es diploide. Éste a menudo actúa como una espora de resistencia, capaz de permanecer en estado latente en un ambiente desfavorable, como las épocas de aridez.

Las Chlorophyceae incluyen tres grandes grupos, en este caso con jerarquía de Orden, que se diferencian básicamente en su inserción flagelar:

Volvocales, Chaetophorales y Chlorococcales: suponen más de la mitad de las clorofíceas. Inserción flagelar, en posición horaria de 1 a 7 en punto.



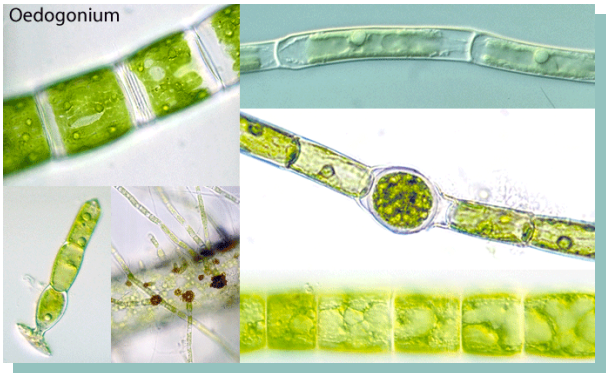
Drcha.: *Volvox* Izda.: *Chlamydomonas*



Chlorellales: orden con los flagelos en posiciones horarias opuestas, 12 – 6 en punto.

◂ *Pediastrum*

Oedogoniales: grupo pequeño, con una corona multiflagelar en las esporas libres. Filamentosos, oógamos y cloroplastos en forma de red.



Oedogonium ▸

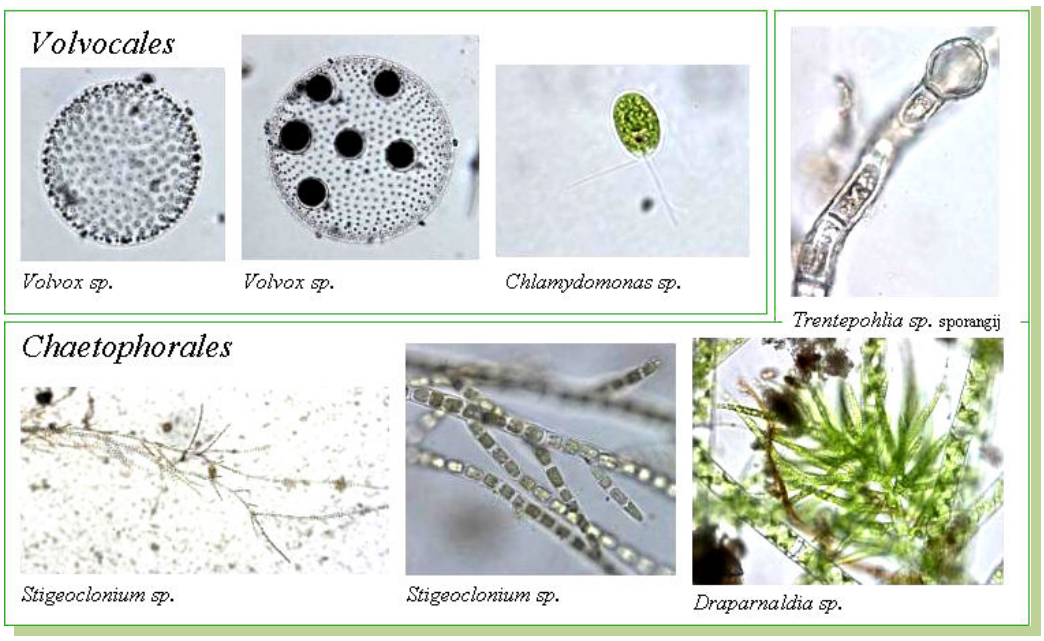
Fotos de *Pediastrum* y *Oedogonium* tomadas de:

http://www.rbgsyd.nsw.gov.au/information_about_plants/botanical_info/

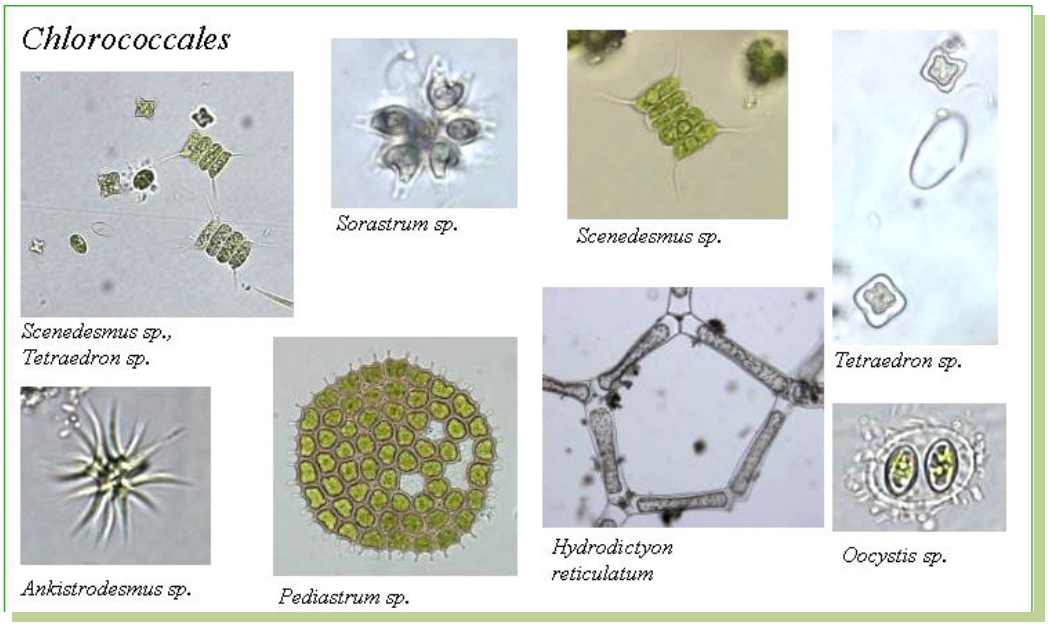
CLASIFICACIÓN ALGAS VERDES (CLASE CHLOROPHYCEAE)

Volvocales: células vegetativas móviles por 2-4 flagelos. Algunas son unicelulares y otras, coloniales.

Chaetophorales: filamentos ramificados, cenocíticos, gametos y zoosporas producidos en células vegetativas.

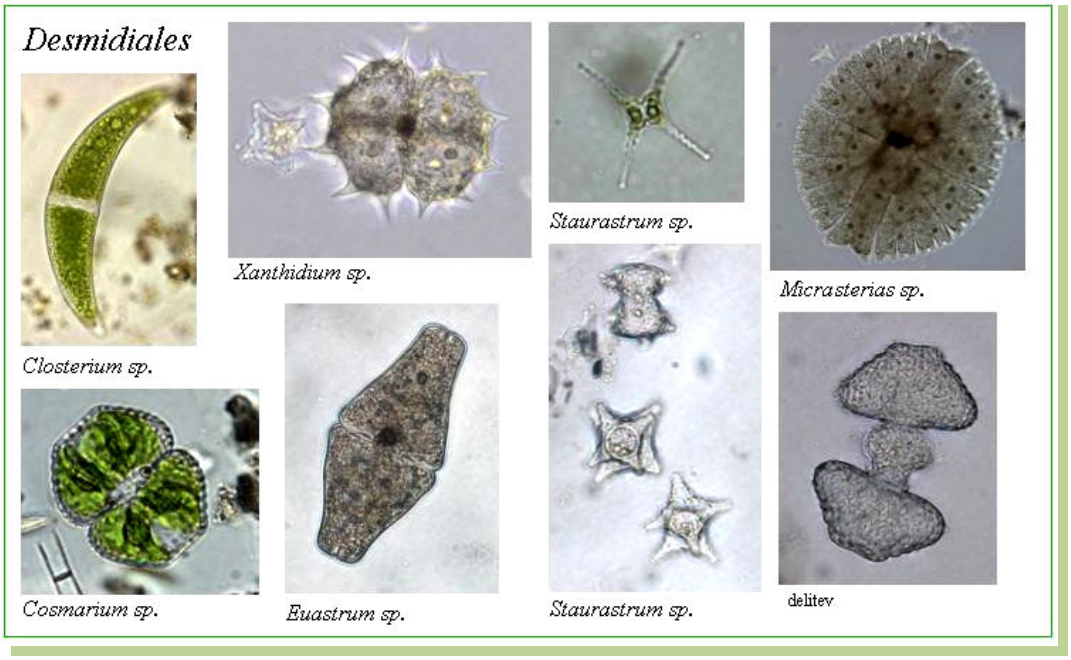


Tetrasporales y *Chlorococcales*: células tipo *Chlamydomonas.*

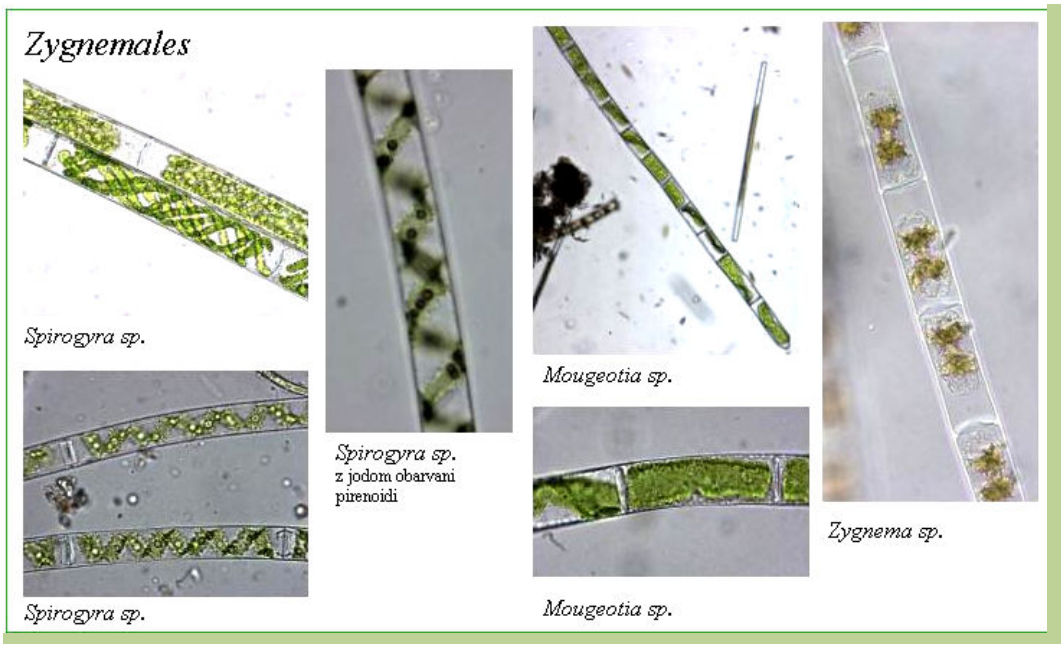


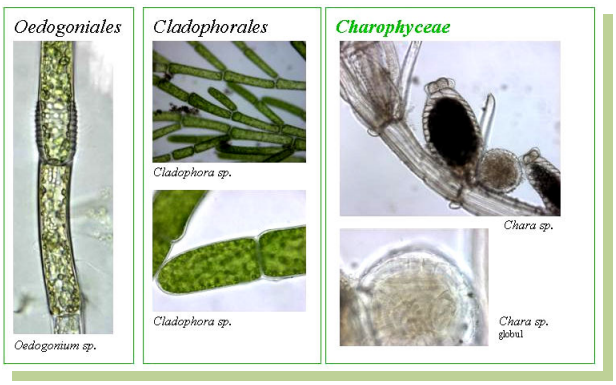
Dasycladales: un eje uninucleado con ramificación verticilada y simetría radial. *Acetabularia* ▸

Desmidiales: células con un plano de simetría.



Zygnematales: filamentosos o unicelulares, reproducción sexual por conjugación, gametos no flagelados o ameboides.





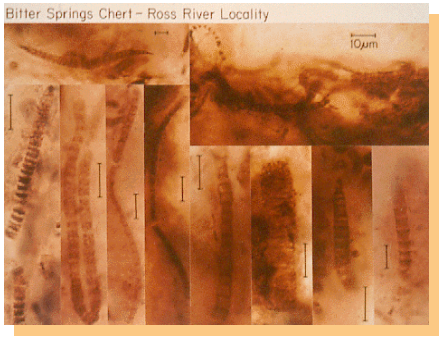
Ulvales: talos membranosos o tubulosos, con algunas células multinucleadas.

Charales: ramificadas, con fructificaciones en la inserción de las ramas.

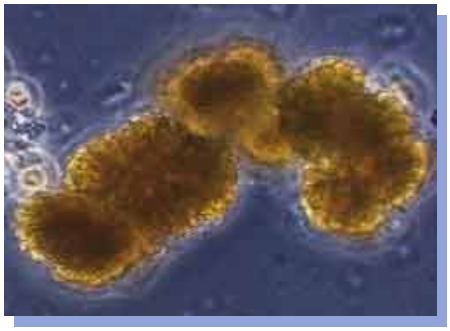
ALGAS VERDES (CHLOROPHYCEAE II): Registro fósil

Los primeros fósiles similares a clorofíceas aparecen en la Formación *Bitter Springs,* centro de Australia, Proterozoico. La preservación es insuficiente, pero se conocen otras algas multicelulares de esta época (Butterfield et al. 1988). *Micrococcales* ▸

Foto inferior derecha, fósiles de Bitter Springs Chert:
http://origines.snv.jussieu.fr/appr9.html



Devónico medio del estado de Nueva York (Baschnagel, 1966): *Paleooedogonium,* muy parecido al moderno *Oedogonium*. La presencia de éstos y otros fósiles de algas verdes de agua dulce sugiere que el grupo ya era muy diverso en esta época.



Fósiles del Terciario de clorofíceas modernas: *Scenedesmus* entre las Chlorellales (Fleming 1989), *Pediastrum* y ◂ *Botryococcus* (Gray 1960), así como *Tetraedon* (Goth et al. 1988). Probables componentes importantes de la formación de pizarras petrolíferas, como las del yacimiento de Messel en Alemania.

Nota: Las fotos de la primera parte de la clase Chlorophyceae están tomadas de:

http://www.ucmp.berkeley.edu/greenalgae/chlorophyceae.html

http://www.trilobita.de/others.htm#atracto1

Más información y fotos de la clasificación, tomadas de:

http://www.rbgsyd.nsw.gov.au/information_about_plants/botanical_info/australian_freshwater_algae2/algpic

http://botanika.biologija.org/slike/sistbot/index.php

http://home.manhattan.edu/~frances.cardillo/plants/protoc/chloroph.html

ESPORAS Y PREPÓLENES

Las primeras plantas que colonizan tierra firme fueron las algas verdes, hace aproximadamente unos 400 m. a. (Devónico Inf.). Desde entonces, se han adaptado muy bien a los nichos que ocupan.

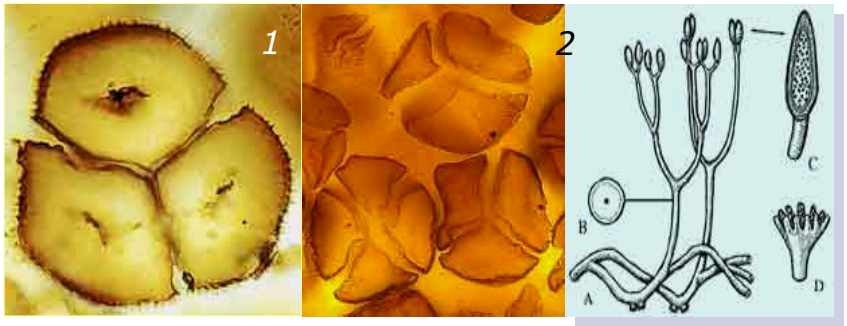
Los problemas a enfrentar para ello son:

- La desecación.
- Disponibilidad de agua para la fusión de los gametos.
- Sustentación del talo.
- Dispersión de las esporas por el aire para la colonización de hábitats terrestres.

Se comienza por una alternancia de generaciones isomórfica, es decir, de igual forma y, posteriormente, gametofito y esporofito comienzan a divergir, adaptándose las esporas a la dispersión aérea, pasando a una alternancia de generaciones heteromórfica.

EVOLUCIÓN DE ESPORAS Y PREPÓLENES

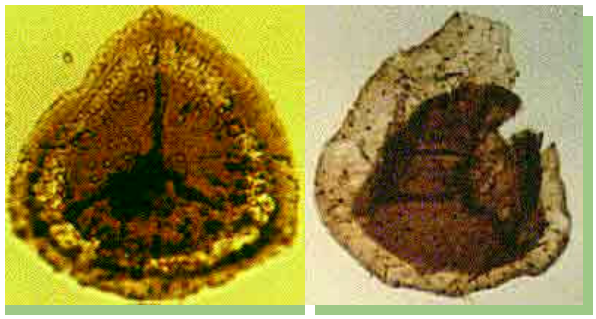
Silúrico tardío/Devónico: el género *Parka* es similar a un alga verde y de las primeras colonizadoras de tierra firme. Su posición sistemática no es todavía completamente conocida. Las imágenes muestran las esporas y el macrofósil de *Parka*:http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/library/steur/eng/park.html y http://www.xs4all.nl/~steurh/eng/parka.html



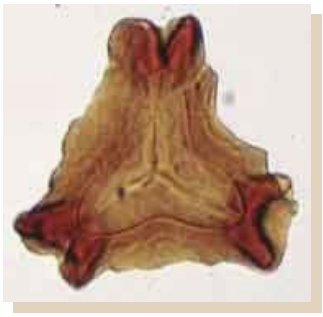
Devónico inferior: *Aglaophyton (1)*, procedente del yacimiento de Rhynie Chert, que muestra varios estadios de vida de las primeras plantas terrestres. Otros géneros importantes del yacimiento son *Rhynia* y *Horneophyton (2)*.

En la figura se muestran sus tétradas: http://www.palaeos.com/Plants/Rhyniophytes/Aglaophyton.html

- Devónico superior/Carbonífero inferior: la presencia de la microflora *Vallatisporites/Grandispora* caracteriza el supercontinente euramericano en esta época. Fotos tomadas de: http://www.shef.ac.uk/~cidmdp/cimpwgva.html



- Carbonífero: las esporas siguen conservando sus marcas trirradiadas, pero diversifican su ornamento, que corresponde a la gran diversidad vegetal de la época.



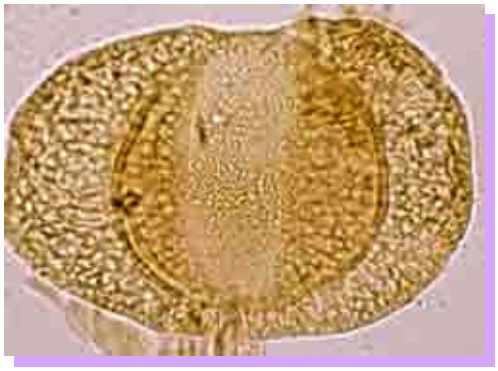
Protohaploxypinus limpidus *Strotersporites richteri*

- Carbonífero/Pérmico-Triásico: Aparecen los prepólenes, con 1 ó 2 sacos a los lados de un cuerpo central estriado. Apertura no visible. Podrían representar la aparición de las primeras gimnospermas, las extintas Pteridospermas, con hojas como los helechos, pero que producen semillas. Granos morfológicamente similares a los de *Glossopteris*, género que sirvió para establecer la paleogeografía de Gondwana. Al final del Pérmico aparecen más grupos de Gimnospermas, tales como las Cycadales, Ginkgoales y las Bennettitales.

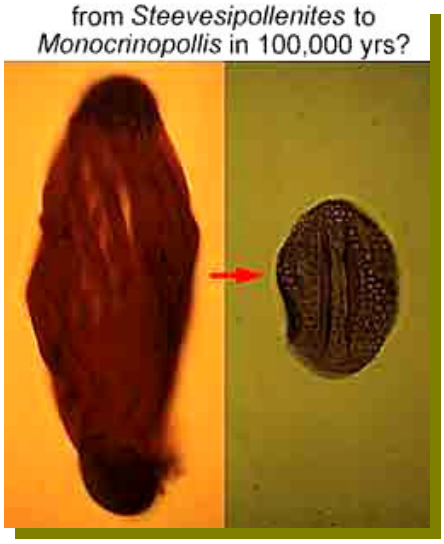
Otro ejemplo de Disaccites

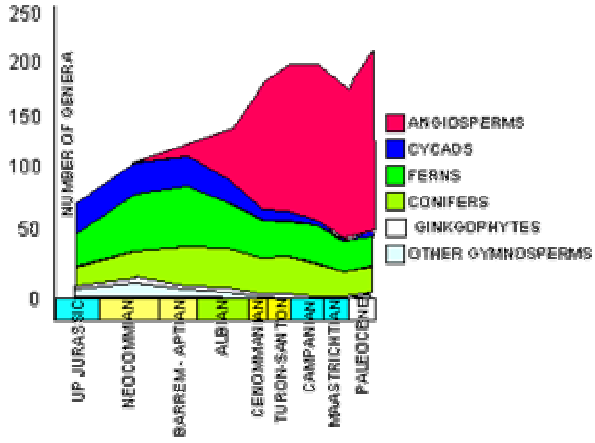
Esquema de *Glossopteris* tomado de:
http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/148/htm/sec_10.htm

- Triásico/Jurásico: Dominan ciertas familias de Coníferas, como Podocarpaceae, Cupressaceae y Pinaceae. Para esta época comienza a establecerse la evolución polínica del grupo de los *Crinopolles* (polen similar al del lirio), que podría explicar la aparición de los morfotipos más modernos de aperturas y ornamentación. En la foto, *Alisporites.*



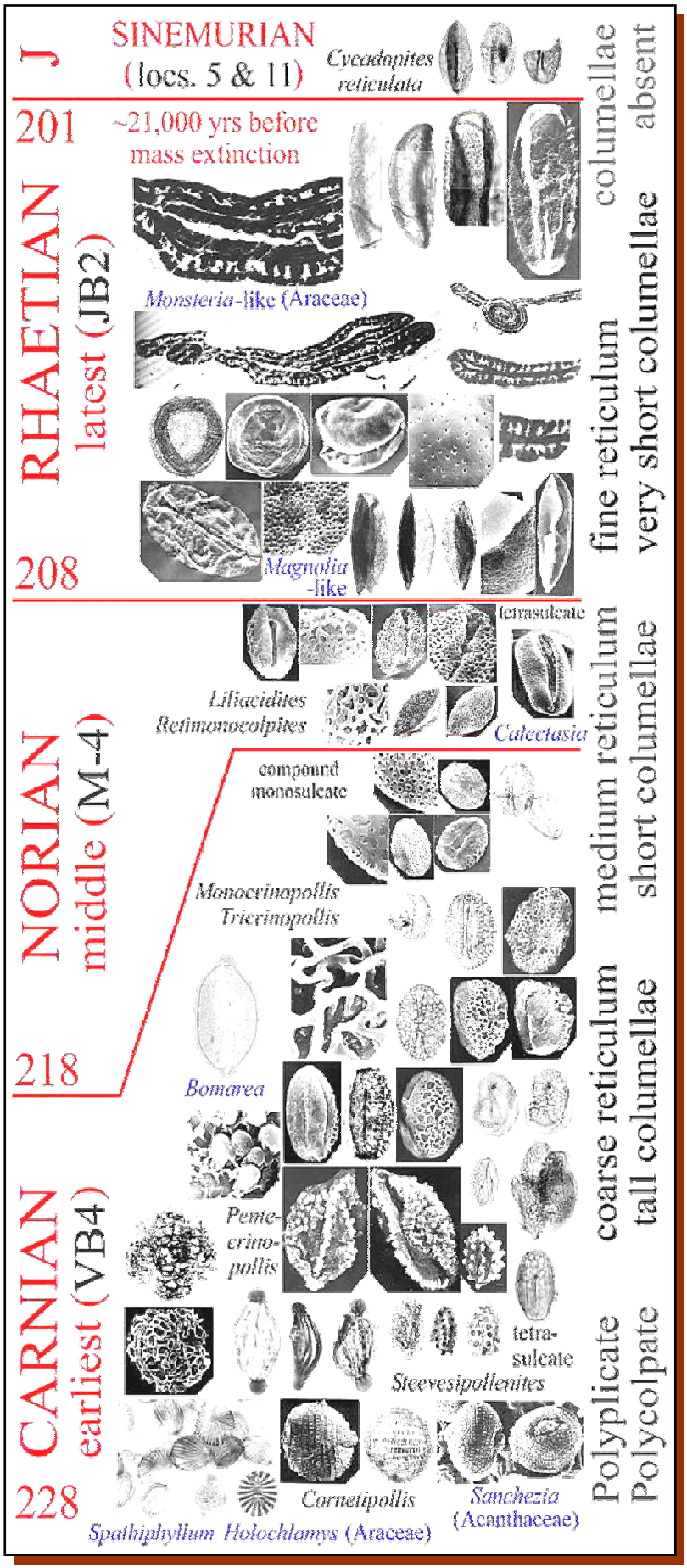
Consultar: http://bcornet.tripod.com/RBpollen/primref.htm#Crinopolles y http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/spore.html





- Cretácico: Comienza la radiación de las angiospermas, entre el cretácico inferior y el superior (115-90 m. a.). El resumen de los fósiles en la mega y microflora es:

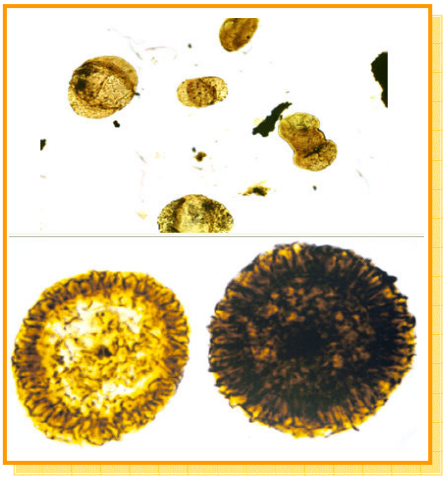
CRETÁCICO TEMPRANO	EVIDENCIA DE LA MEGAFLORA	EVIDENCIA DE LA MICROFLORA
Albiense 113-97.5 m. a.	Flores con 4 carpelos y óvulo erecto	Polen reticulado tricolpado
Aptiense 119-113 m. a.	Láminas expandidas con modelo de venación reticulada.	Tricolpados & Monoporados
Barremiense 124-119 m. a.	Las hojas son predominantemente enteras y otras, dentadas o lobadas (Doyle & Hickey, 1977).	*Afropollis*, *Brenneripollis* y polen tricolpado
Hauteriviense 131-124 m. a.	Flores (Friis, Pedersen & Crane 1994)	Monosulcado
Valanginiense 137-131 m. a.		Estructura tectada-columelada (Brenner & Bickoff, 1992)
Berriasiense 144-137 m. a.		



Consultar: http://www.sunstar-solutions.com/sunstar/Why02/angiosperm.htm

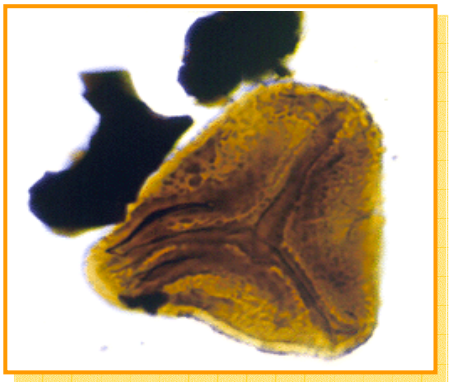
Fotos abajo, de:

http://www.ldeo.columbia.edu/~polsen/nbcp/science/ascent.linked.to.ir.html



Típicos granos de polen y esporas debajo del límite Triásico-Jurásico.

Agrupación típica del Jurásico temprano, dominado por *Corollina* y polen de coníferas.

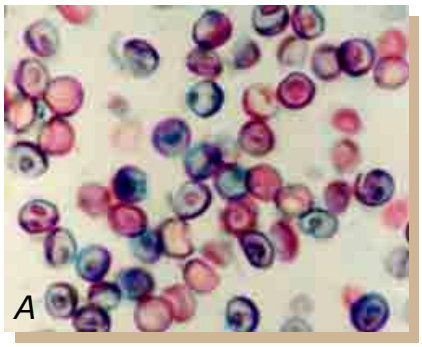


Espora típica del límite Triásico-Jurásico.

La vegetación del Cretácico se puede establecer, bajo el punto de vista polínico, en 4 provincias florales, al menos durante el Barremiense-Cenomaniense (115 – 95 m. a.):

1.- Norte de Laurasia: templada, húmeda. Actualmente, por encima de los 60º N; esporas de helecho abundantes, pero menos diversos que hacia el sur; polen bisacado de Pinaceae. Polen monosulcado de Cycadophytae raro y no hay polen de *Classopollis* o *Ephedra*.

2.- Sur de Laurasia: cálido a subtropical. Gran diversidad en latitudes medias, con abundancia de helechos. Polen de Cheirolepidaceae (*Classopollis*, en la foto), dominando el espectro (60-80 %).

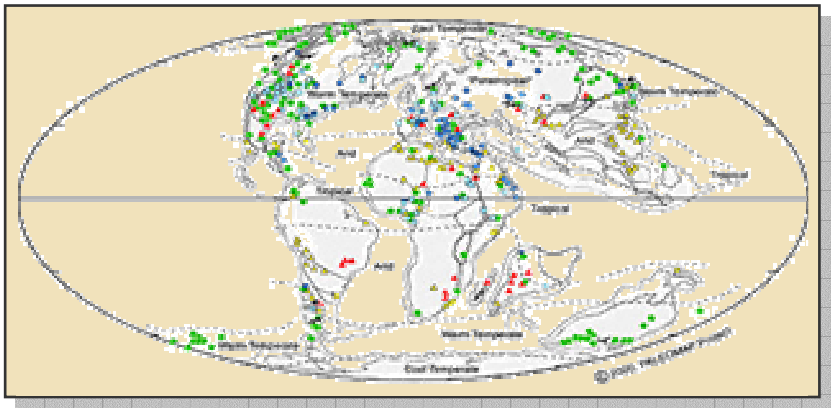


3.- Norte de Gondwana: tropical a semiárido, con extrañas formas polínicas. Pequeña diversidad de esporas de helechos. Presencia de polen de *Ephedra* y Cycadophytae (*A*). No hay pólenes bisacados de Pinaceae, Araucariaceae no Podocarpaceae.

4.- Sur de Gondwana: clima cálido a subtropical. Diversidad de pteridofitas y abundancia de polen bisacado de Podocarpaceae.

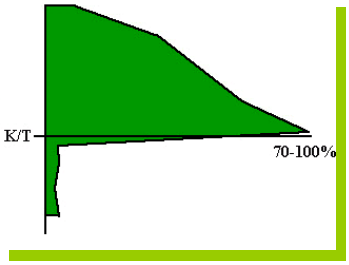
A la izquierda, *Dacrydiumites*, polen bisacado del Maastrichtiense (70 m. a.).

A la derecha, *Lycopodiumsporites*, espora del Albiense (103 m. a.)



Clima del Cretácico superior, tomado de: http://www.scotese.com/lcretcli.htm

- ¿Qué pasa con las plantas en el límite K/T?



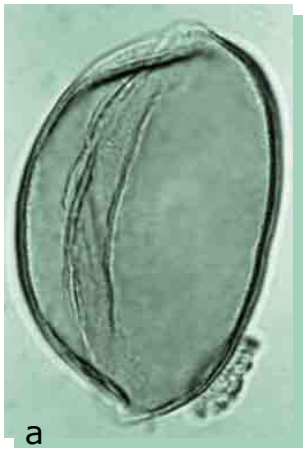
En algunas partes del ecosistema del hemisferio Norte se produce una disrupción. El registro polínico y la megaflora indican un evento de muerte en masa, seguido de un modelo progresivo de recuperación.

Se pasa de una dominancia de angiospermas (70%), por debajo del límite, al dominio de helechos por encima de la K/T, entre un 70-100%. Se conoce como el "*fern spike*" (pico de helechos).

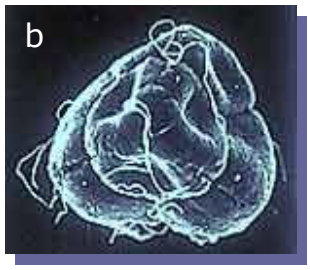
Para consultar: http://taggart.glg.msu.edu/isb200/kt.htm

En el Paleoceno inferior, vuelven a restablecerse los porcentajes a favor de las angiospermas.

Esta disrupción ocurre de forma menos acusada en el norte que en las floras del noreste y suroeste interior de Norteamérica: los mecanismos de dormancia en los bosques polares son más eficientes (plantas de hoja caduca). Los grupos vegetales sin un mecanismo de dormancia bien desarrollado, no sobreviven al evento K/T, como plantas de hojas anchas perennes como *Magnolia* (a) o *Rhododendron* (b).



Se alteran significativamente el clima y el ambiente:



- "Invierno nuclear", como resultado del polvo emitido a la atmósfera.
- Efecto invernadero, por el aumento de CO_2 debido al choque meteorítico con rocas carbonatadas de la Costa del Golfo. Este efecto compensaría al primero.
- Polución atmosférica debido a aerosoles de azufre, que provocan episodios de lluvia ácida.
- Incendios de extensión planetaria, por consumo de biomasa y tsunamis en zonas de costa, debido al impacto del meteorito.

- Principios del Cenozoico: Paleoceno. Las características climáticas tienden a condiciones cálidas y, las estaciones, a períodos secos y húmedos.

- Comienza la radiación de las plantas con flores, que pasan de una simetría radial a la aparición de las primeras flores bilaterales, adaptación favorable a la polinización mediante insectos sociales (abejas) y aves.

- Esto determina la adaptación de la morfología polínica de las angiospermas a desarrollar ornamentaciones adecuadas al transporte por parte de animales:

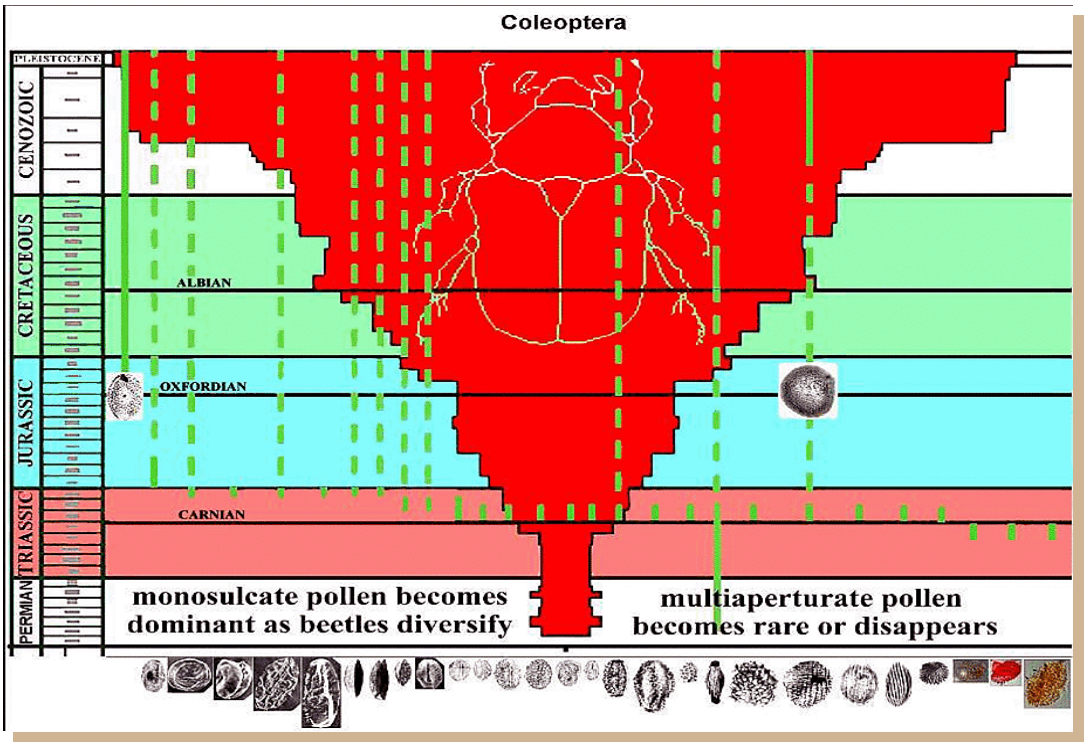


Figura: Evolución de polen de las primeras angiospermas pre-cretácicas comparada a la diversificación de los coleópteros. De: http://www.sunstar-solutions.com/sunstar/Why02/why.htm#Table

- Al final del Paleoceno ya existen plantas herbáceas, aunque todavía no forman praderas ni pastos de montaña, relacionados con la expansión de animales herbívoros, hasta finales de los períodos Oligoceno y Mioceno.

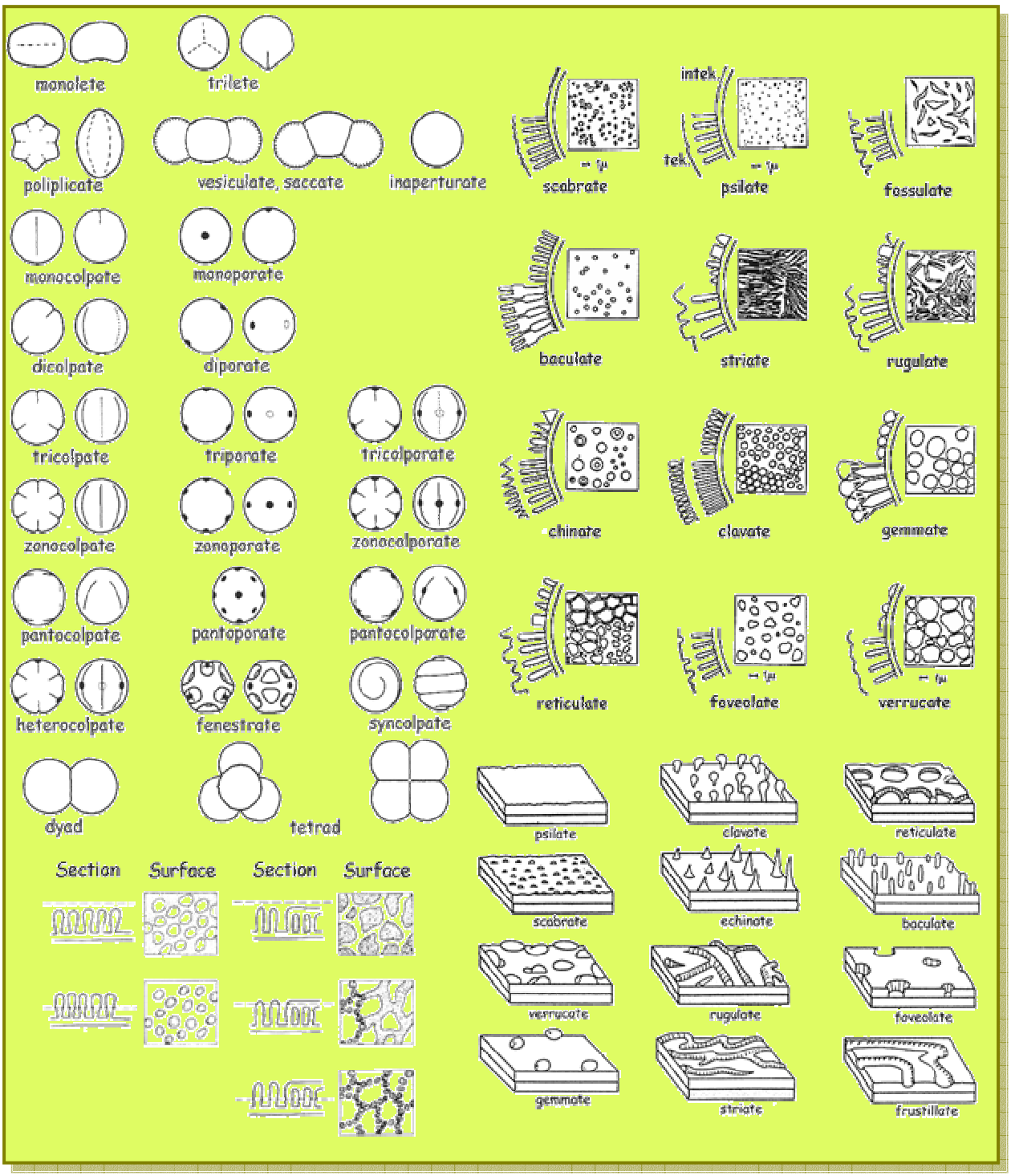
Ephedra ▸

- Según avanza el Cenozoico, la flora se vuelve cada vez más provincial: las angiospermas caducifolias comienzan a predominar en regiones más frías, mientras que las variedades perennifolias prevalecen en los trópicos y subtrópicos.

- El período Cuaternario comienza con el Pleistoceno: ocurrencia de los episodios más recientes de enfriamientos globales o glaciaciones, que cubrieron algunas de las actuales zonas cálidas. La división

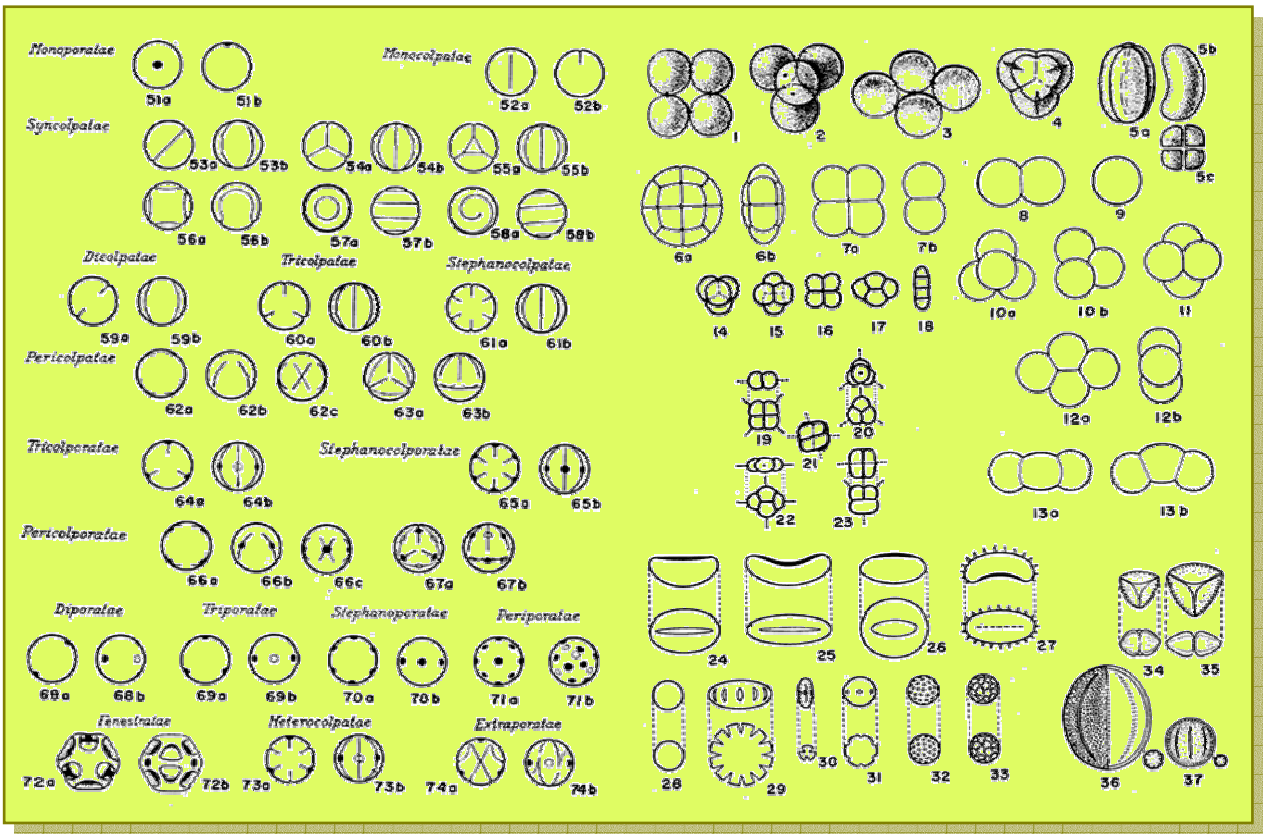
temporal de este periodo es aún hoy objeto de debate: se sitúa entre 1,8 y 2,6 m. a.

Los paleontólogos estudian el registro fósil Pleistoceno para inferir el clima, debido a su abundancia y preservación, entre ellos el polen, a través de la Paleopalinología.



▲ Tipos posibles de polen, en base a la forma, número y tipos de aperturas y su posición, en la parte superior izquierda. En la inferior izquierda, superficies ornamentales al microscopio. A la derecha, diferentes formas

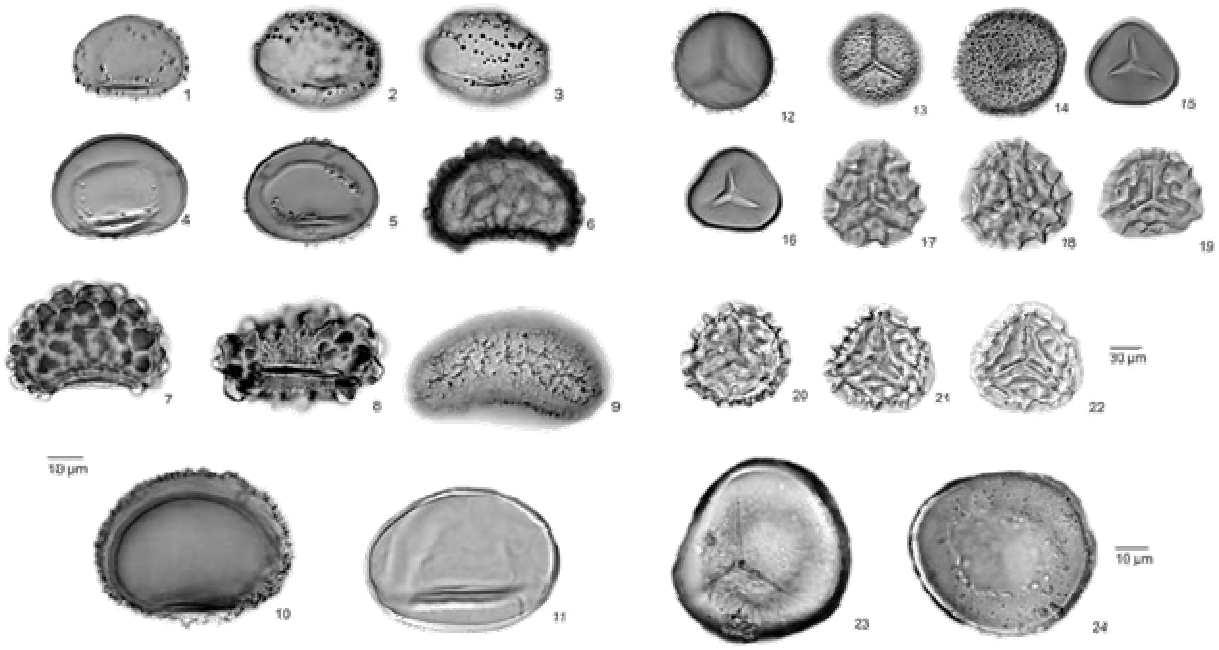
(ornamentación) de superficie de la exina, desde arriba y en tridimensional Imágenes modificadas de: http://www.botany.unibe.ch/paleo/pollen_e/index.htm



Tipos de aperturas y formas de polen, tomados de la página del Prof. Reinhard: http://www-class.unl.edu/geol996/index.html

A continuación se muestran, en planchas de fotos, los diversos tipos polínicos, clasificados morfológicamente, basados en el Atlas de Polen y Esporas de los Everglades de Florida. La página principal es:

http://sofia.usgs.gov/publications/papers/pollen_atlas/index.html

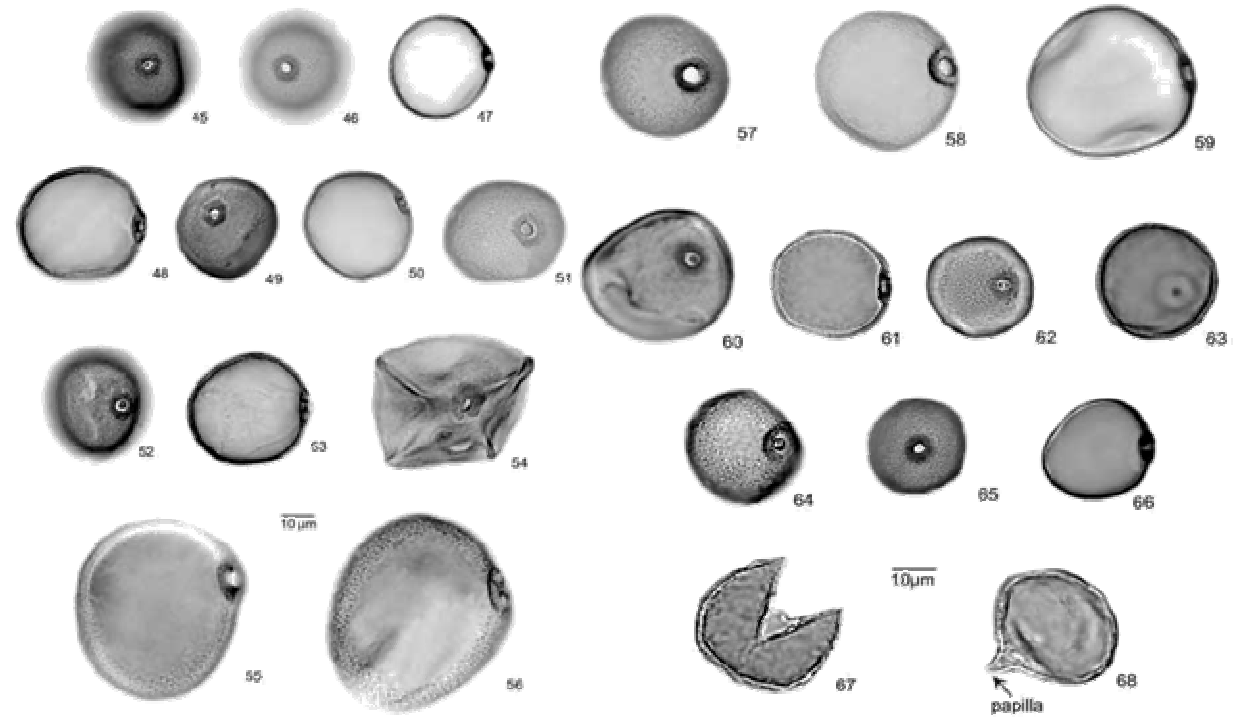


Esporas Monoletas

1–5 *Blechnum serrulatum* (Blechnaceae)
6–8 *Phlebodium aureum* (Polypodiaceae)
9–11 *Thelypteris kunthii* (Thelypteridaceae)

Esporas Triletas

12–14 *Osmunda regalis* (Osmundaceae)
15–16 *Acrostichum danaeifolium* (Pteridaceae)
17–19 *Pteris longifolia* (Pteridaceae)
20–22 *Pteris vittata* (Pteridaceae)
23–24 *Salvinia minima* (Salviniaceae)

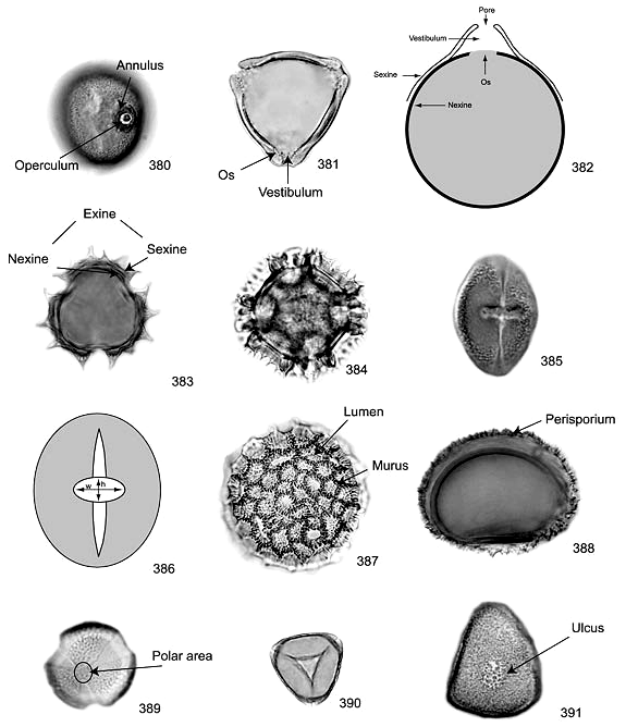


Polen Monoporado I

45–47 *Pennisetum ciliare* (Poaceae)
48–49 *Panicum repens* (Poaceae)
50–51 *Andropogon glomeratus* (Poaceae)
52–53 *Andropogon virginicus* (Poaceae)
54 *Seteria parviflora* (Poaceae)
55–56 *Heteropogon contortus* (Poaceae)

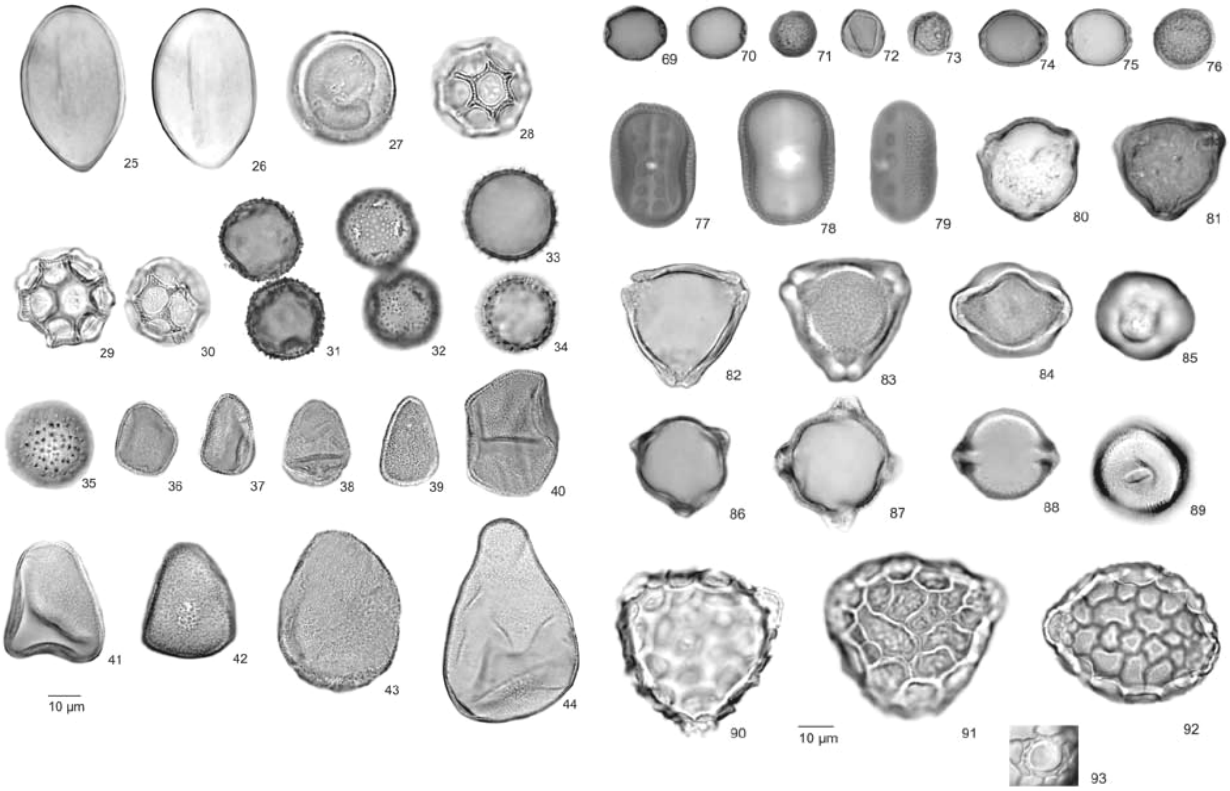
Polen Monoporado II

57–58 *Spartina alterniflora* (Poaceae)
59–60 *Zizaniopsis miliacea* (Poaceae)
61–63 *Eragrostis elliotti* (Poaceae)
64–66 *Phragmites australis* (Poaceae)
67–68 *Taxodium distichum* (Taxodiaceae)



Características Morfológicas de los Palinomorfos

380 Annulus y Opérculo.
381 Os y Vestíbulo.
382 Grano aspidado, con os, poro, vestíbulo, nexina y sexina.
383 Exina: nexina y sexina.
384 Polen lofado, con lacunae.
385 Vista ecuatorial de polen tricolporado, con poro lalongado.
386 Polen colporado, mostrando dimensiones del poro (h = largo, w = anchura).
387 Escultura reticulada: lumen y muro.
388 Espora monoleta con perisporio.
389 Vista polar de polen tricolpado, mostrando área polar.
390 Vista polar de polen sincolporado y apocolpio.
391 Ulco.

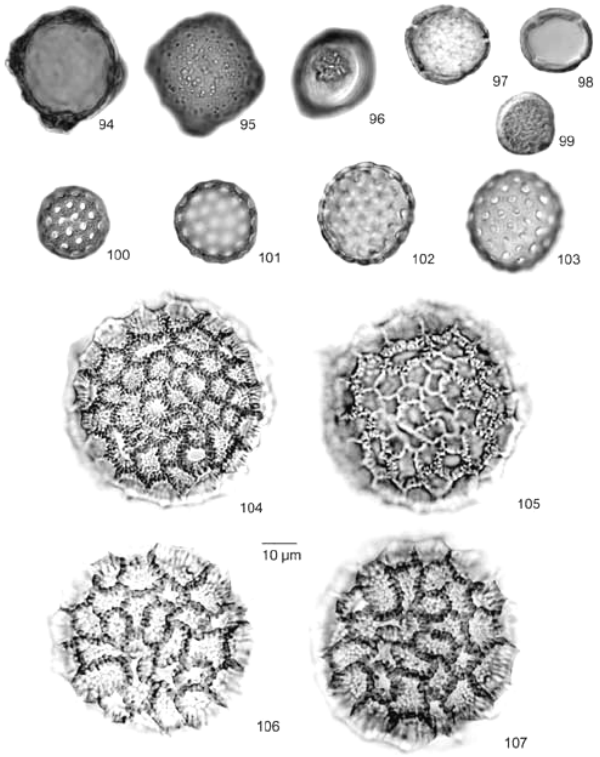


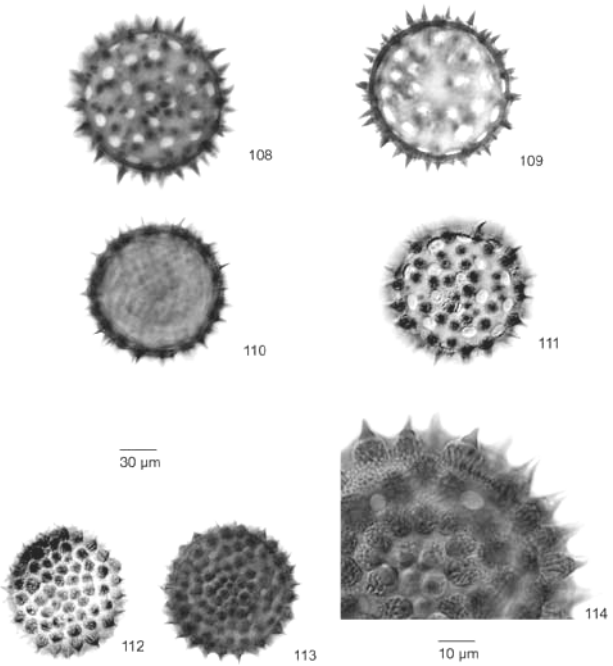
Polen Inaperturado

25–26 *Pistia stratiotes* (Araceae)
27 *Peltandra virginica* (Araceae)
28–30 *Alternanthera philoxeroides* (Amaranthaceae)
31–32 *Sagittaria lancifolia* (Alismataceae)
33–35 *Sagittaria latifolia* (Alismataceae)
36–37 *Cyperus haspan* (Cyperaceae)
38–39 *Rhynchospora colorata* (Cyperaceae)
40 *Eleocharis elongata* (Cyperaceae)
41–42 *Schoenoplectus taberaemontani* (Cyperaceae)
43 *Eleocharis cellulosa* (Cyperaceae)
44 *Cladium mariscus* ssp. *jamaicense* (Cyperaceae)

Polen Diporado y Triporado

69–71 *Morus rubra* (Moraceae)
72–73 *Boehmeria cylindrica* (Urticaeae)
74–76 *Trema micranthum* (Ulmaceae)
77–79 *Justicia americana* (Acanthaceae)
80–81 *Casuarina equisetifolia* (Casuarinaceae)
82–85 *Morella cerifera* (Myricaeae)
86–89 *Bursera simaruba* (Burseraceae)
90–93 *Vigna luteola* (Fabaceae)



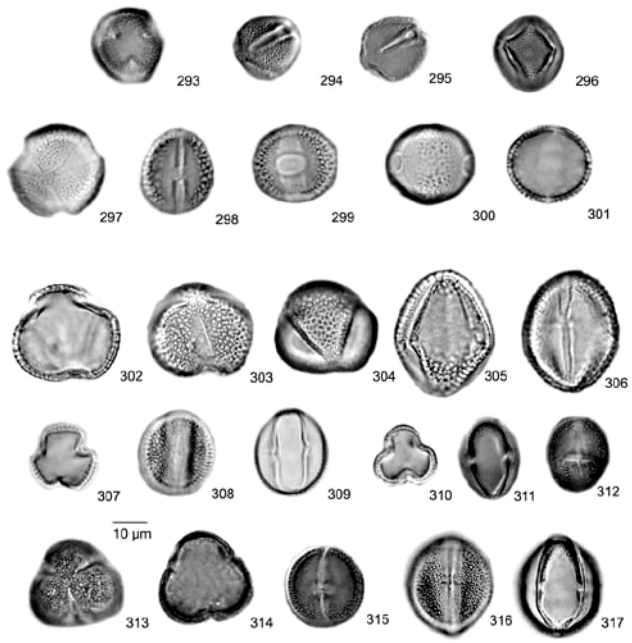


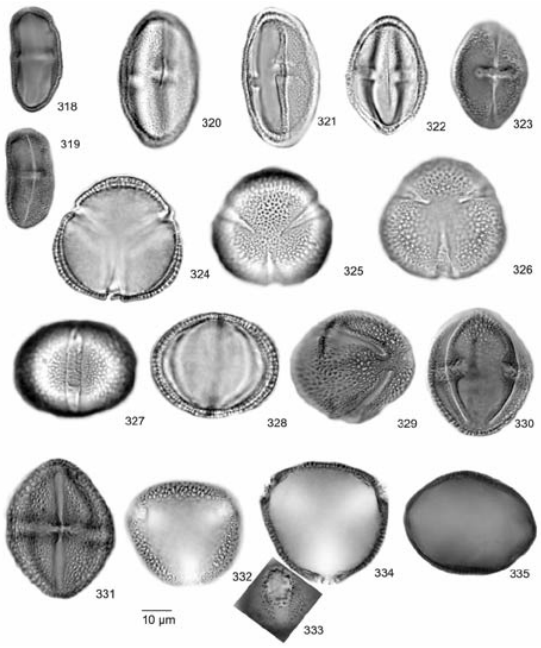
Polen Estefanoporado y Periporado

94–96 *Myriophyllum* sp. (Haloragaceae)
97–99 *Proserpinaca palustris* (Haloragaceae)
100–101 *Amaranthus australis* (Amaranthaceae)
102–103 *Salicornia bigelovii* (Chenopodiaceae)
104–105 *Polygonum densiflorum* (Polygonacaeae)
106–107 *Polygonum hydropiperoides* (Polygonacaeae)

Polen Periporado

108–109 *Ipomoea pes-caprae* (Convolvulaceae)
110–111 *Ipomoea sagittata* (Convolvulaceae)
112–114 *Sida cordifolia* (Malvaceae)

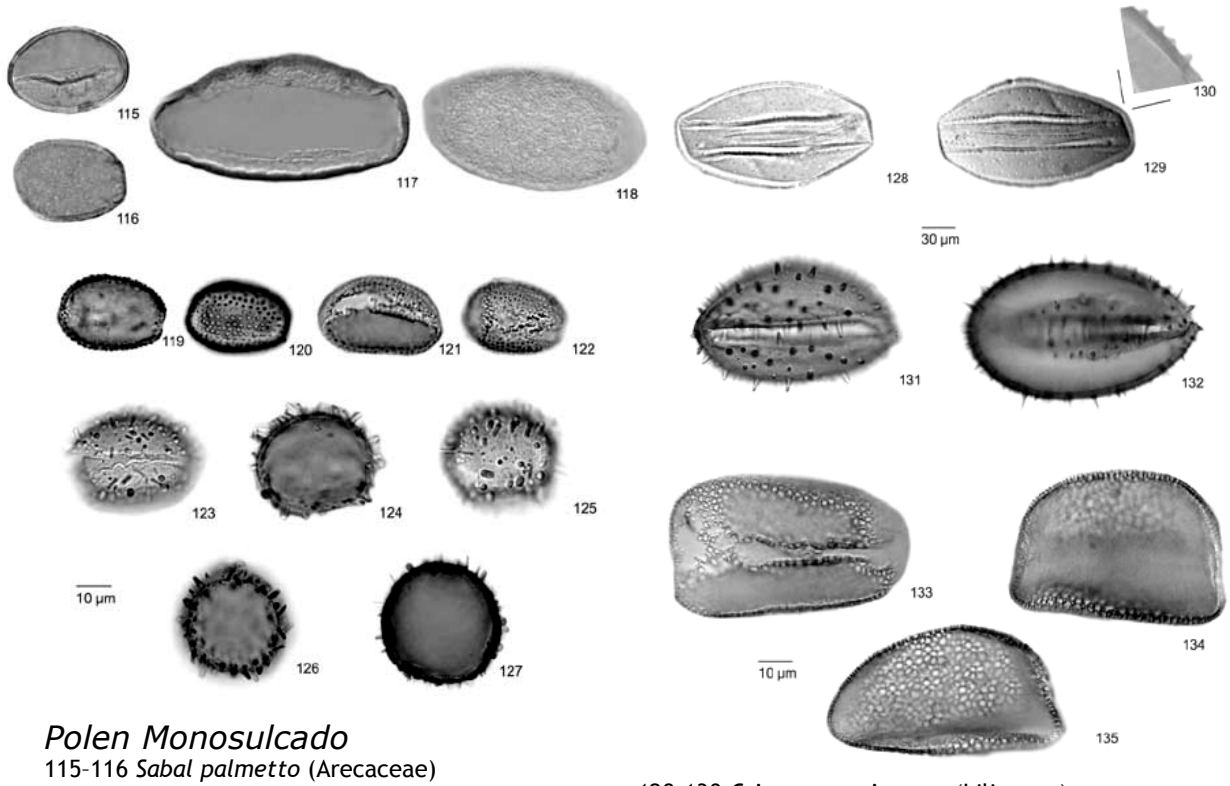




Polen Tricolporado

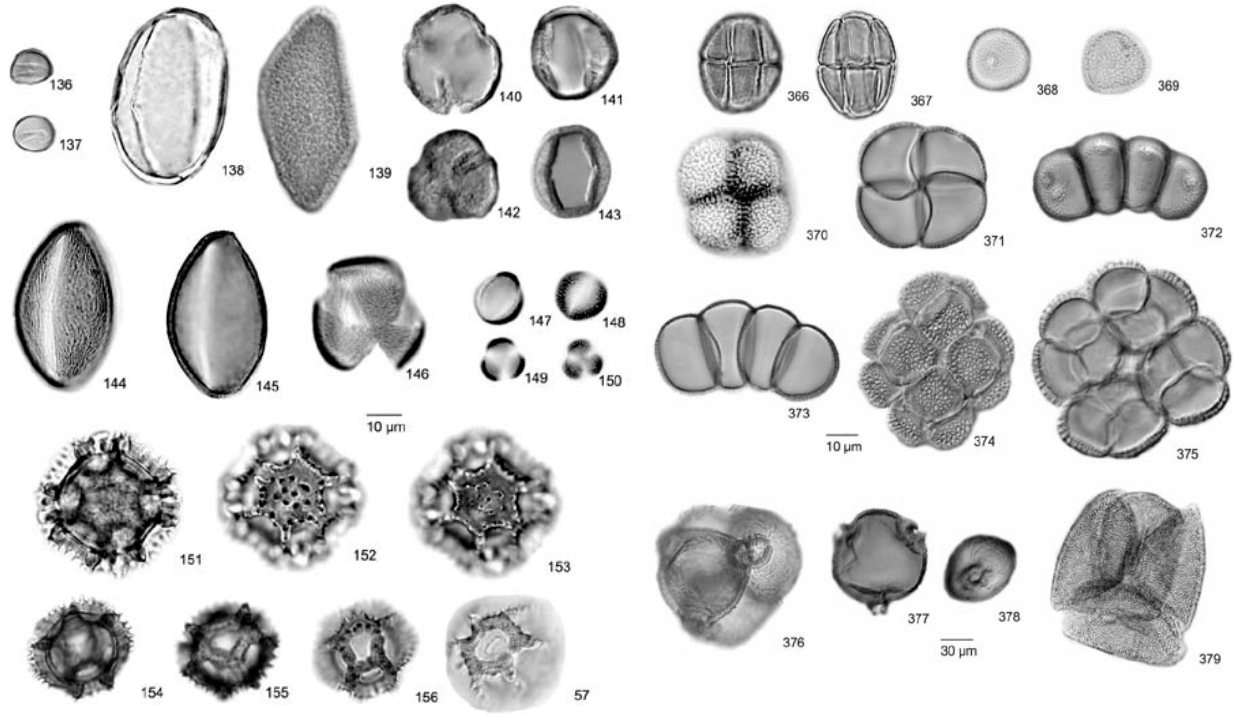
293–296 *Cephalanthus occidentalis* (Rubiaceae)
297–301 *Salix caroliniana* (Salicaceae)
302–306 *Bacopa monnieri* (Schrophulariaceae)
307–309 *Sambucus nigra* spp. *canadensis* (Caprifoliaceae)
324–328 *Callicarpa americana* (Verbenaceae)

310–312 *Chamaesyce hypericifolia* (Euphorbiaceae)
313–317 *Chamaesyce maculata* (Euphorbiaceae)
318–319 *Cicuta maculata* var. *maculata* (Apiaceae)
320–323 *Hydrocotyle* sp. (Apiaceae)
329–331 *Rhus copallinum* (Anacardiaceae)
332–335 *Melothria pendula* (Curcurbitaceae)



Polen Monosulcado

115–116 *Sabal palmetto* (Arecaceae)
117–118 *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae)
119–122 *Commelina diffusa* (Commelinaceae)
123–127 *Nymphaea odorata* (Nymphaeaceae)
128–130 *Crinum americanum* (Liliaceae)
131–132 *Nuphar lutea* (Nymphaeaceae)
133–135 *Tillandsia balbisiana* (Bromeliaceae)

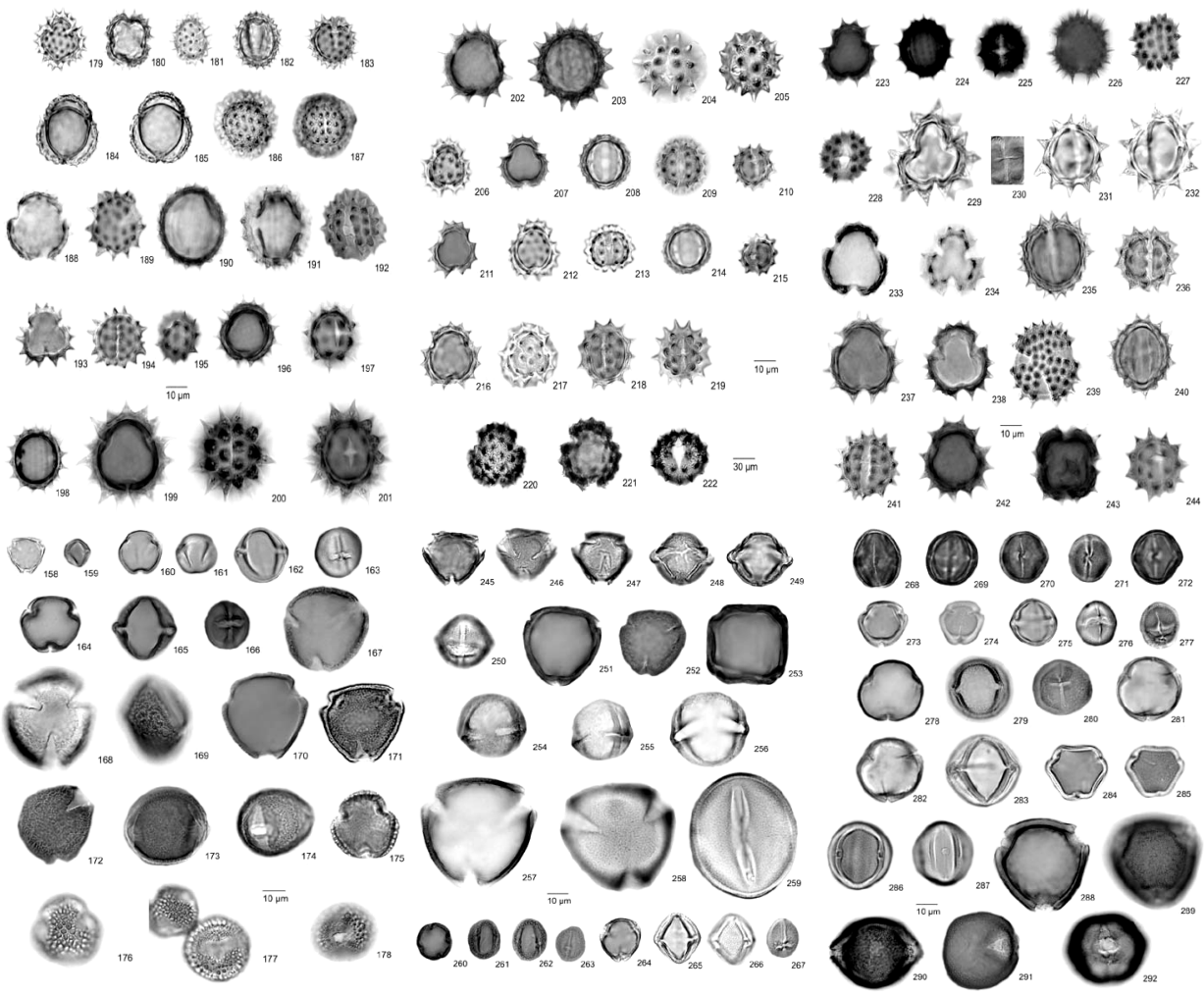


Monosulcados, Dicolpados y Tricolpados

136–137 *Saururus cernuus* (Saururaceae)
138–139 *Pontederia cordata* (Pontederiaceae)
140–143 *Quercus laurifolia* (Fagaceae)
144–146 *Acer rubrum* (Aceraceae)
147–150 *Descurainia pinnata* (Brassicaceae)
151–153 *Sonchus oleraceus* (Asteraceae)
154–157 *Youngia japonica* (Asteraceae)

Políadas

366–367 *Acacia angustissima* (Fabaceae)
368–369 *Typha domingensis* (Typhaceae)
370–373 *Typha latifolia* (Typhaceae)
374–375 *Hippocratea volubilis* (Hippocrateaceae)
376–378 *Ludwigia leptocarpa* (Onagraceae)
379 *Annona glabra* (Annonaceae)



Polen Tricolporado

179–183 *Ageratum conyzoides* (Asteraceae)
184–187 *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae)
188–192 *Ampelaster carolinianus* (Asteraceae)
193–195 *Baccharis* sp. (Asteraceae)
196–198 *Bidens alba* (Asteraceae)
199–201 *Bidens laevis* (Asteraceae)

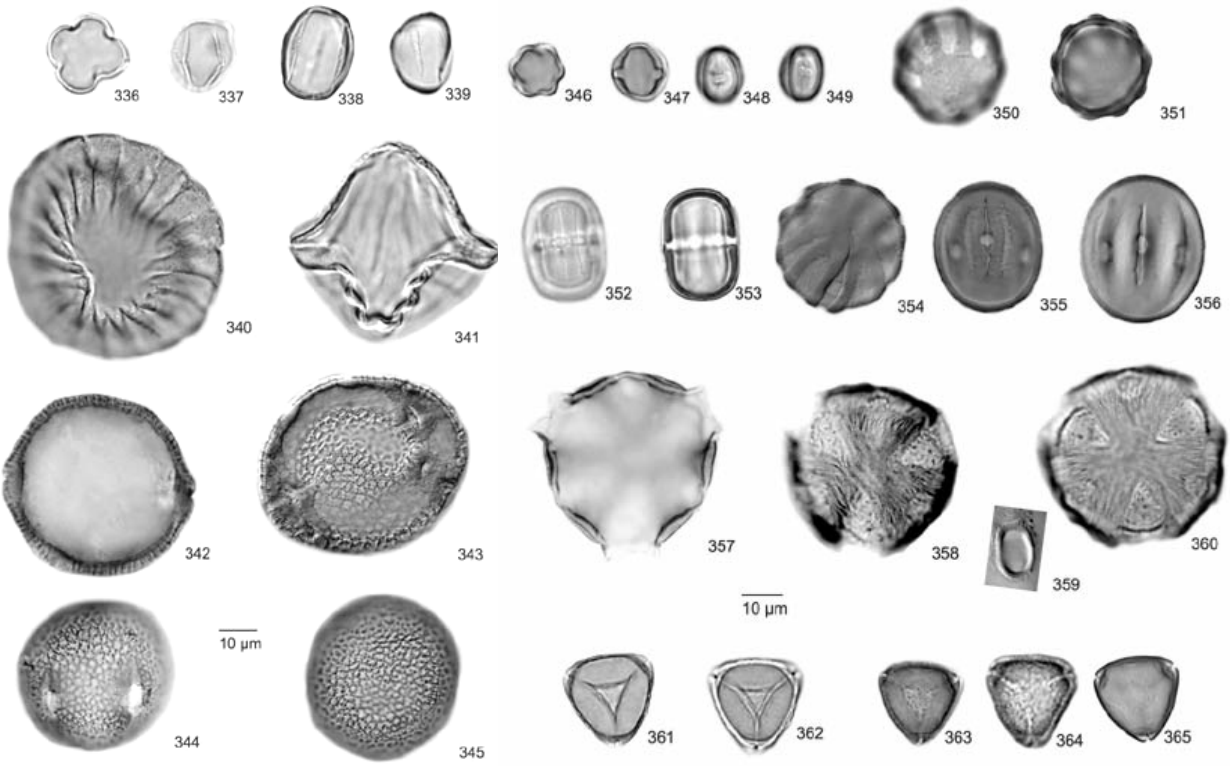
223–225 *Mikania scandens* (Asteraceae)
226–228 *Tridax procumbens* (Asteraceae)
229–232 *Pluchea odorata* (Asteraceae)
233–236 *Solidago sempervirens* (Asteraceae)
237–241 *Symphyotrichum elliottii* (Asteraceae)
242–244 *Sphagneticola trilobata* (Asteraceae)

245–250 *Capsicum annuum* (Solanaceae)
251–256 *Lantana camara* (Verbenaceae)
257–259 *Cassia occidentalis* (Fabaceae)
260–263 *Phyllanthus tenellus* (Euphorbiaceae)
264–267 *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae)

202–205 *Borrichia frutescens* (Asteraceae)
206–210 *Conoclinium coelestinum* (Asteraceae)
211–215 *Eupatorium capilifolium* (Asteraceae)
216–219 *Eupatorium serotinum* (Asteraceae)
220–222 *Cirsium horridulum* (Asteraceae)

158–159 *Mitreola* sp. (Loganiaceae)
160–163 *Solanum americanum* (Solanaceae
164–166 *Physalis pubescens* (Solanaceae)
167–169 *Cassia obtusifolia* (Fabaceae)
170–174 *Desmodium paniculatum* (Fabaceae)

268–272 *Laguncularia racemosa* (Combretaceae)
273–277 *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae)
278–280 *Carica papaya* (Caricaceae)
281–283 *Ricinus communis* (Euphorbiaceae)
284–287 *Vitis rotundifolia* var. *munsoniana* (Vitaceae)



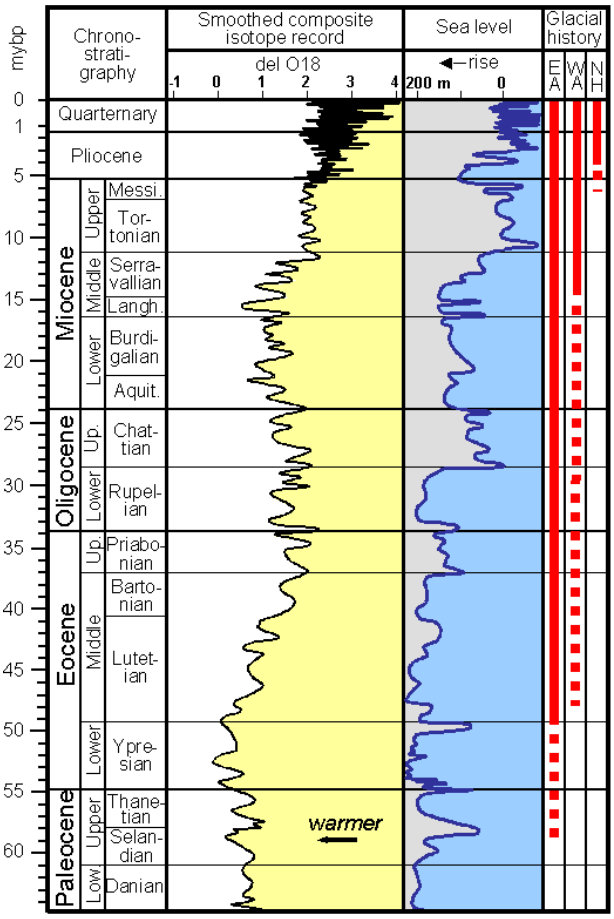
Polen Estefanocolporado

336–339 *Batis maritima* (Bataceae)
340–341 *Utricularia foliosa* (Lentibulariaceae)
342–345 Waltheria indica (Sterculiaceae)

Polen Heterocolporado y Sincolporado

366–367 *Acacia angustissima* (Fabaceae)
368–369 *Typha domingensis* (Typhaceae)
370–373 *Typha latifolia* (Typhaceae)
374–375 *Hippocratea volubilis* (Hippocrateaceae)
376–378 *Ludwigia leptocarpa* (Onagraceae)
379 *Annona glabra* (Annonaceae)

Cambios climáticos producidos en el Cenozoico



Registro completo de Oxígeno isotópico, curva del nivel del mar y registro de la historia glaciar para el Cenozoico.

EA = Testigo glaciar de Antártico Este.

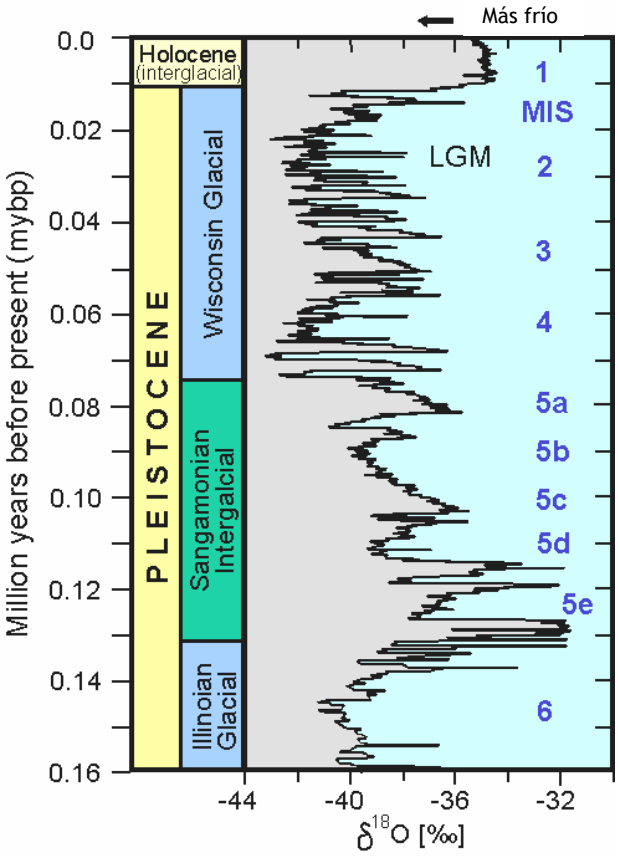
WA = Testigo glaciar de Antártico Oeste.

NH = Testigo glaciar del Hemisferio Norte.

Mybp = Millones de años antes del Presente.

(redibujado y ligeramente modificado de Abreu y Anderson, 1998). Tomados de:

http://www.geocomplexity.com/Global_climate.htm



Registro del isótopo de Oxígeno del Pleistoceno superior, tomado del testigo de hielo de Groenlandia

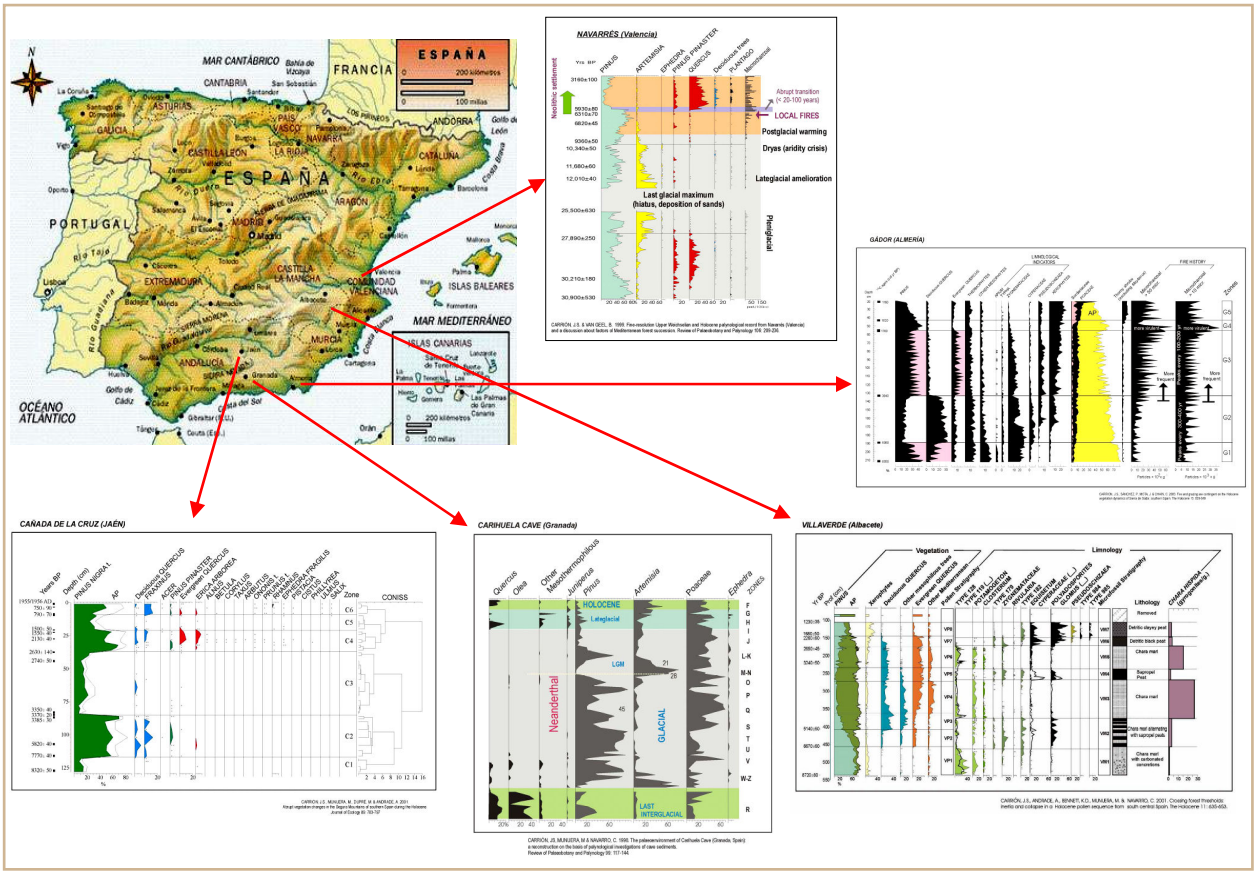
LGM = Último Máximo Glaciar; MIS = Estadío Isotópico Marino.

(redibujado de Johnsen et al., 1997)

Tomado de:

http://academic.emporia.edu/aberjame/ice/lec19/lec19.htm y de

http://academic.emporia.edu/aberjame/ice/icehome.htm



En la figura se muestran algunos de los diagramas polínicos más representativos del SE peninsular. Una explicación más detallada de la dinámica vegetal en cada área se encuentra en: http://www.jscarrion.com/research/fossil.htm

BIBLIOGRAFÍA DE MICROPALEONTOLOGÍA EN LA RED

Cretaceous Angiosperm Diversity

http://www.colby.edu/~ragastal/Paleobotany/Kangiodiversity.html

Palinología de la Universidad de Arizona. Acritarc Definitions.

http://www.geo.arizona.edu/palynology/ppacrtrc.html

Crinopolles: evidencia fósil de una rápida y ordenada evolución genética

http://www.monmouth.com/~bcornet/crinopolles.htm

Protist Image Data

http://megasun.bch.umontreal.ca/protists/protists.html

Evolution de la végétation en Europe au cours des différents interglaciaires: une grande cohérence

http://www.cnrs.fr/dossiers/dosclim/rechfran/4theme/paleo/evolutveget.html

Comparative Biology of Plants: Image gallery. Bloomsburg University of PA.

http://departments.bloomu.edu/biology/chamuris/cbp/images.html

Curso Palinología. Owen K. Davis

http://www.geo.arizona.edu/palynology/geos581/index.html

Geography 283/389: Lecture on-line: Climate Change: the past.

http://www.geography.otago.ac.nz/OnlineCourses/Climate_Change_The_Past/Lectures/283lectures98.html

Forensic Palynology. University of Arizona.

http://www.crimeandclues.com/palynology.htm

Jansonius & Hill's Catalogue Index. De la A a la M.

http://ibs.uel.ac.uk/palaeo/JH/index.htm

Links for Palaeobotanists.

http://www.uni-wuerzburg.de/mineralogie/palbot1.html

Tipos polínicos por eras.

http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/spore.html

Cambio climático en Wikipedia.

http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change

Curso de paleoecología. Universidad de Arizona.

http://www.geo.arizona.edu/Antevs/ecol438/lect07.html

Consultores en Estratigrafía Millenia.

http://www.millenni.demon.co.uk/index.htm

Ice Age Environments. Quaternary Geology. Prof James S. Aber, Earth Science Department, Emporia State University, Kansas, U.S.A.

http://academic.emporia.edu/aberjame/ice/schedule.htm

Holocene climate variability on Centenal-to-Millenial time Scales: Climate Records from the North Atlantic Realms.

http://www.palmod.uni-bremen.de/~mschulz/reprint/hanse2002_schulz_paul.pdf