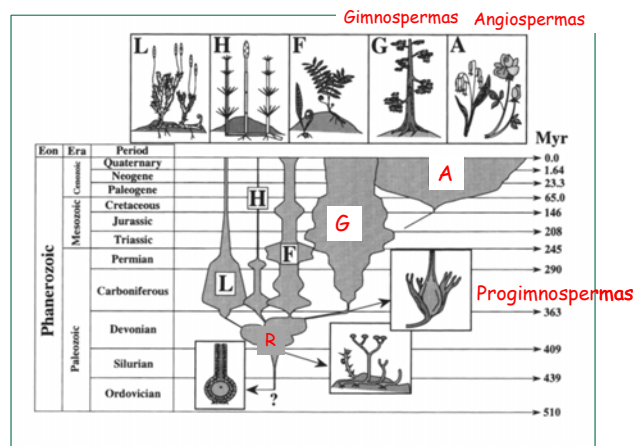


Gimnospermas

Ir a PPT

Las plantas con semillas actuales corresponden a cinco líneas evolutivas. Tradicionalmente se ha denominado 'gimnospermas' (plantas con semillas desnudas) a las cicadas, ginkgos, coníferas y gnetales, aunque son cuatro linajes independientes. Frente a las 'gimnospermas' se denomina 'angiospermas' (plantas con semillas encerradas) a la última línea que se diversificó, y que actualmente es la más diversa en cuanto a número de especies y abundancia.

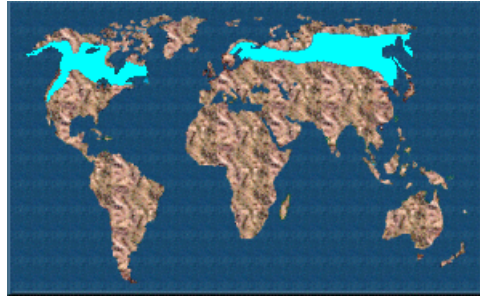


Cronología de aparición y diversidad relativa de los principales linajes de plantas vasculares (Niklas, 1997).

Las gimnospermas aparecieron hace unos 350 millones de años y fueron la vegetación dominante durante el final del Paleozoico y comienzos del Mesozoico.

Son plantas de porte leñoso, con crecimiento secundario en grosor (producen xilema y floema secundarios), por lo que su crecimiento requiere mucha materia y energía, y su ciclo vital es lento (tardan mucho tiempo en formar semillas y producir descendencia). Esto hace que sean plantas en general poco adaptadas para la colonización rápida de nuevos ambientes. Probablemente está es una de las causas del comienzo de su declive a partir del Cretácico: fueron desplazadas por las Angiospermas cuando éstas comenzaron a diversificarse y a ocupar muchos nichos ecológicos.

A pesar de ello algunos grupos de gimnospermas (coníferas) todavía tienen gran importancia en la vegetación de la Tierra, ya que forman grandes bosques, más o menos continuos en regiones frías, bien por latitud o por altitud. Por ejemplo, el bosque boreal (**taiga**) es el bioma más uniforme de la Tierra y ocupa alrededor del 11% de la superficie de la Tierra. Se extiende desde Alaska hasta Canadá, y a través del norte de Eurasia por Escandinavia y Rusia. Los bosques boreales están constituidos principalmente por coníferas (*Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Larix*, etc.), la mayoría de hoja perenne, capaces soportar el largo y oscuro invierno y realizar fotosíntesis en cuanto sale el sol. La arquitectura de sus ramas favorece que no acumulen mucha nieve, o al menos que sean capaces de soportar su peso.

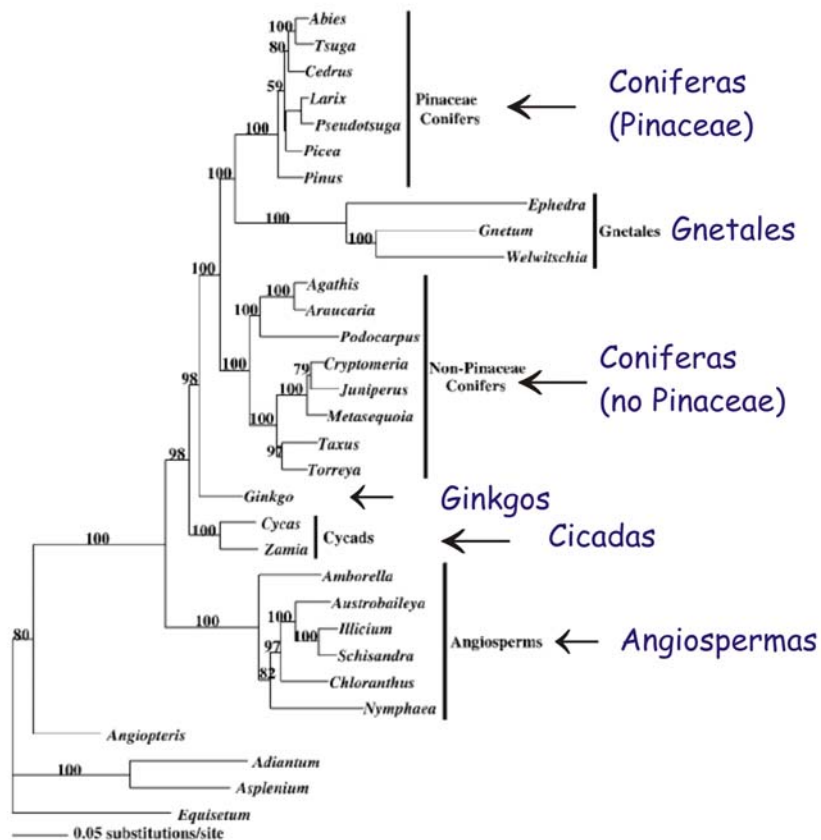


Distribución de los grandes bosques boreales (azul claro).

Las gimnospermas actuales son semejantes en su porte (son plantas leñosas) y en el desarrollo de la semillas pero no están directamente relacionadas. Se clasifican en 4 divisiones:

- Div. Cycadophyta (cícadas)
- Div. Coniferophyta (coníferas)
- Div. Ginkgophyta (ginkgos)
- Div. Gnetophyta (gnetum, efedras, etc)

Las relaciones filogenéticas entre estos grupos siguen sujetas a controversia, a pesar de los numerosos estudios filogenéticos que se han realizado en los últimos años, incorporado información molecular, paleobotánica y morfológica.



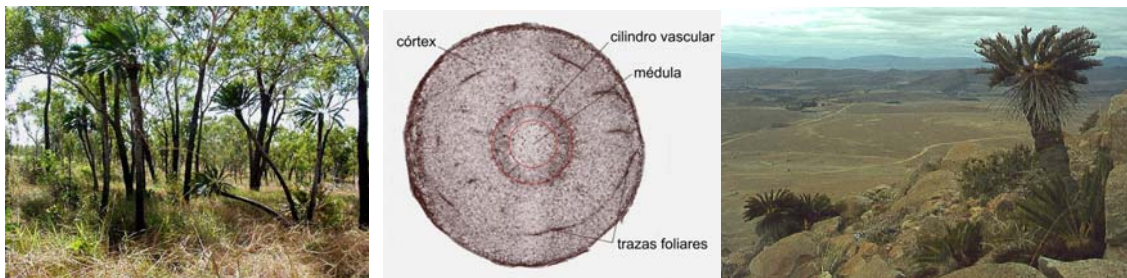
Uno de los árboles filogenéticos propuesto para las plantas con semillas, inferido a partir de datos moleculares de 13 loci (Burleigh & Mathews, 2004)

Un pequeño resumen de las características que presentan los distintos grupos de Gimnospermas se presenta a continuación.

Div. Cycadophyta

Las cicadófitas aparecieron en el Pérmico (Paleozoico), tuvieron su óptimo en el Jurásico (Mesozoico), y comenzaron a declinar a partir del Cretácico. En la actualidad persisten unos 10 géneros con algo más de 100 especies en zonas tropicales y subtropicales

Tienen un tronco no ramificado que termina en un penacho de hojas pinnado-compuestas, dispuestas en espiral. El crecimiento secundario en grosor se debe a un cambium poco activo que forma un cilindro vascular pequeño, con poco xilema y abundante parénquima.



Izquierda: *Cycas* sp. (Australia). Centro: anatomía del tallo (Gifford & Foster, 1989). Derecha: *Encephalartos* sp. (Sudáfrica)

Son plantas **dioicas** (plantas masculinas y femeninas separadas) y tienen las estructuras reproductoras agrupadas en conos. Estos conos están formados por hojas especializadas (esporófilos) dispuestas en espiral en lo alto del tronco. Los microsporófilos tienen un gran número de sacos polínicos (microsporangios). Las macrosporófilos llevan varios óvulos de gran tamaño en los bordes.



Cycas revoluta. Conos masculinos (izquierda), cono femenino (centro) y detalle de un macrosporófilo (derecha)

Div. Ginkgophyta

Se conocen fósiles desde finales del Paleozoico y tuvieron su óptimo en el Pérmico. Actualmente sólo queda una especie relictiva (*Ginkgo biloba*). Es un árbol dioico, de tronco ramificado, con hojas simples, caducas, de nerviación dicotómica y forma de abanico.



Los sacos polínicos se agrupan densamente sobre un eje y los óvulos salen por pares en el extremo de un eje corto, no agrupados en conos. Los óvulos se desprenden de la planta femenina después de ser polinizados pero antes de que ocurra la fecundación (pasan meses entre ambos procesos). Las semillas tienen una testa carnosa (sarcotesta) que desprende un fuerte olor a ácido butírico.



Ginkgo biloba es un árbol muy resistente a la contaminación y de valor ornamental por lo que se cultiva en numerosos lugares (p. ej. Parque del Oeste, Madrid).

En fitoterapia se utilizan los extractos de hoja como vasodilatador cerebral y periférico que favorece el riego y actúa como protector capilar, antivaricoso, etc. Se usa para tratar los síntomas de varias formas de insuficiencia cerebral y demencia (incluida la pérdida de memoria, problemas de sueño, falta de concentración y Alzheimer).

Div. Pinophyta = Coniferophyta

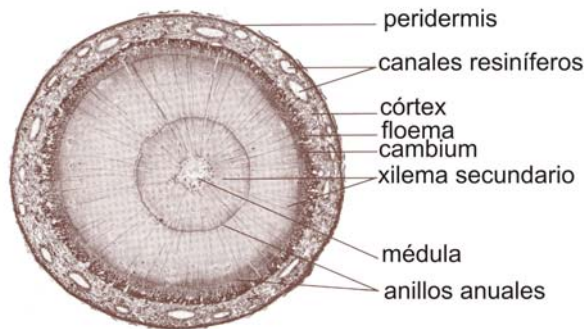
Se conocen abundantes fósiles desde el Carbonífero Superior-Pérmico (Paleozoico), fueron abundantes en el Mesozoico, y comenzaron a disminuir en el Cretácico. Actualmente siguen siendo abundantes en regiones húmedas moderadamente frías, donde forman grandes bosques de importancia económica y ecológica.

Las coníferas más importantes en nuestras latitudes se clasifican en dos órdenes: O. Pinales y O. Taxales.

O. Pinales = Coniferales

Aproximadamente 50 géneros/ 500 especies. Incluye entre otros los pinos (*Pinus*), alerces (*Larix*), abetos (*Abies*), cedros (*Cedros*), enebros y sabinas (*Juniperus*).

Son plantas leñosas con troncos muy resistentes por la gran cantidad de xilema secundario que forman. Esto permite aprovechar la madera como material de construcción, fabricación de muebles, etc.



Anatomía del tallo de *Pinus* (Gifford & Foster, 1989)

Las hojas son duras, generalmente en forma de agujas o escamas y se disponen en espiral o en fascículos. En la mayoría de los casos son hojas persistentes (duran varios años) salvo en *Larix* (alerce) y *Taxodium* que presentan hojas caducas.



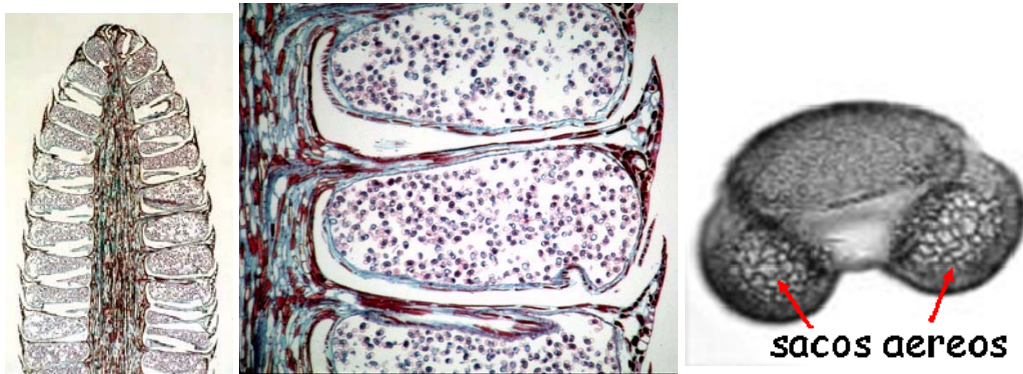
Izquierda a derecha: hojas de *Larix*, *Thuya* y *Pinus*

Son plantas monoicas con conos unisexuales (conos masculinos y femeninos separados en la misma planta), o plantas dioicas (plantas con conos masculinos y plantas con conos femeninos).



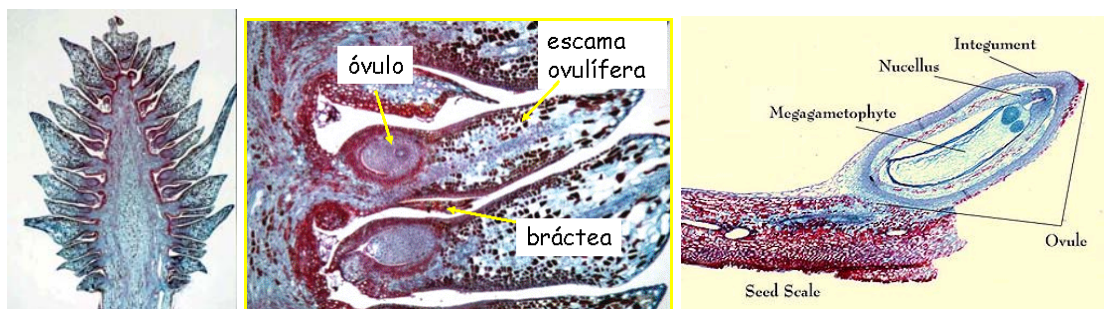
Conos masculinos (izquierda) y femenino (derecha) de *Pinus*

Los conos masculinos llevan microsporófilos en espiral con microsporangios (sacos polínicos) en la cara abaxial. El polen puede tener sacos aéreos para favorecer la dispersión por el viento.



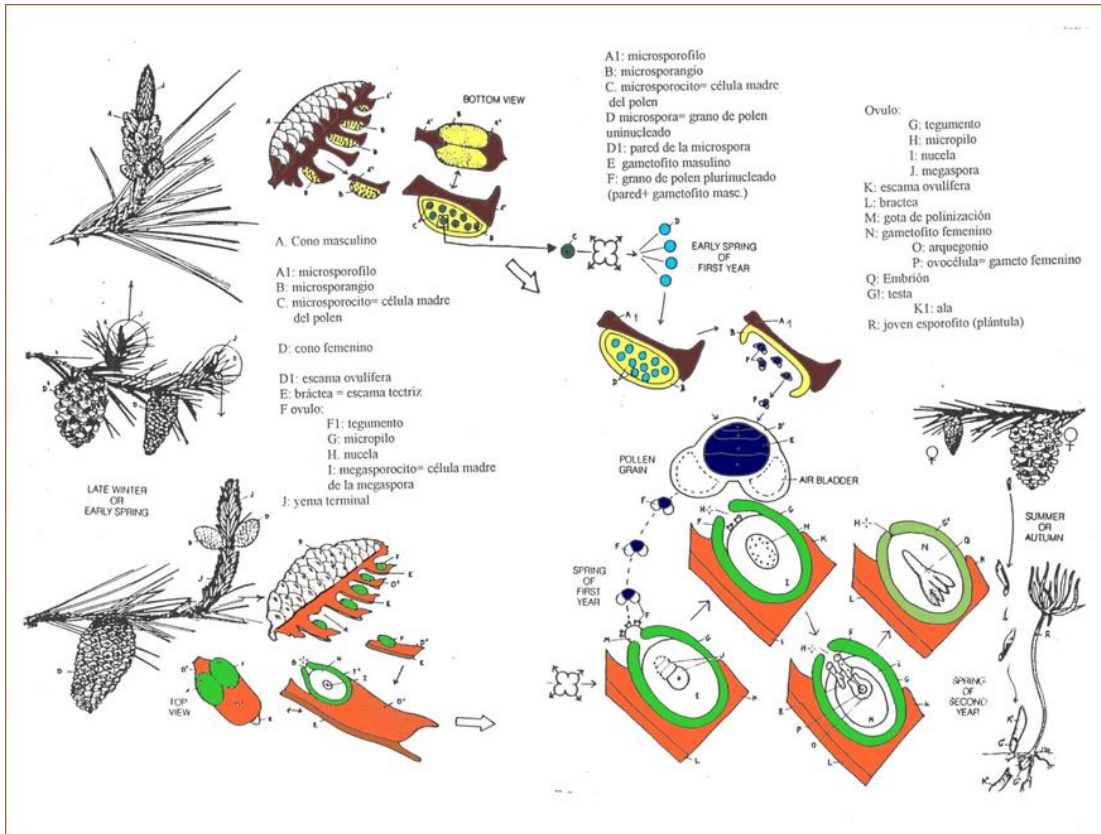
Sección longitudinal de un cono masculino (izquierda, detalle de los microsporangios = sacos polínicos (centro) y polen de *Pinus* con sacos aéreos (derecha).

Los conos femeninos tienen escamas ovulíferas y brácteas (escamas tectrices) dispuestas sobre un eje. Son leñosos (ej. *Pinus*) o carnosos (ej. *Juniperus*). El óvulo se dispone sobre la cara adaxial de la escama ovulífera.



Sección longitudinal de un cono femenino (izquierda), detalle (centro) y óvulo de de *Pinus* (derecha).

La descripción completa del ciclo del pino está en la mayoría de los libros de texto de Botánica (p. ej. Raven et al. *Biología de las plantas*). El diagrama para colorear con las explicaciones que viene a continuación está en *The Botany Coloring Book* (Young, 1982).



Ciclo vital del pino (Young, 1982)

O. Taxales

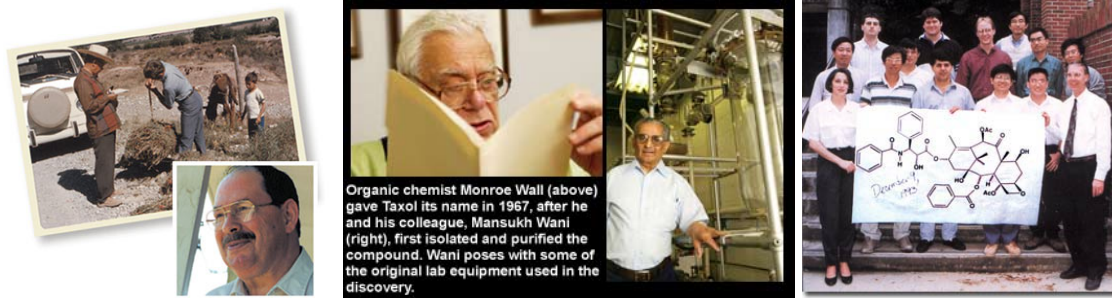
Unos 6 géneros y 20 especies, distribuidos en el Hemisferio Norte y Nueva Caledonia. Son árboles y arbustos dioicos, con hojas en espiral, planas, y óvulos solitarios (no en conos).



Ejemplar de *Taxus baccata* (izquierda), detalle de las ramas (centro) y semillas (derecha). Observe el arilo carnoso que rodea la semilla

El género *Taxus* (tejo) tienen gran importancia, ya que a partir de *Taxus brevifolia* se obtiene **taxol** (paclitaxel) una potente sustancia antitumoral, empleada contra el cáncer de ovario y pecho. Más detalles sobre el descubrimiento y uso del taxol en:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Taxol>
<http://www.rinr.fsu.edu/fall2002/taxol.html>



Izquierda: **Arthur Barclay**, botánico que recogió las primeras muestras de *Taxus brevifolia* que se utilizaron en la búsqueda de principios activos, a principio de los años 60, **Monroe Wall y Mansukh Wani**, aislaron y purificaron el taxol en 1967 (centro), **Robert Holton** y su equipo 'fotografiados' cuando lograron sintetizar la droga en 1993

From Nature to Bench to Bedside
 History of the Discovery and Development of Taxol and Camptothecin

In 1966 RTI chemists isolated Taxol from the bark of *Taxus brevifolia*, and in 1971 Drs. Wall, Wani, and colleagues published its complete structure. Discovery of its unique mode of action by Dr. Susan Horwitz in 1979 catalyzed taxol's development by NCI. Supplies of the naturally occurring drug limited progress, but response rates in ovarian cancer clinical trials were remarkable. Bristol-Myers Squibb obtained rights to develop taxol and, in late 1992, FDA approval was granted for its use in refractory ovarian cancer. In 1993, a semi-synthetic route for taxol from renewable precursors resolved both supply and environmental concerns.

TAXOL Timeline

1962 Taxol structure reported to <i>J. of Am. Chem. Soc.</i>	1966-70 Studies to characterize taxol structure	1971 Taxol structure reported to <i>J. of Am. Chem. Soc.</i>	1979 Unique mechanism of action determined: promoting and stabilizing microtubule assembly	1985-86 Phase II clinical trials, activity in ovarian cancer	1992 Approved in record time for use against refractory ovarian cancer	1997 Approved for AIDS-related Kaposi's sarcoma in the US	2002 Historical marker dedicated to commemorate original collection of <i>Taxus brevifolia</i> 40 years earlier	
1965 Sample assigned to RTI for bioactivity-directed fractionation, based on NCI results of 1964	1966 Taxol isolated in pure form	1970 Defining Moments January: X-ray structure of methyl ester side chain April: X-ray structure of taxane core July: Tentative structure of taxol October: Final structure of taxol	1975-76 Taxol evaluated against a panel of tumor systems	1983-84 Phase I Clinical trials	1988-90 Semisynthesis of taxol	1994 Approved for use against breast cancer	1999 Taxol/cisplatin approved in US for non-small-cell lung cancer	2003 RTI's Natural Products Laboratory bestowed National Historic Chemical Landmark

Div. Gnetophyta

Incluye representantes de líneas que en la actualidad están muy diferenciadas entre sí aunque comparten algunos rasgos como la presencia de traqueas (vasos) en el xilema secundario, ausencia de canales resiníferos, hojas y brácteas opuestas, verticiladas o decusadas, los conos masculinos y femeninos compuestos, una envuelta extra rodeando el tegumento del óvulo, el micropilo que se proyecta en forma de tubo largo y el embrión con dos cotiledones.

Se reconocen 3 géneros, cada uno dentro de un orden distinto.

- O. Ephedrales: *Ephedra* (40 especies aprox.)
- O. Welwitschiales: *Welwitschia* (1 especie)
- O. Gnetales: *Gnetum* (40 especies aprox.)



Ephedra (izquierda), *Welwitschia* (centro) y *Gnetum*(derecha)

Ephedra es un género importante desde el punto de vista farmacológico, ya que de algunas especies como *E. sinica* se obtiene **efedrina**, un compuesto de acción broncodilatadora. Se usa como antitusígeno y antiasmático. También como vasoconstrictor nasal aunque puede dar problemas.

Referencias

- Burleigh, J.G. & Mathews, S. 2004. Phylogenetic signal in nucleotide data from seed plants: implications for resolving the seed plant tree of life. *American Journal of Botany* 91(10): 1599–1613. 2004.
- Gifford, E.M. & Foster, A.S. 1989. *Morphology and Evolution of Vascular Plants*. W.H. Freeman and Company
- Mauseth, J.D. 1995. *Botany. An introduction to Plant Biology*. Capítulo 24: Seed Plants I: Gymnosperms: Raven PH, Evert RF & Eichhorn SE. 1992 y 1999. *Biología de las Plantas*. Ed. Reverté. Barcelona.
- Niklas, K.J. 1997. *The Evolutionary Biology of Plants*. The University of Chicago Press.
- Van Wyk, B.-E. & M. Wink. 2004. *Medicinal Plants of the World*. An illustrated guide to important medicinal plants and their uses. Timber Press