

Gimnospermas

Biotaxonomía de Espermatófitas

Diversidad Vegetal

2013



UNNE



FACENA

INDICE

| | Página |
|--|---------------|
| Introducción | 2 |
| Subclase Cycadidae | 4 |
| Orden Cycadales | |
| 1. Cycadaceae | 10 |
| 2. Stangeriaceae | 12 |
| 3. Zamiaceae | 14 |
| Subclase Ginkgoidae | 16 |
| Orden Ginkgoales | |
| 4. Ginkgoaceae | 16 |
| Subclase Gnetidae | 18 |
| Orden Welwitschiales | |
| 5. Welwitschiaceae | 19 |
| Orden Gnetales | |
| 6. Gnetaceae | 21 |
| Orden Ephedrales | |
| 7. Ephedraceae | 23 |
| Subclase Pinidae | 26 |
| Orden Pinales | |
| 8. Pinaceae | 28 |
| Orden Araucariales | |
| 9. Araucariaceae | 32 |
| 10. Podocarpaceae | 36 |
| Orden Cupressales | |
| 11. Cupressaceae | 39 |
| 12. Sciadopityaceae | 46 |
| 13. Taxaceae | 48 |
| Reproducción | 51 |
| Cuadro comparativo de reproducción | 56 |
| Cuadro ilustrado corte longitudinal de óvulos | 57 |
| Cuadro ilustrado megagametofitos | 58 |
| Bibliografía | 59 |

Gimnospermas

De acuerdo a Judd *et al.* (1999) las plantas con semillas vivientes forman un grupo monofilético con 5 clados: Cícadas, Ginkgos, Coníferas, Gnetófitas y Angiospermas. Los cuatro primeros grupos han sido llamados Gimnospermas y según trabajos basados en datos morfológicos no serían un grupo monofilético. Sin embargo, estudios moleculares recientes sostienen que las gimnospermas actuales son monofiléticas (De-Zhi *et al.* 2004.; Bove *et al.* 2000). De todas maneras las relaciones filogenéticas entre los grupos actuales de las plantas con semillas no están aún bien resueltas.

Las Gimnospermas comparten con las Angiospermas el desarrollo de las semillas (espermatófitas) y constituyen el grupo de vegetales que ha alcanzado con éxito el medio terrestre y sus diversos hábitats. Para esta conquista han adquirido un conjunto de adaptaciones morfo-estructurales, funcionales y reproductoras superiores al resto de los organismos.

Las Gimnospermas aparecieron en el Paleozoico y alcanzaron su máximo esplendor en el Mesozoico, período en que han vivido la mayor parte de los representantes fósiles. Se reconocen actualmente cerca de 13 familias, 85 géneros con, aproximadamente, 1026 especies de distribución variada, de acuerdo a cada grupo (Judd, 1999). En la Argentina viven 20 especies agrupadas en 4 familias y 8 géneros (Morrone y Zuloaga, 1996; Hunziker, 1996), la mayor parte concentradas en los bosques andino-patagónicos.

El término Gimnospermas significa, literalmente, **semillas desnudas** y sirve para designar un importante carácter de todas aquellas plantas en las cuales los **óvulos (megasporangios) nacen en una posición expuesta sobre esporofilos** o estructuras equivalentes. En contraste, las Angiospermas o plantas con flores desarrollan sus **óvulos y semillas** dentro de un **ovario**.

El grupo más grande e importante desde el punto de vista económico son las Coníferas. Algunas **coníferas** no sólo son las **plantas más grandes de la tierra**, sino que también son las más **longevas** (*Sequoia gigantea*, 4000 años); tienen una distribución muy amplia formando forestas en los dos hemisferios. Los **Ginkgos y Cícadas** representan miembros sobrevivientes y extremadamente antiguos y en el mundo moderno se consideran **fósiles vivientes**.

Exceptuando las Gnetidae, que tienen **miembros de vasos** más eficientes en el transporte de agua, pero más propensos a sufrir daños irreparables durante la sequía, las Gimnospermas tienen **traqueidas** como elementos conductores del xilema.

Con excepción de las Cycadidae y algunas Gnetidae, las Gimnospermas son **polinizadas por el viento**.

El **intervalo entre polinización y fertilización** es diferente en cada división. Puede ser **muy lento** y la semilla puede estar madura recién a los 3 años (*Pinus*). En **Cycadidae y Ginkgoideae** comprende de 3 a 5 meses y en *Ephedra* entre 10 y 15 horas.

Según **Gifford y Foster (1996)**, en las Gimnospermas se podían reconocer **cuatro divisiones**: Cycadophyta, Ginkgophyta, Coniferophyta y Gnetophyta. Sin embargo, de acuerdo al nuevo **sistema de clasificación propuesto por Chistehusz *et al.* 2011**, actualmente se reconocen **4 subclases** que pueden ser reconocidas utilizando la siguiente clave:

A. Tallo no ramificado o parcialmente subterráneo, hojas pinnadas rara vez bipinnadas, vernación circinada.

1. Subclase Cycadidae

A'. Tallo ramificado, hojas simples, enteras o lobadas, de vernación variada nunca circinada.

B. Hojas flabeliformes, nervios dicotómicos, vernación variada, nunca circinada.

2. Subclase Ginkgoideae

B'. Hojas no flabeliformes, linear, lanceolada u oval, uninervadas rara vez multinervadas.

C. Megasporofilos y microsporofilos reunidos en conos generalmente leñosos, sin brácteas protectoras. Plantas generalmente con conductos resiníferos, leño secundario sin tráqueas.

3. Subclase Pinidae

C'. Megasporofilos y microsporofilos reunidos en conos generalmente carnosos, con brácteas protectoras. Plantas sin conductos resiníferos, leños secundarios con tráqueas.

4. Subclase Gnetidae

Existen 4 familias que poseen representantes en Argentina, los cuales figuran en la siguiente tabla:

| FAMILIA | ESPECIES | NOMBRE VULGAR |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Podocarpaceae | <i>Saxegothaea conspicua</i> | maniú |
| | <i>Prumnopitys andina</i> | lleuque |
| | <i>Podocarpus parlatorei</i> | Pino del cerro |
| | <i>Podocarpus nubigenus</i> | Mañiú macho |
| | <i>Podocarpus lambertii</i> | Pinheirinho |
| | <i>Lepidothamnus fonkii</i> | Ciprés enano |
| Araucariaceae | <i>Araucaria angustifolia</i> | Pino Paraná, Curiy |
| | <i>Araucaria araucana</i> | Pehuén, Pino chileno |
| Cupressaceae | <i>Pilgerodendron uviferum</i> | Ten |
| | <i>Austrocedrus chilensis</i> | Ciprés |
| | <i>Fitzroya cupressoides</i> | Alerce |
| Ephedraceae | <i>Ephedra multiflora</i> | |
| | <i>Ephedra boelckeii</i> | |
| | <i>Ephedra tweediana</i> | |
| | <i>Ephedra chilensis</i> | |
| | <i>Ephedra frustillata</i> | |
| | <i>Ephedra rupestris</i> | |
| | <i>Ephedra triandra</i> | |
| | <i>Ephedra americana</i> | |
| | <i>Ephedra breana</i> | |
| <i>Ephedra ochreatea</i> | | |

SUBCLASE CYCADIDAE

Esta subclase comprende un **único orden Cycadales** y actualmente se reconocen **3 familias**.

1. Características

Los representantes de este grupo son **plantas leñosas**, con **tallos no ramificados**. Los tallos pueden ser **parcial o totalmente subterráneos o emergentes**, en algunos casos presentan estípites altos (Ej. ***Microcycas colocoloma***, de Cuba, hasta 18 m. alt.). En muchas especies las **hojas son unipinnadas** y forman una corona de hojas en el ápice del tallo, dando el aspecto de helechos arbóreos o palmeras. Las hojas de ***Stangeria*** son similares a la de los helechos, mientras que las hojas de ***Bowenia*** son **binpinidas**. Las **raíces** presentan **geotropismo negativo**, las principales son gruesas y carnosas, a menudo tuberosas. Todas las especies tienen **raíces coraloideas** que **se asocian simbióticamente con cianobacterias fijadoras de nitrógeno** (ej. *Anabaena cicadea*), muchas especies también forman **micorrizas arbusculares vesiculares** (Jones 1993; Brundrett 2008). Otra característica única de las cicadales es que poseen el **meristema apical más largo entre las plantas vasculares**, de hasta más de **3 mm**.

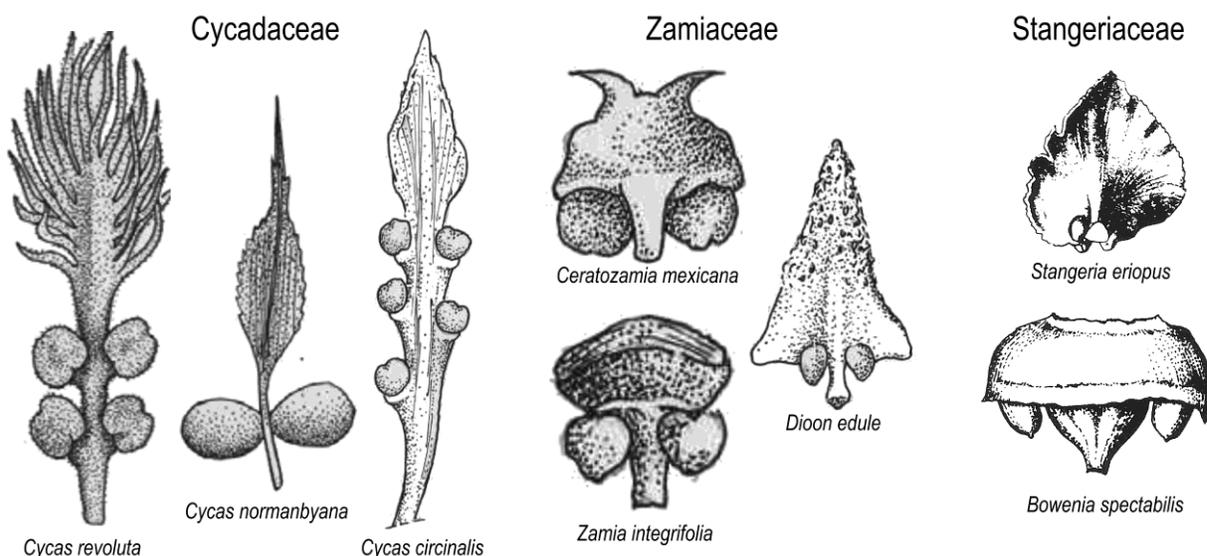
Los órdenes **Cycadales** y **Ginkgoales** son las **únicas** entre las plantas con semillas que poseen **células espermáticas móviles** (Jones 1993).

Estructuras reproductivas: son plantas **dioicas**. En todos los géneros, con **excepción de *Cycas*** ambos tipos de **estróbilos** son estructuras como **conos compactos con crecimiento definido**, en algunos géneros son axilares y laterales. **Estróbilos microsporangiaados:** con **numerosos microsporofilos peltados o escamosos que llevan microsporangios en su superficie inferior o abaxial**. El número de microsporangios por esporofilo varía **entre 1000 hasta un número reducido en pseudosoros**.

Estructuras megasporangiaadas: la mayoría de los géneros presentan **conos o estróbilos con megasporofilos que varían en tamaño y forma**. En muchos casos su forma tiene valor sistemático en la caracterización de géneros y especies. En ***Zamia*, *Microcycas* y *Ceratozamia*** los **megasporofilos son peltados, cada uno lleva dos óvulos**. En el género ***Cycas*** sin embargo, los **óvulos se disponen sobre un megasporofilo que no forma estróbilos**. En ***Cycas revoluta***, el **megasporofilo es pinnatífido** (estructuras parecidas a hojas divididas) y lleva **6-8 óvulos lateralmente ubicados**.

Los óvulos y los conos megasporangiaados de las **Cycadidae** son grandes comparados con los de las otras Gimnospermas.

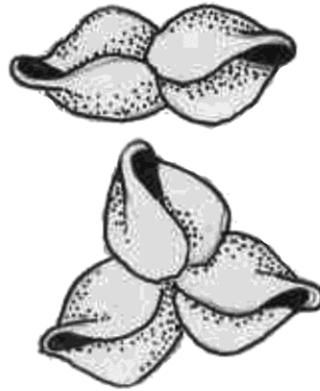
Variación de Megasporofilos



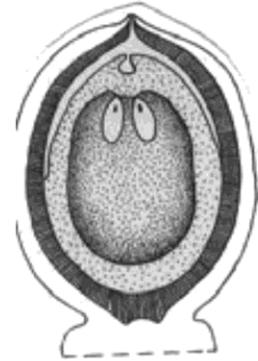
Estructuras reproductivas



Microsporofilo

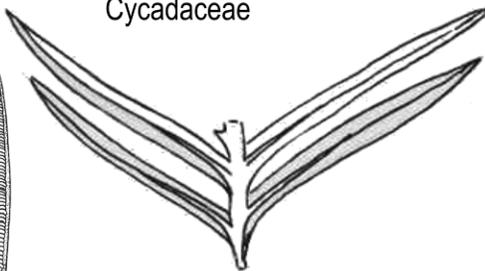
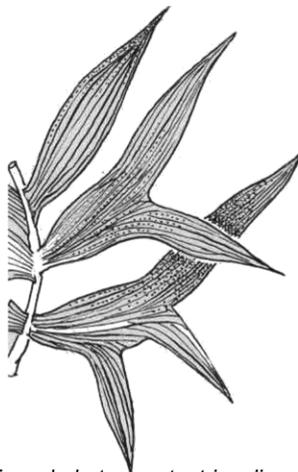
Detalle del
microsporofilo

Microsporangios

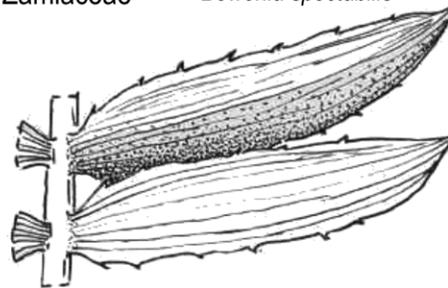
Corte longitudinal del
óvulo

Variación del tipo de hojas

Cycadaceae

*Cycas media**Cycas sp.* Primordio
foliar circinado*Encephalartos septentrionalis*

Zamiaceae

*Bowenia spectabilis**Encephalartos horridus*

Stangeriaceae

*Stangeria eriopus*

2. Polinización: generalmente **anemófila**. El polen llega a la cámara polínica por la retracción de la gota polinizante o néctar cuya formación es un fenómeno cíclico y cesa definitivamente cuando se efectúa la polinización. La misma ocurre cuando el gametófito está en estado nuclear libre. El intervalo entre polinización y fertilización es de 5 meses.

Muchas plantas de este grupo son **polinizadas por insectos** (siendo los polinizadores en todos los casos miembros de familias de insectos relativamente primitivas). Las pocas especies que fueron estudiadas

son polinizadas por una o dos especies de insectos, típicamente Coleópteros, pero también existen casos de polinización por medio del género más primitivo conocido de abejas: *Trigona*. Generalmente los polinizadores se aparean y oviponen en los conos megasporangiados; esto sugiere que la polinización por insectos es anterior a las Angiospermas y data del Pérmico. La polinización en *Encephalartos* la efectúan algunos insectos, principalmente coleópteros.

En *Macrozamia lucida* la polinización se lleva a cabo por unos insectos denominados trips (*Cycadothrips chadwicki*). La planta utiliza un sistema doble, de calor y olor, para atraer a los insectos polinizadores. Así, la planta se calienta y emite un olor tóxico para expulsar a los insectos de los conos masculinos y usa un olor más agradable para atraer a los mismos polinizadores hacia los conos femeninos (Siegel, 2007).

3. Distribución y hábitat: de acuerdo a recientes estudios paleobotánicos, las cícadas se originaron en Pangea durante el pérmico temprano y alcanzaron su mayor abundancia y diversidad durante el jurásico, luego sufrieron una brusca caída en el período cretácico durante la radiación de las angiospermas. Su edad como grupo ha sido estimada en 280 millones de años, el período de máximo desarrollo coincide con la edad de los dinosaurios gigantes, cuyas hojas comían los herbívoros. Hoy en día están restringidas a áreas tropicales y subtropicales del nuevo y viejo mundo. Actualmente se reconocen **3 familias**, **10 géneros** bien definidos y **130 especies**. Las familias **Cycadaceae** y **Stangeriaceae** se distribuyen **exclusivamente en el viejo mundo**. Sin embargo la familia **Zamiaceae** se distribuye en el **veijo y nuevo mundo**. En América habitan cinco géneros, **Microcycas** (endémica de Cuba), **Ceratozamia** y **Dioñ** (endémicas de México), **Zamia** (endémica del sur de Florida) y **Chigua**, de Colombia.

4. Representantes de las Cycadidae

| FAMILIA | GÉNEROS | DISTRIBUCIÓN |
|---------------|--|--|
| Stangeriaceae | 1. <i>Bowenia</i> (2sp) 2. <i>Stangeria</i> | Australia África |
| Cycadaceae | 1. <i>Cycas</i> (20 sp) | Asia, Australia, Madag., Malasia, Polinesia |
| Zamiaceae | 1. <i>Zamia</i> (40 sp) 2. <i>Lepidozamia</i> (2sp) 3. <i>Macrozamia</i> (14 sp) 4. <i>Encephalartos</i> (35 sp) 5. <i>Dioon</i> (10 sp) 6. <i>Ceratozamia</i> (10 sp) 7. <i>Chigua</i> (2 sp) 8. <i>Microcycas</i> (1sp) | EE.UU., México hasta Bolivia y Brasil Australia Australia África América (de México a Honduras) América (México a Belice) Colombia Cuba |

Observación: Las bases de datos actuales on line como www.conifers.org, the cycad pages, o virtual cycad encyclopedia reconocen a estas tres familias. Sin embargo Christenhusz et al. 2011, reconocen sólo 2 familias **Cycadaceae** y **Zamiaceae**, en esta última ubican a los representantes de la familia Stangeriaceae.

5. Importancia: Algunas partes de estas plantas pueden ser **toxicas**, aunque muchas culturas han aprendido como lidiar con este problema (*Dioon edule* ocasiona pérdidas de reses en algunas partes de México). Las **semillas** de los géneros **Cycas** (en el sureste Asiático), **Dioon** (México) **Encephalartos** (África) y **Macrozamia** (Australia) son utilizadas como **fuentes de alimento**. Del **tallo** se obtiene **almidón**

(llamado sago por los nativos), el cual se ha extraído con fines comerciales en Florida. Los tóxicos (tipos de glicósidos) que poseen los miembros de este grupo son de efecto acumulativo a lo largo de la vida del individuo, lo que causó numerosos intentos de erradicar a estas plantas de Australia. En Asia sin embargo los tóxicos de los ejemplares se utilizan para capturar peces.

Las hojas se utilizan como sustitutas de las hojas de palmas usualmente como **ornamento**. Muchas especies son ornamentales, siendo la más cultivada ***Cycas revoluta***.

6. Datos interesantes

Los conos de todos los miembros de la subclase Cycadidae (excepto ***Stangeria***) producen calor cuando expulsan polen o bien cuando se encuentran receptivos. La temperatura del cono puede exceder la temperatura ambiente entre 1°C a 17°C, lo que provoca la evaporación de aceites esenciales y podría promover la actividad de los polinizadores.

Las semillas son dispersadas por la gravedad o por el agua (teniendo éstas distintos mecanismos para flotar) pudiendo viajar grandes distancias a través del mar. Las especies que se encuentran dentro del continente poseen sarcotestas con colores brillantes y son dispersadas por animales.

Estas plantas están adaptadas a numerosas condiciones extremas; en general son resistentes al fuego, perdiendo las hojas durante la quema, y rebrotando inmediatamente después de esta. En el otro extremo, algunas pocas especies son capaces de resistir la escarcha.

7. Fijación de nitrógeno

Todas las especies dentro de esta subclase poseen raíces coraloides o neumatóforos, en las cuales se alojan en simbiosis algas verdeazuladas fijadoras de Nitrógeno. Las Cycadides proveen a las bacterias endosimbióticas carbono fijado a través de fotosíntesis, a cambio de nitrógeno fijado por estas últimas. El nitrógeno es un macronutriente esencial en la composición de proteínas y de ácidos nucleicos principalmente, es el elemento más abundante de la atmosfera terrestre, representando cerca del 78% de la misma. A pesar de ser un elemento tan abundante no puede ser captado por las plantas verdes, las cuales solo lo pueden absorber en forma de Nitrito, Nitrato o amonio. El trabajo de la cianobacteria es captar el Nitrógeno atmosférico y metabolizarlo a una forma en que las plantas sean capaces de absorber.

Los beneficios obtenidos por las Cycadidae son claros, pero aún se desconocen los beneficios que obtienen las cianobacterias. Las cianobacterias son organismos, por naturaleza, extremadamente autosuficientes: producen sus propios fotoasimilados vía fotosíntesis. Se piensa que las Cycadidae le brindarían recursos que las bacterias no pueden captar debido a la profundidad a la que se encuentran, así el alga verdeazulada tendría acceso a una cantidad mayor de nutrientes. Además, también estarían protegidas de la desecación y del pastoreo.

Las condiciones para el desarrollo de las raíces coraloides son pocas, básicamente abundante luz. Se comprobó que la luz estimula el crecimiento de raíces pre coraloides, a partir de la transformación de raíces laterales normales. Las raíces coraloides tienen apariencia de hinchadas, y están cubiertas por una secreción cremosa amarilla. Esta capa jugaría un importante papel en la mantención de un ambiente húmedo propicio para las bacterias. A medida que la contracción de la raíz precolaroide progresa, comienzan a desarrollar un comportamiento apogeotrópico, dirigiéndose hacia la superficie del suelo. Cerca de la superficie estas raíces se ramifican dicotómicamente.

En este ambiente se produce la colonización de las raíces por cianobacterias; luego de esta se producen una serie de cambios morfológicos/ anatómicos consecuencia de la especialización celular.

8. Clave para la diferenciación de las familias

1- Frondes simplemente pinnadas. Pinnas con una sola vena media. Megasporofilos sin formar estróbilos.

Cycadaceae

1- Frondes bipinnadas o simplemente pinnadas con infinitas venas laterales o longitudinales. Megasporofilos formando conos.

2- Pinnas con vena media y con infinitas venas paralelas o longitudinales. Variedad morfológica en esporofilos y tallos.

Zamiaceae

2'- En frondes simplemente pinnadas, las pinnas tienen una vena media definida e infinitas venas transversales, paralelas o divididas dicotómicamente. Esporofilos imbricados pero forman columnas verticales. Tallo subterráneo desnudo.

Stangeriaceae

9. Clave para la diferenciación de géneros (extraída de The Cycad Pages)

1 - Pinna con una nervadura central y sin venas secundarias. **Cycas**

1'- Pinna con venas múltiples

2 - Hojas bipinnadas. **Bowenia**

2'- Hojas unipinnadas

3 - Pinna con nerviación pinnada. **Stangeria**

3'- Pinna con nerviación paralela

4 -Pinna con articulación, esporofilos ubicados en espiral

5- Pinnas insertas en la mitad del raquis **Lepidozamia**

5'- Pinnas insertas cerca del nacimiento del raquis

6- Foliolo con callo basal presente, apicalmente los esporofilos presentan forma de espina aguda dirigida hacia arriba.

Macrozamia

6'- Foliolo con callo basal ausente, esporofilos sin ápice agudo dirigidos hacia arriba

7- Esporofilos con ápices aplanados y superpuestos.

Dioon

7'- Esporofilos con ápices truncados no superpuestos.

Encephalartos

4'- Foliolos con articulación ausente, esporofilos ubicados en filas verticales

8 - Foliolo con una vena media discernible. **Chigua**

8'- Foliolo sin vena media discernible

9 - Hojas apicalmente truncadas. **Microcycas**

9'- Hojas no truncadas apicalmente

10 - Esporofilos con dos cuernos. **Ceratozamia**

10'- Esporofilos con cuernos faltantes. **Zamia**

10. Ilustraciones

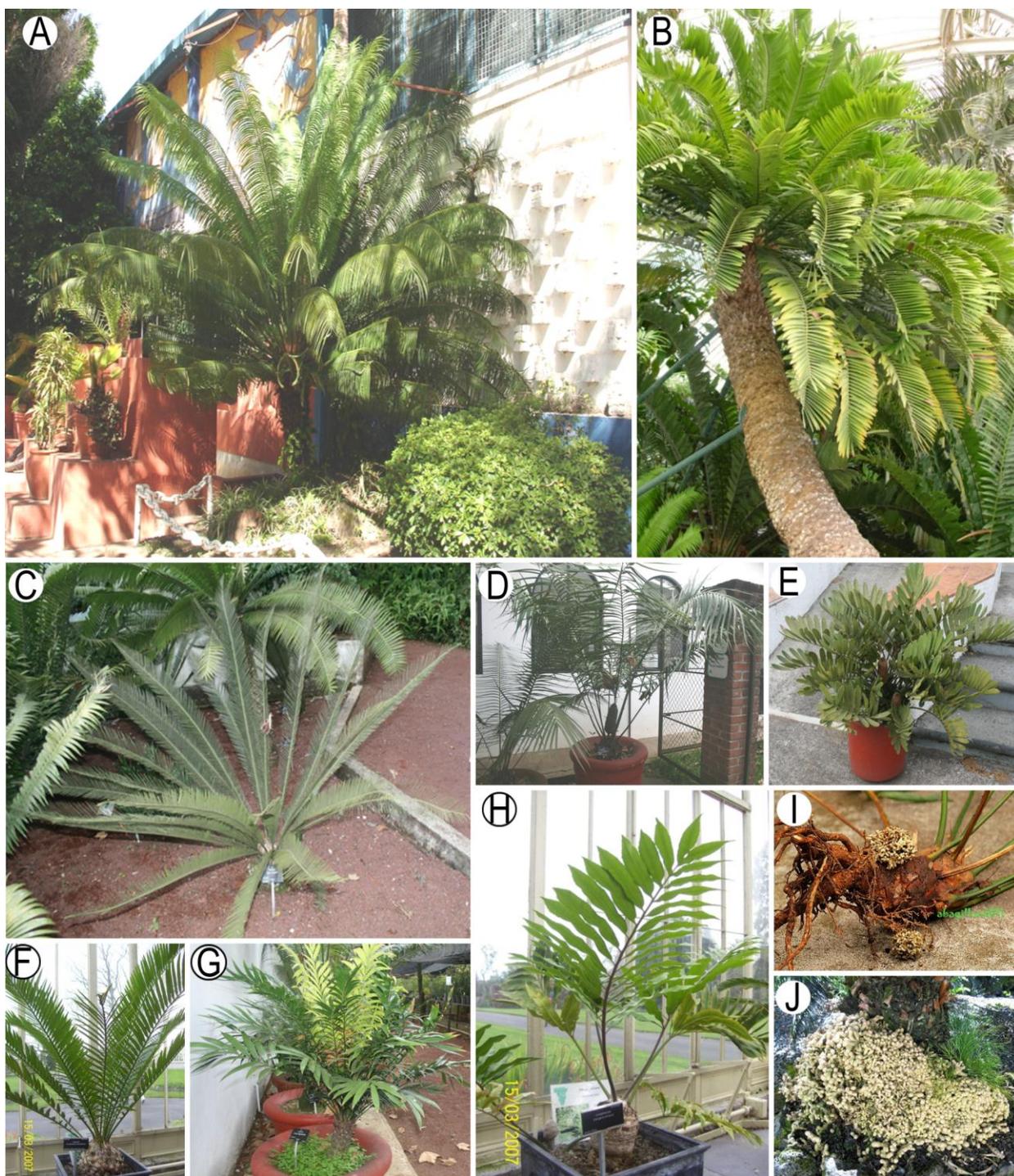


Fig. 1. Portes. A. *Cycadaceae*, *Cycas circinalis*; B-G. *Zamiaceae*, B. *Microcycas* sp., C. *Dioon purposil*, D. *Ceratozamia mexicana*, E. *Zamia furfuraceae*, F. *Encephalartos lebombensis*, G. *Zamia elegantissima*; H. *Stangeriaceae*, *Stangeria eriopus*. I-J. **Raíces coraloides**. Créditos fotográficos: A-H. E. Cabral; I. extraído de <http://abagillon.blogspot.com.ar/2011/07/foods-for-dinosaurs.html>; H. extraído de http://www.cycad.org/publications/illustrated_glossary.htm

Cycadaceae

1. Características

Las Cycas se reconocen por las pinnas las cuales poseen una **única vena media** y las venas secundarias son poco evidentes. El género *Cycas* es considerado el más primitivo dentro de la subclase Cycadidae.

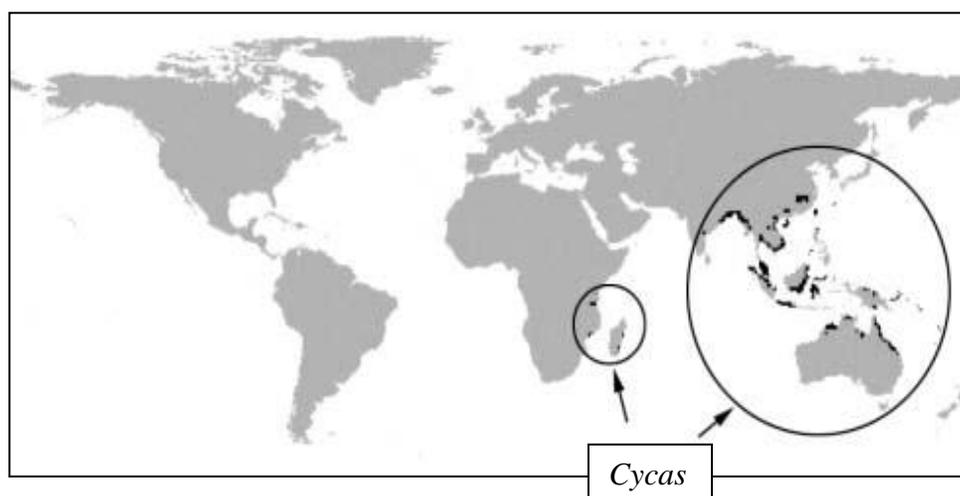
Porte: tallo ovoide y subterráneo o bien delgado a ancho y emergente. Las bases foliares son persistentes y quedan fijas al tronco cuando las láminas abscionan.

Hojas: los primordios foliares poseen las pinnas circinadas (no toda la lámina) con pelos persistentes o caedizos. Las hojas adultas son pinnadas con sección transversal en forma de V. Los catafilos son prominentes y alternos generalmente rígidos y puntiagudos con aspecto de escamas. Los peciolo están engrosados y presentan pelos en la base. Generalmente presentan espinas en dos series opuestas (producidas por reducción de pinnas). Pinnas con una marcada vena media, de forma acicular, lanceolada o falcada, en la mayoría de los casos con los bordes enteros aunque pueden presentar bordes serrulado en el tercio distal de la pinna. El raquis carece de callo basal.

Estructuras reproductivas: marcadamente disimiles en tamaño y forma. **Conos microsporiados:** los microsporofilos se disponen muy juntos formando una estructura compacta y cilíndrica. Cada microsporofilo porta numerosos sacos polínicos en su lado abaxial. Grano de polen monosulcado. **Estructura megasporangiada:** los megasporofilos no se disponen formando un cono o estróbilo. Los esporofilos se encuentran insertos alrededor del ápice vegetativo del tallo, formando una corona. Los megasporofilo son peltados y su parte distal puede ser pinnatifido, pectinado, dentado o entero. Sobre cada megasporofilo se ubican de forma lateral los óvulos en número variable, generalmente entre 2 a 8, raramente son únicos.

2. Distribución y Ecología

Sudeste de Asia, el sur de China, Malasia, Australia tropical, Oceanía, Japón, África y Madagascar. Los hábitats varían ampliamente, desde las tierras bajas costeras y cercanas a las costas hasta colinas del interior del continente. Muchas especies crecen en los bosques, algunos en los pastizales, y muchos en pendientes rocosas y acantilados donde la vegetación es escasa. Algunos se encuentran en zonas donde son frecuentes incendios forestales. Las especies que crecen en las regiones áridas, son caducas durante la estación seca. Las que se encuentran en lugares costeros, poseen semillas con dispositivos flotadores lo que les ha dado una amplia distribución.



3. Ilustraciones

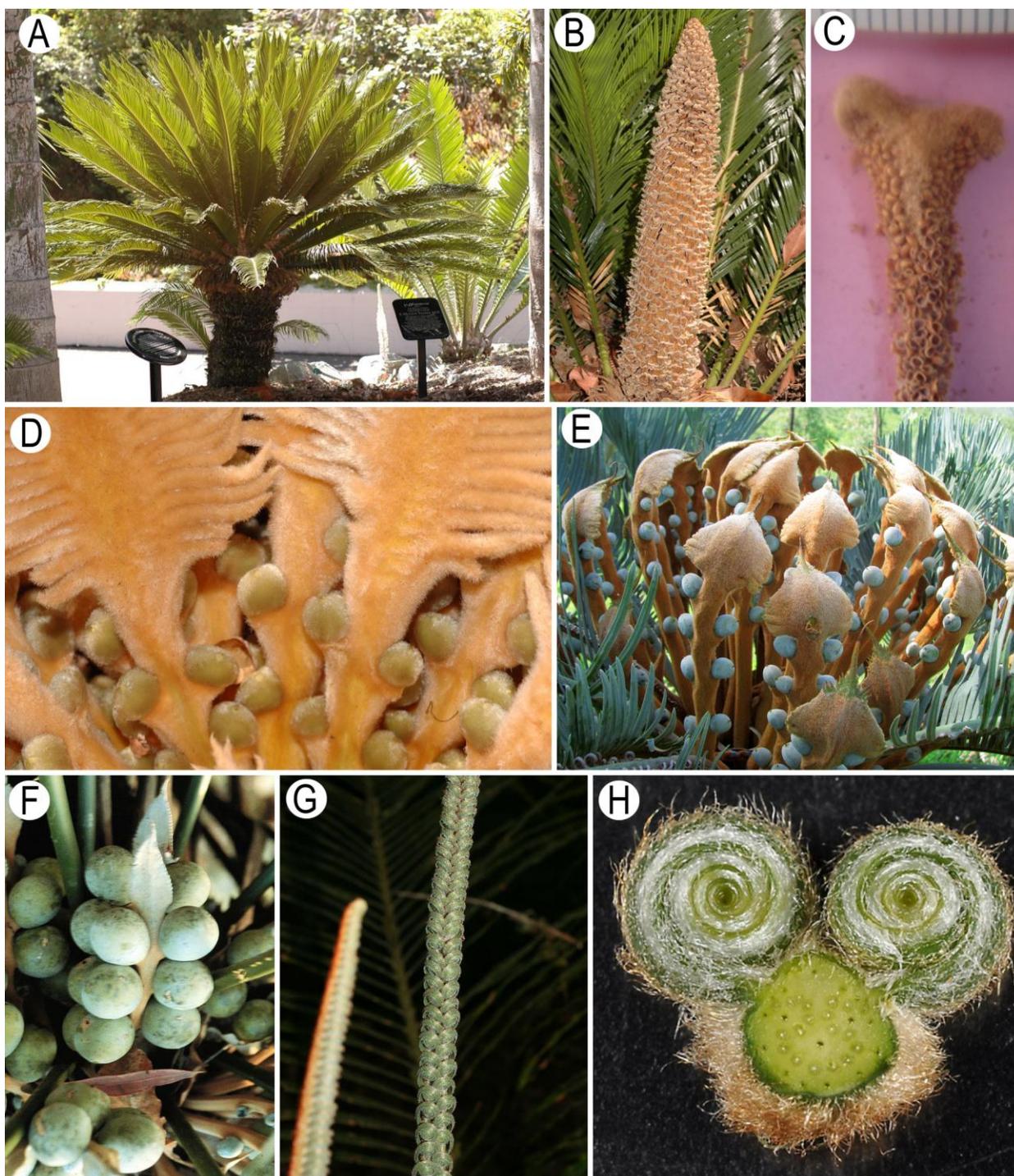


Fig. 1. A-D. *Cycas revoluta*, A. Porte, B. Estróbilos microsporangiados, C. Detalle del microsporofilo, D. Megasporofilo; **E.** Megasporofilo de *Cycas platyphylla*; **F.** Megasporofilo de *Cycas couttsiana*, **G-H.** Primordio foliar de *Cycas* sp., G. Sección de hoja mostrando las pinnas circinadas, H. Corte transversal de la hoja. **Créditos:** A-B y D-G. Imágenes extraídas de www.gimnosperms.org; B. W. Medina; H. imagen extraída de http://www.phytoimages.siu.edu/imgs/pelserpb/r/Cycadaceae_Cycas_sp_21932.html

Stangeriaceae

1. Características

Porte: son cicádeas pequeñas con el tronco subterráneo carnoso en el género *Bowenia*. El vástago puede ramificarse dicotómicamente en ángulo recto para formar muchos puntos de crecimiento

Hojas: pinnadas simples o bipinnadas, de color verde oscuro similares a las hojas de un helecho. En *Stangeria* las pinnas son glabras; peciolo 10-80 cm de largo, poseen una base peciolar hinchada y con pelos. El peciolo no posee espinas. La lámina está constituida por 40 folíolos linear-lanceolados a lanceolados, de textura fina y ligeramente coriáceas. En *Bowenia* las hojas son erectas, arqueadas, cada rama radicular puede portar 1-7 hojas. Las hojas poseen largos peciolos delgados, con bases peciolares hinchadas y con pelos; las pinnulas son opuestas o alternas en cada raquis secundario los cuales a su vez poseen una pinnula terminal.

Estructuras reproductivas: En *Stangeria*: **Conos microesporangiados:** son cilíndricos, solitarios en cada punto de crecimiento, están cubiertos de pelos cortos de color plata cuando son jóvenes, y se vuelven color marrón amarillento cuando madura; los esporófilos son de contorno triangular a romboide, carecen de espinas. **Conos megasporangiados:** son ovoides a elipsoides, cubiertos de pelos plateados cuando jóvenes, de y color verde oscuro y con menor densidad cuando maduran; esporófilos son ligeramente convexos y se superponen entre sí.

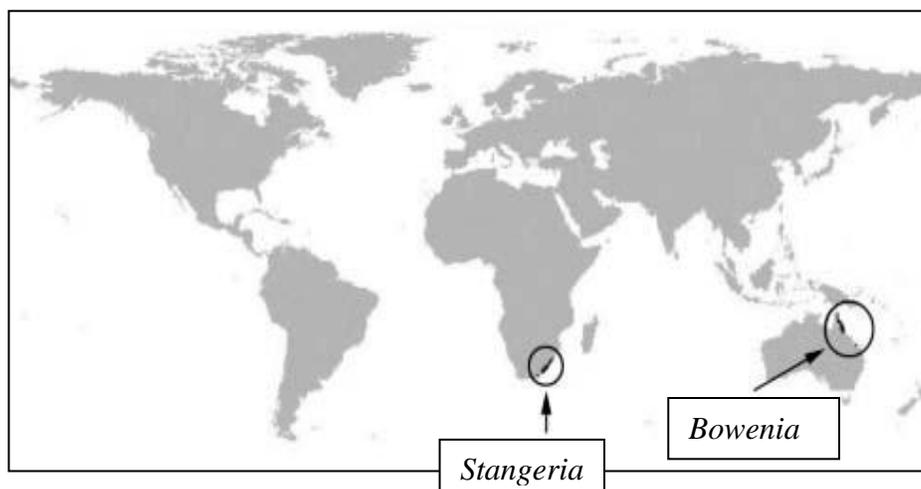
En *Bowenia*, los esporofilos son peltados con su superficie exterior pilosa y sin ninguna ornamentación. Su disposición es muy similar a los conos de *Stangeria*.

Semillas: En *Bowenia* la sarcotesta posee color rosado o púrpura y en *Stangeria* la sarcotesta es roja o violeta.

2. Distribución y Ecología

***Bowenia*:** Australia: se distribuye en las costas de Queensland. Habita de zonas bajas hasta elevaciones medias y mesetas. Se encuentran dentro o en los márgenes de las selvas tropicales, en las laderas protegidas de bosques abiertos, y en las zonas ribereñas. Prefieren los suelos bien estructurados y las zonas de incendios infrecuentes.

***Stangeria*:** se distribuye en las costas del sudeste de África del Sur entre 27 ° S y 33 ° S y a 50 km del mar, aunque alejado de niebla salina. Prefieren los hábitats abiertos y densos bosques de hoja perenne, y pastizales cortos. Se encuentran en suelos arenosos y con arcillas negras gruesas.



3. Ilustraciones

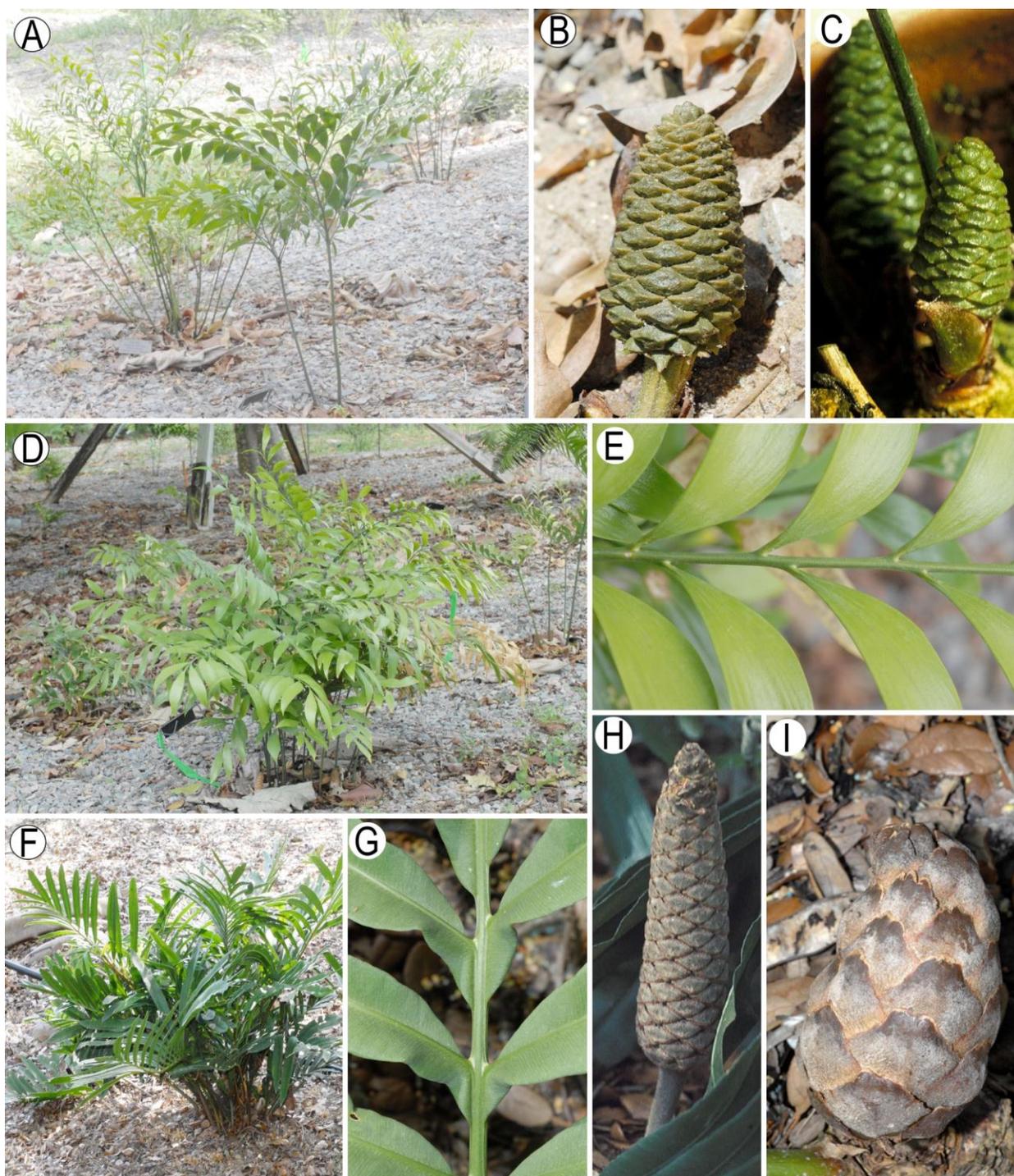


Fig. 1. A-C. *Bowenia serrulata*, A. Porte, B. Estróbilo microsporangiado, C. Estróbilo megasporangiado; **D-E.** *Bowenia spectabilis*, D. Porte, E. Detalle de hojas; **F-I.** *Stangeria eriopus*, F. Porte, G. Detalle de hojas, H. Estróbilo microsporangiado, I. Estróbilo megasporangiado. **Créditos:** A-I. Imágenes extraídas de www.gymnosperms.org;

Zamiaceae

1. Características

Porte: Tallos subterráneos con el ápice expuesto o bien tallos erectos, con crecimiento similar a las palmeras. Los tallos son carnosos, gruesos, cilíndricos, simples o ramificados irregularmente.

Raíces: de longitud variable con pequeñas raíces secundarias. Las raíces coraloides se desarrollan en la base del tallo expuestas o por debajo de la superficie del suelo.

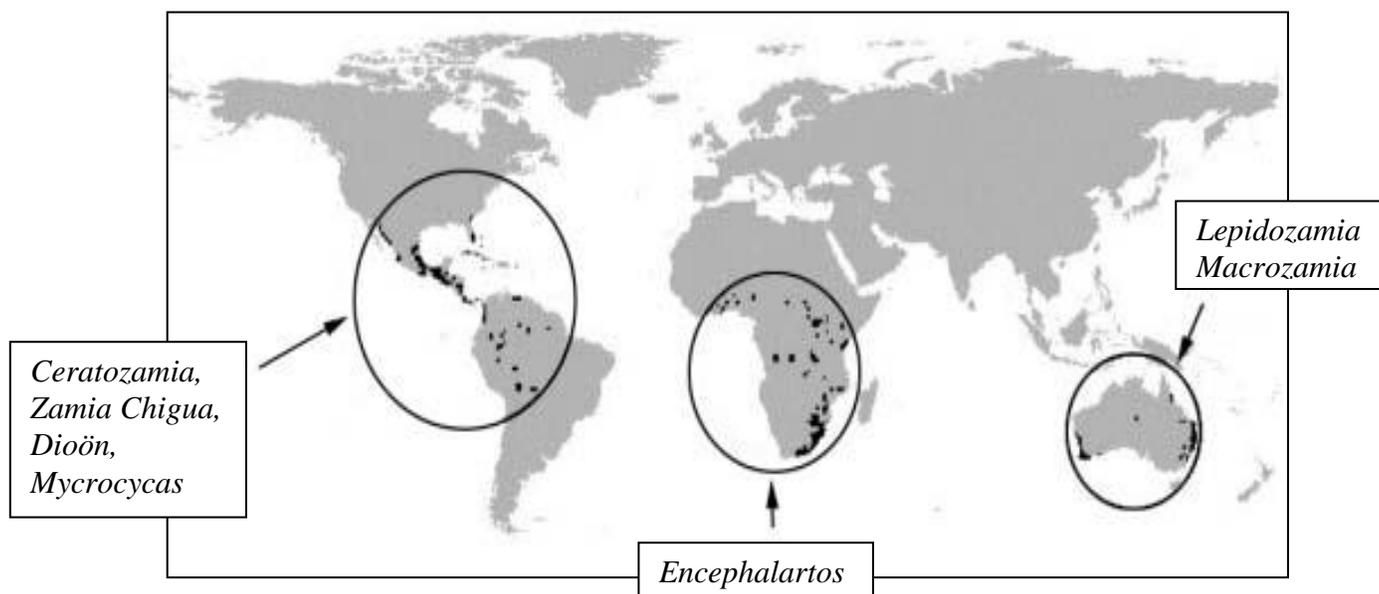
Hojas: son compuestas, pinnadas, se disponen en espiral sobre la superficie del tronco; su textura es coriáceas, los folíolos son enteros de venación dicotómica o reticulada y borde dentado o espinoso: los canales resiníferos están ausentes.

Estructuras reproductivas: son axilares, cortamente pedunculados o sésiles, desintegrándose en la madurez; los esporófilos están dispuestos en espiral. **Conos microsporangios:** descargan el polen tempranamente, son generalmente más pequeños y más numerosos que los conos megasporangios; los esporófilos portan numerosos microesporangios (sacos polínicos) adaxialmente; los granos de polen son esferoidales. **Conos megasporangios:** persisten un año o más, 1 (2) por planta, casi globosos u ovoides, son cónicos o romos en el ápice; megasporófilos peltados, engrosados y expandidos lateralmente; portan 2 (3) óvulos.

Semillas: son angulares, poseen la capa interior del tegumento endurecida y la capa exterior carnosa, a menudo de colores brillantes; 2 cotiledones.

2. Distribución y Ecología

Australia (*Chigua*, *Lepidozamia*, *Macrozamia*), Neotrópico desde Georgia a Bolivia, (*Ceratozamia*, *Dioon*, *Microcycas*, *Zamia*) y África subsahariana (*Encephalartos*). Todas las especies ocupan hábitats tropicales o subtropicales, con regímenes de precipitación desde el semiárido (pantanos) o bosques tropicales.



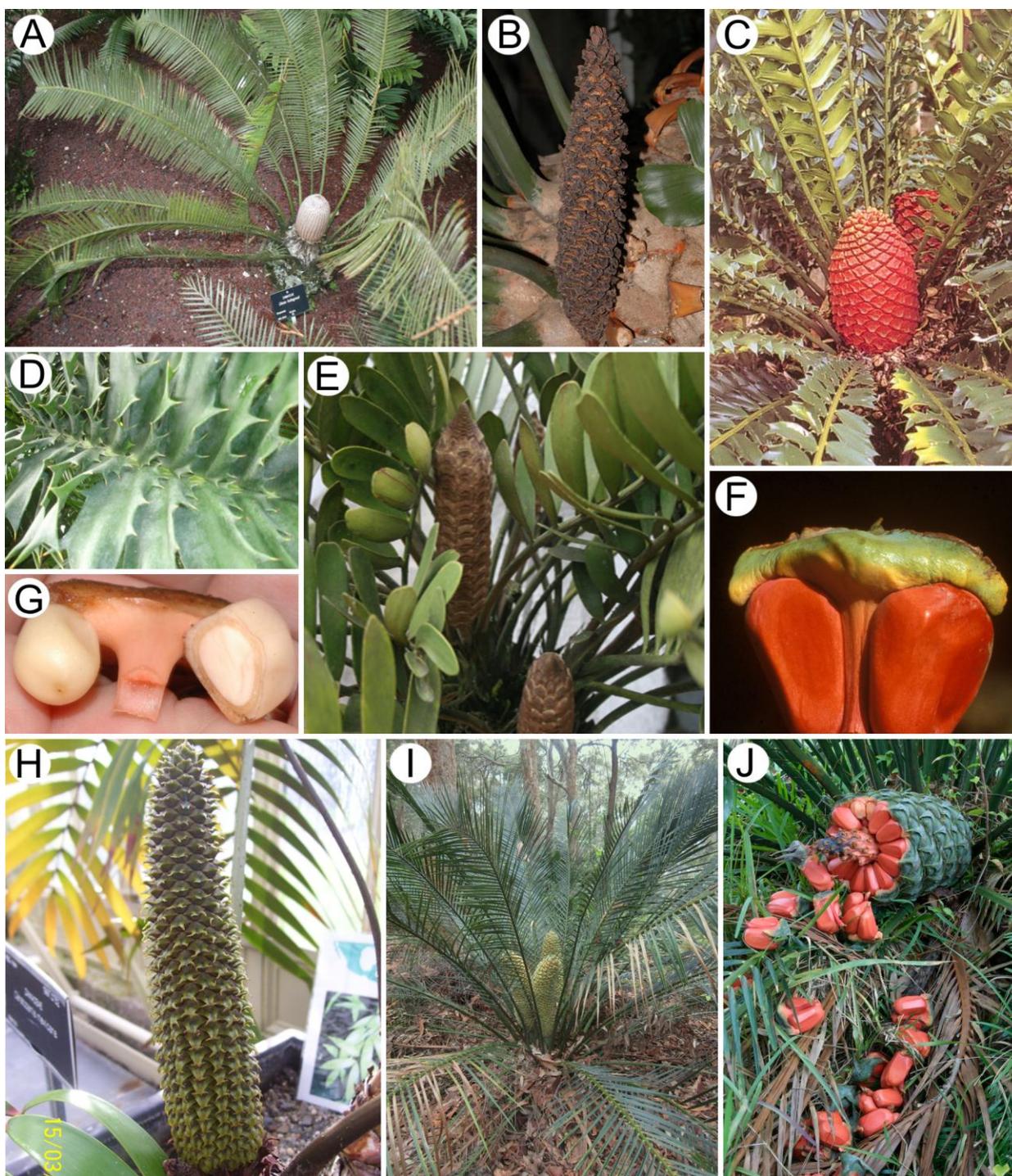


Fig. 1. **A.** *Dioon holmgrenii*, planta con cono macrosporangiado; **B-D.** *Encephalartos* sp. **B.** Cono microsporangiado, **C.** Estróbilo megasporangiado, **D.** Detalle de la hoja; **E.** *Zamia furfuracea*, Estróbilo megasporangiado; **F.** *Lepidozamia* sp., detalle del megasporofilo con 2 semillas; **G.** *Zamia* sp., detalle del megasporofilo con 2 semillas. **H.** *Ceratozamia mexicana*, estróbilo megasporangiado. **I-J.** *Macrozamia communis*, **I.** Planta con estróbilos microsporangios, **J.** Estróbilo megasporangiado fructificado.
Créditos: A, C, D, E, H.- Cabral, E. L.; B, G, F, I, J.- Imágenes extraídas de www.gymnosperms.org;

SUBCLASE GINKGOIDAE

Orden Ginkgoales

Esta subclase y orden esta actualmente representada por una sola familia, cuya única especie, *Ginkgo biloba* L., es conocida como árbol de la vida, árbol de los cuarenta escudos, árbol de oro o fruto de plata.

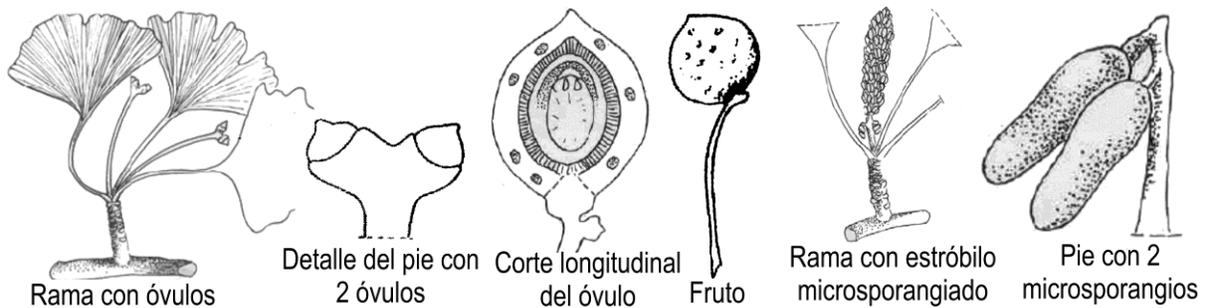
Familia Ginkgoaceae

1. Características

Porte: árbol **dioico** de gran porte, **ramas extendidas lateralmente**.

Hojas: simples, pecioladas, caducas, dispuestas en **fascículos sobre braquiblastos**, con la **lámina en forma de abanico, entera, dentada o lobulada en la porción superior**, recorridas **longitudinalmente** por numerosos **nervios**. Entre las gimnospermas es el **único representante que posee las láminas planas con nervaduras dicotómicas que se extiende desde el peciolo**, característica primitiva que lo asemeja con las frondes de pteridofitas.

Estructuras reproductivas: **Estróbilo microsporangiado:** **péndulo**, consiste de un **eje principal**, al cual están **adheridos numerosos microsporofilos**. La porción parecida al pie de cada microsporofilo usualmente **soporta dos microsporangios en la punta**. **Estructura ovulífera:** consiste de **un pie con 2 (ocasionalmente 3 ó más) óvulos erectos**. Cada óvulo está **encerrado basalmente por una excrecencia en forma de anillo, llamado "collar"**. Esta **estructura ha sido interpretada como un esporofilo reducido y vestigial y la estructura ovulífera entera como un estróbilo**. La anatomía general del óvulo es parecida a la de las Cycadidae, excepto en el sistema vascular que está restringido a la capa carnososa interna. La megasporogénesis es igual que en *Cycas*.



2. Polinización: el polen es producido abundantemente al principio de la primavera y **se dispersa por el viento**. Cuando llega al óvulo, se adhiere a una **gota mucilaginosa que al retraerse lo introduce en la cámara polínica donde germina**.

3. Distribución: es nativa de China y actualmente sólo existe en cultivos, tanto en su lugar de origen, como en otras partes templadas del mundo.



Stevens, 2013

4. Importancia: actualmente es un árbol cultivado como **ornamental** en áreas templadas. La cubierta externa de la semilla emite un olor a manteca rancia, por esta razón los árboles que portan estructuras microsporangiadas son preferibles. El gametofito y el embrión son muy nutritivos cuando están hervidos, fritos o tostados y son delicadezas de platos chinos. Su madera es de mediana calidad, fácil de trabajar, responde bien al lustrado y a la tintura, se emplea en carpintería de puertas, ventanas, cielorrasos y zócalos.

5. Datos interesantes: entre los caracteres distintivos de *Ginkgo* se encuentran la **forma de la hoja**, la **venación dicotómica** del follaje y su **duración caduca**. *Ginkgo* no está relacionado a ninguno de los grupos actuales. Alcanzó una gran difusión durante el Jurásico y luego su área se redujo progresivamente hasta la actualidad, pero no se encuentra en estado silvestre, tal vez por la competencia que ejercieron grupos más evolucionados como coníferas y angiospermas. **Es uno de los pocos ejemplos de plantas con cromosomas sexuales**. Con referencia al ciclo reproductivo hay muchas similitudes con Cycadidae y Ginkgoidae.

Tubo polínico con desarrollo haustorial. Los **anterozoides** grandes **multiflagelados**. La formación de un **gametofito femenino con abundantes reservas nutritivas, que lleva arquegonios y una gran ovocélula.** Período extendido de la embriogénesis con divisiones nucleares libres.

6. Ilustraciones

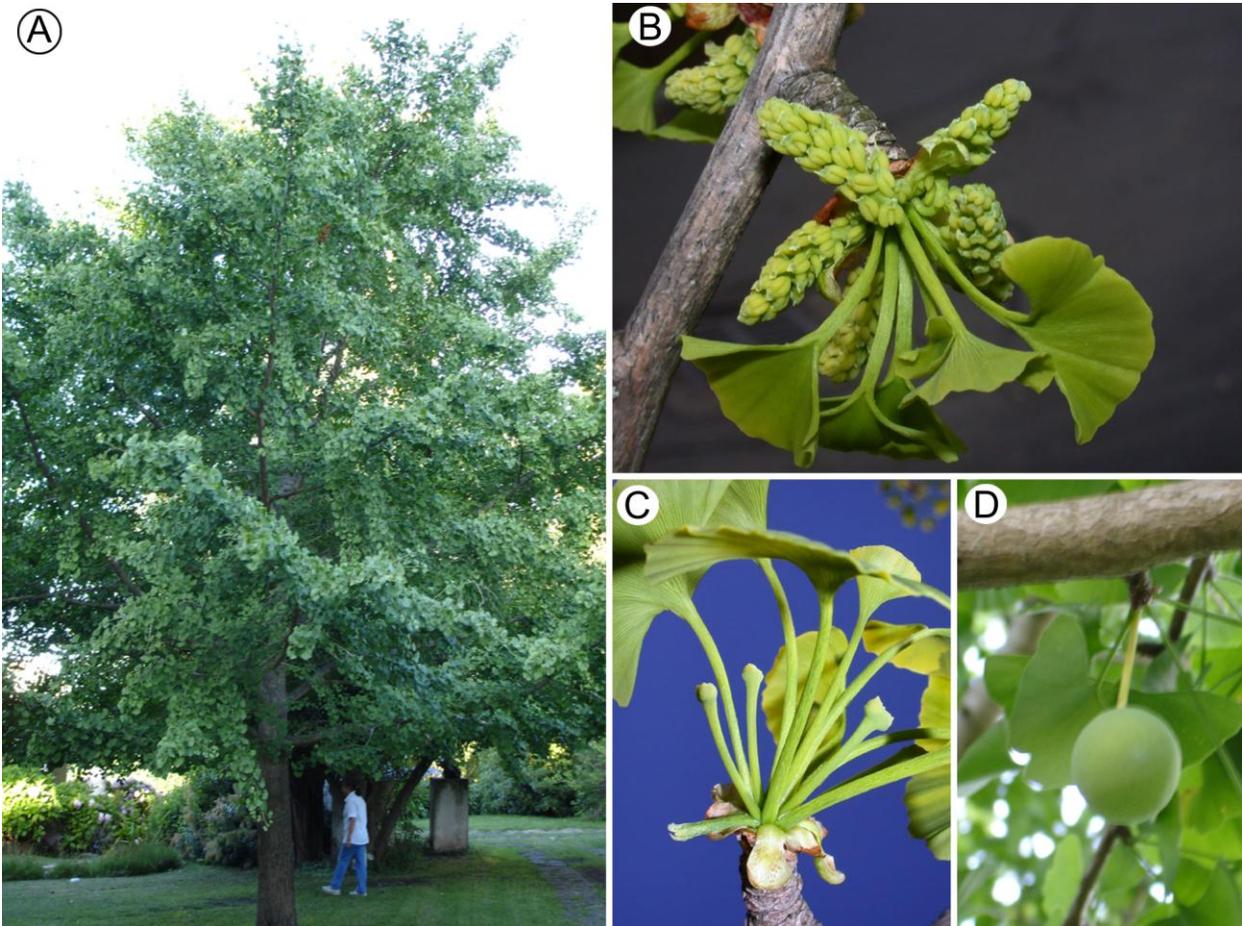


Fig. 1. A-D. *Ginkgo biloba*. A. Porte, B. Rama con estróbilos microsporangiados, C. Rama con óvulos, D. Fruto. **Créditos fotográficos:** A. y D. E. Cabral, B. y C. imágenes extraídas de www.gimnosperms.org.

SUBCLASE GNETIDAE

Las Gnetidae constituyen un pequeño grupo de plantas con semillas, representado actualmente por 3 géneros. La anatomía del esporofito y hechos particulares del ciclo reproductivo han atraído la atención desde hace más de 100 años. Se han hecho muchos esfuerzos para demostrar que **este grupo sería el eslabón para relacionar las Gimnospermas con las Angiospermas.**

Las características generales son las siguientes:

1. Tienen **crecimiento secundario pero menos acusado que en las Coníferas.**
2. **Tienen traqueidas y vasos igual que las Angiospermas** pero difieren en la filogenia. Las perforaciones derivan evolutivamente de puntuaciones circulares, mientras que en los Pteridófitos que poseen vasos (*Selaginella*, *Pteridium*) y en otras Angiospermas derivan de puntuaciones ovaladas de disposición escalariforme.
3. **Células parenquimáticas asociadas a las células cribosas del floema**, puede ser por evolución paralela y no por relación filogenética.
4. **Ausencia de canales resiníferos.**
5. **Tubos polínicos no haustoriales**, por lo general **cortos y efímeros.**
6. **Estróbilos compuestos, esporofilos producidos en la axila de brácteas.**
7. De los tres géneros, sólo *Ephedra* presenta cámara polínica amplia que se prolonga hasta los arquegonios.
8. **Simplificación del gametofito.** El masculino reducido a 4 células, el femenino, a veces no forma arquegonio (*Gnetum* y *Welwitschia*).
9. Producen **embrión con 2 cotiledones.**

Si bien estos caracteres morfológicos indican una probable relación las Gnetidae con las Angiospermas, cabe destacar que según datos moleculares, actualmente las Gnetidae se las reconoce como clado hermano del resto de las coníferas, más precisamente con la familia Pinaceae, constituyendo lo que se conoce como hipótesis Gnepines, que cada vez esta teniendo más soporte a nivel molecular (Qiu et al. 1999, Bowe et al. 2000, Chaw et al. 2000, Braukmann et al. 2010).

Clave para diferencias las familias de la subclase Gnetidae (Kubitzki, 1990)

A. Plantas erectas o trepadoras. Hojas opuestas y retinervadas. Inflorescencias espiciformes, conos microsporangiados y conos megasporangiados dispuestos en anillos definidos.

1. *Gnetaceae*

A'. Plantas arbustivas con tallos desarrollados o con tallos muy cortos. Hojas reducidas, escuamiformes o muy desarrolladas, acintadas. Conos microsporangiados y conos megasporangiados no dispuestos en anillos definidos.

B. Planta con aspecto equisetode, hojas escuamiformes de 2-4 por verticilo.

2. *Ephedraceae*

B'. Planta con tallo muy corto, macizo. 2 hojas acintadas de crecimiento indefinido.

3. *Welwitschiaceae*

Welwitschiaceae

Se ubica en el **orden Welwitschiales**, comprende al **género monotípico Welwitschia**, cuya única especie es ***W. mirabilis***.

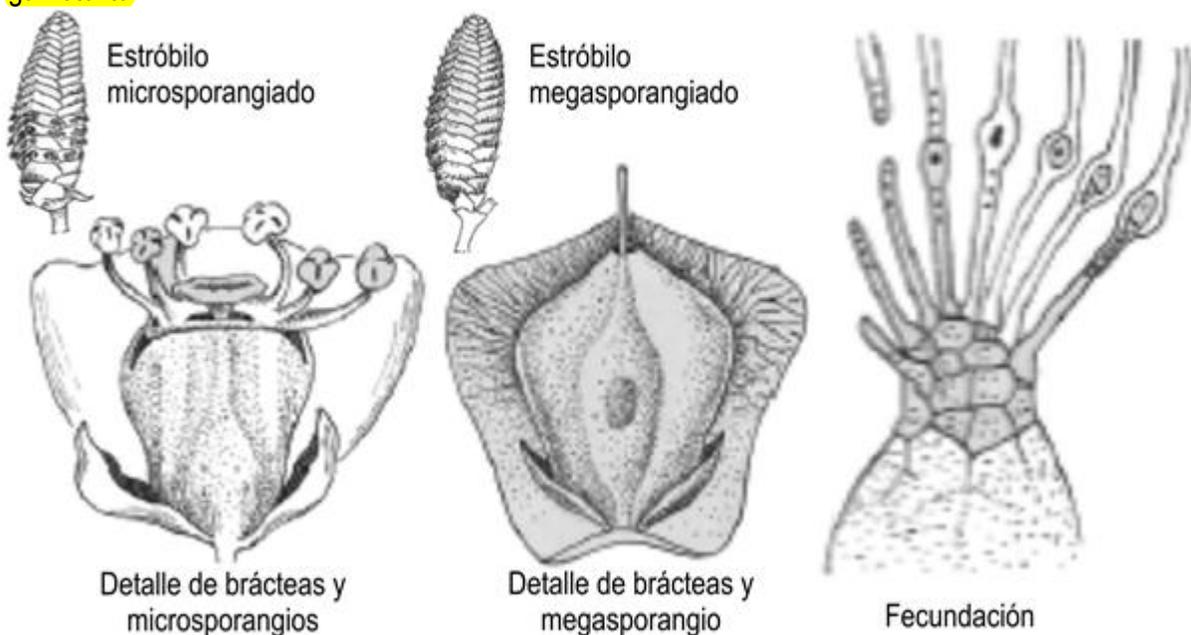
1. Características

Porte: la parte expuesta de la planta consiste de un tallo pequeño, leñoso, macizo, no ramificado, con un disco apical en forma de copa, de 1 m de diámetro.

Hojas: sólo 2, anchas, coriáceas, miden hasta 2 metros de largo; crecen entre 8-15 cm por año a partir de un meristema basal intercalar. El extremo apical se separa en lacinias como consecuencia de la abrasión.

Estructuras reproductivas: es una planta **dioica**, con **estróbilos** compactos en forma de conos que se ubican en grupos de 3-5 sobre un sistema de ramificación dicasio. **Estos tallos estrobilíferos** representan las únicas ramas de la planta. Cada ramificación termina en un cono regular formado por escamas opuestas y decusadas que se toman color escarlata fuerte a la madurez. **Estróbilos megasporangiados:** son de mayor tamaño. Cada bráctea del estróbilo porta en su axila un óvulo con dos envolturas, la interna se prolonga en un tubo micropilar y es un verdadero tegumento. La externa son bractéolas fusionadas y en la semilla madura se transforma en una ancha ala que contribuye a la dispersión de la misma. En la base del óvulo con sus envolturas, se ubican dos bractéolas pequeñas laterales. **Estróbilos microsporangiados:** cada bráctea porta en la axila un verticilo con 6 microsporangióforos, cada uno con 3 sacos polínicos y en el centro un óvulo estéril, rodeados por un par de bractéolas fusionadas y en la base un par lateral de bractéolas libres laterales. El óvulo estéril secreta una sustancia semejante a la miel que atrae los insectos, aunque la polinización es entomófila en la mayoría de los casos puede producirse también por el viento.

El gametofito femenino muy reducido es tetraspórico y no desarrolla arquegonios. Los núcleos libres del gametofito femenino se agrupan formando células multinucleadas. Algunas de estas células emiten prolongaciones y se consideran ovocélulas, estas prolongaciones crecen hasta encontrar el tubo polínico, se disuelven las paredes de contacto y el núcleo femenino entra en el tubo donde ocurre la fertilización, único caso en las espermatofitas de fertilización en el tubo polínico y no en el gametofito.



2. Distribución geográfica y hábitat: restringida al desierto de Namib, cerca de la costa atlántica de Namibia (Sudoeste de África). En esta zona los aportes hídricos son muy raros y de poca intensidad; a veces no llueve durante 4 ó 5 años, siendo la precipitación media anual inferior a los 2 mm/año. Aprovechan la humedad del ambiente que se genera como consecuencia de la proximidad de la costa.



Stevens, 2013

3. Ilustraciones

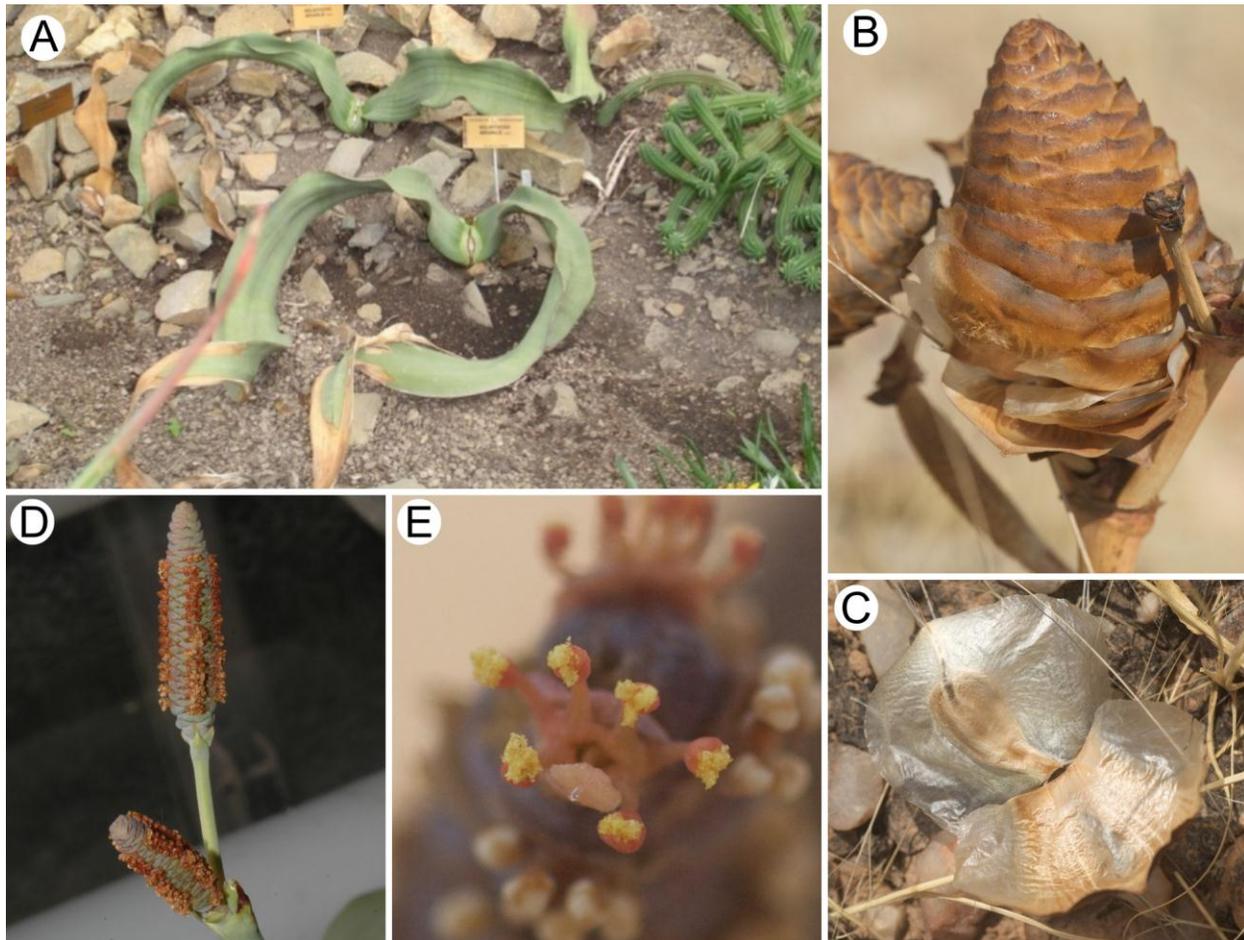


Fig. 1. A-D. *Welwitschia mirabilis*. A. Porte, B. Estróbilo megasporangiado fructificado, C. Semillas, D. Estróbilo microsporangiado, E. Detalle de los microsporangios y el óvulo estéril central. Créditos fotográficos: A. E. Cabral, B-E. imágenes extraídas de www.gimnosperms.org

Gnetaceae

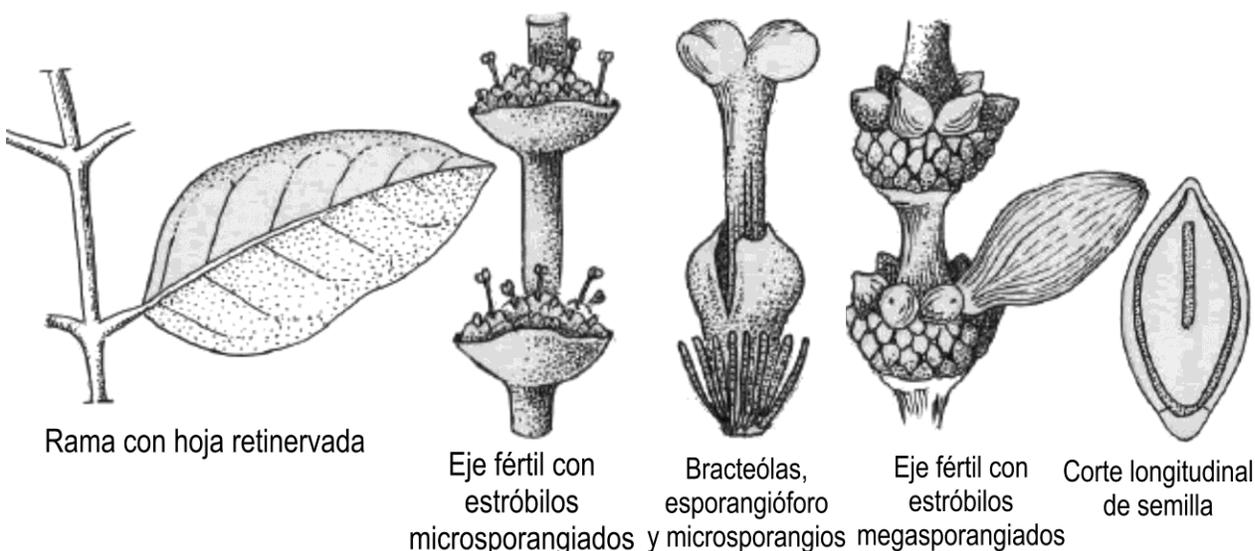
Familia ubicada en el orden **Gnetales**. El único género **Gnetum** consta de aproximadamente 40 especies.

1. Características

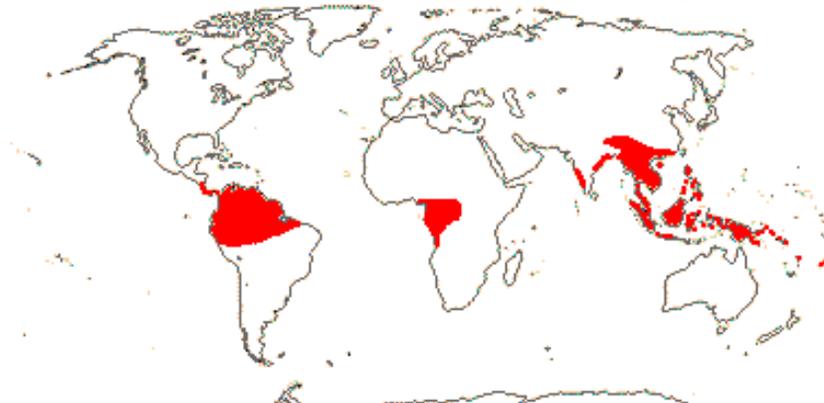
Porte: lianas, raro arbustos y árboles. **Dioicos.** Una particularidad de esta familia, es que **en el xilema presentan traqueidas**, células típicas de las Gimnospermas, **y también vasos o tráqueas**, células que caracterizan a las Angiospermas, sin embargo no comparten el mismo origen embriológico.

Hojas: opuestas, pecioladas, sin estípulas, simples, elípticas, retinervadas, con márgenes enteros. Semejantes a las hojas de eudicotiledóneas.

Estructuras reproductivas: En *Gnetum* los **estróbilos** están constituidos por **ejes compactos y elongados, con conspicuos nudos y entrenudos**. **Estróbilo microsporangiado:** hay **dos brácteas fusionadas** en el nudo que rodean numerosos tallos fértiles. Cada tallo fértil consiste de **2 bractéolas fusionadas encerrando un esporangióforo (esporofilo)**. En el extremo del esporangióforo hay **dos microsporangios separados**. Los granos de polen presentan una exina papilosa y sin abertura. En *Gnetum gnemon*, el último ciclo consiste de óvulos abortivos. **Estróbilo megasporangiado: la cúpula o collar, sostiene un ciclo de 8-10 o menos óvulos, cada óvulo está rodeado por 3 tegumentos**, muchos autores no consideran el interno y el externo como verdaderos tegumentos. **El tegumento interno puede fusionarse con el externo para formar una cubierta seminal** (Gifford & Foster, 1996). En *Gnetum* **no existen arquegonios y el gametofito femenino en su extremo micropilar tiene una zona cenocítica con varios núcleos**. Cada núcleo actúa como una **ovocélula independiente** uniéndose al núcleo de un gameto masculino para formar un cigoto, pero **el otro núcleo masculino se une a un núcleo femenino para formar el endosperma**. Existe en este caso una **doble fecundación** pero con una embriogénesis diferente a la de las angiospermas. Los granos de **polen** son transportados por el viento hasta los óvulos, allí son **captados por la gota polínica, cuya retracción provoca la entrada** de los granos de polen **a través del tubo micropilar**. También hay numerosos indicios que indican que *Gnetum* podría ser **fecundado por insectos**, como: el polen no es producido en grandes volúmenes, los estróbilos megasporangiados y microsporangidos son aromáticos (el olor varía según la especie de dulce a putrefacto) y la gota producida por el cono megasporangiado posee un alto contenido en azúcares (Biswas and Johri 1997). **Desde la polinización hasta la formación de la semilla puede pasar un año y la polinización ocurre cuando el gametofito está en estado nuclear libre** (Gifford & Foster, 1996).



2. Distribución geográfica y hábitat: la mayoría de las especies son nativas de Indonesia, del sur de China, India, unas pocas especies habitan bosques tropicales de África y de la cuenca del Amazonas.



Stevens, 2013

3. Importancia económica: *Gnetum gnemon*, se cultiva en Java, por las hojas jóvenes, los ejes de los conos y las fibras se usan para fabricar sogas. Sus semillas son consumidas por aborígenes de los trópicos debido al endosperma copioso (Kubitzki, 1990).

4. Ilustraciones

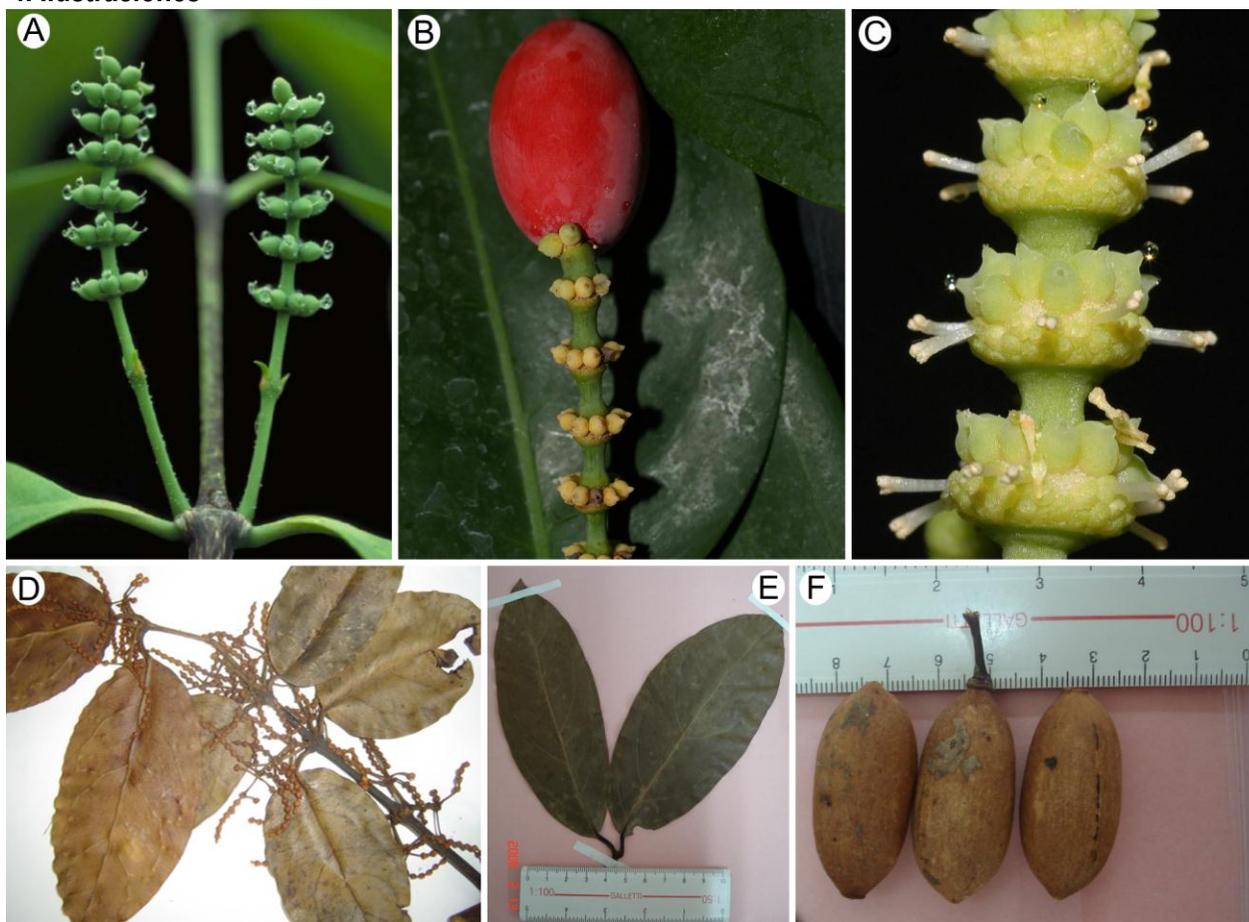


Fig. 1. A. *Gnetum* sp., eje fértil con estróbilos macrosporangiados; B-C. *Gnetum gnemon*, B. conos macrosporangiado, C. conos microsporangios con verticilos de óvulos estériles; D. *Gnetum leyboldii*, ejemplar de herbario; E-F. *Gnetum multiflorum*, E. Hojas retinervadas, F. semillas. **Créditos:** A. extraído de Judd et al. 1999; B-C. extraído de www.gymnosperms.org; D-F. W. Medina.

Ephedraceae

Familia monotípica ubicada en el orden **Ephedrales**, cuyo único género es *Ephedra*.

1. Características

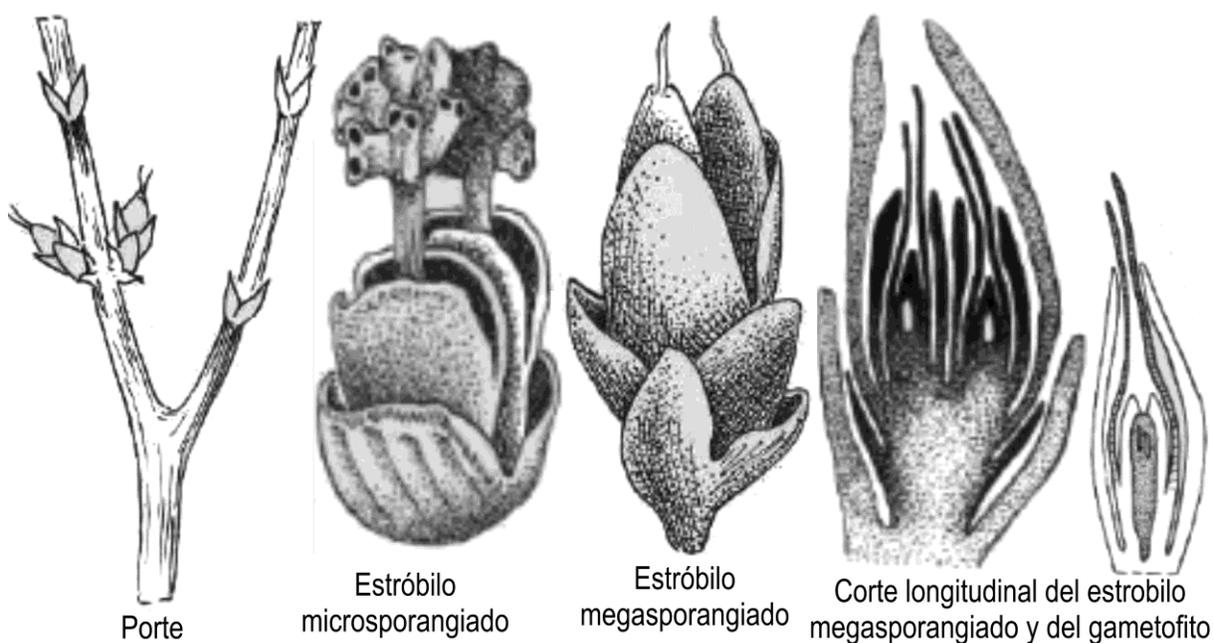
Porte: subarbuscos o arbustos dioicos, rara vez monoicos, erectos, trepadores o rastreros, rizomatosos.

Tallos fotosintetizantes, cilíndricos, estriados, erectos o péndulos. **Sin canales resiníferos.**

Hojas: pequeñas, escuamiformes y caducas, decusadas o en verticilos 3-4 meros, **unidos en la parte inferior formando una vaina alrededor del tallo**, comúnmente efímera, la parte apical es libre, subulado o triangular.

Estructuras reproductivas: **Estróbilo microsporangiado:** consta de **2-8 pares de brácteas opuestas o en verticilos**, las brácteas **basales son estériles**, mientras que la brácteas **distales son fértiles**, fusionadas y portan en su axila un **esporangióforo central (fusión de microsporofilos)**, que lleva en su extremo distal un **grupo de 2-8 microsporangios biloculares**, rara vez triloculares. La **dehiscencia es poricida** y el grano de polen es inaperturado. **En cada nudo de la rama se disponen entre 1-10 conos microsporangiaados.** **Estróbilo megasporangiado:** consiste en un **corto eje que porta en la base 2-4 brácteas decusadas, estériles**, mientras que las **brácteas distales son fértiles** y **encierran un par de bractéolas fusionadas que encierran un óvulo con 2 tegumentos.** **Al madurar el óvulo, la parte inferior del tegumento interno se suelda a la nucela, pero la parte superior queda libre y se extiende formando el tubo micropilar que funciona como el órgano receptivo del polen.** **Gametofito monospórico y celular.**

La **polinización** se lleva a cabo **cuando el arqueogonio está totalmente formado.** El viento es importante en el proceso de polinización de *Ephedra*, la gota de polinización tiene un 10 % de sucrosa, mientras que en *Pinus* es de 1,25 %. Los insectos también contribuyen a la polinización. **Los granos de polen se adhieren y flotan en la superficie pegajosa de la gota, luego el agua se evapora, la columna de líquido desciende y los granos de polen son arrastrados hacia la cámara de polen.** El paso entre polinización y fecundación es breve, de 10 a 15 horas (Kubitzki, 1990).



2. Distribución geográfica y hábitat: las 35 especies se distribuyen en latitudes templadas cálidas, en zonas desérticas o montañosas. En Argentina viven 10 especies y en Corrientes habita *Ephedra tweediana* Fisch & C. A. Mey.



Stevens, 2013

| Especies nativas | Distribución |
|----------------------------|--|
| <i>Ephedra americana</i> | Catamarca, Córdoba, Jujuy, La Rioja, Salta, San Luis, Tucumán |
| <i>Ephedra boelckei</i> | Mendoza, San Juan |
| <i>Ephedra breana</i> | Catamarca, Jujuy, La Rioja, Mendoza, Salta, San Juan, Tucumán |
| <i>Ephedra chilensis</i> | Chubut, Mendoza, Neuquen, Río Negro, Santa Cruz, San Juan |
| <i>Ephedra frustillata</i> | Chubut, Mendoza, Neuquen, Río Negro, Santa Cruz, Tierra del Fuego |
| <i>Ephedra multiflora</i> | Catamarca, La Rioja, Mendoza, Neuquen, Salta, San Juan |
| <i>Ephedra ochreatea</i> | Buenos Aires, Catamarca, Chubut, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Neuquen, Río Negro, Santa Cruz, San Juan, San Luis |
| <i>Ephedra rupestris</i> | Jujuy, La Rioja, Tucumán |
| <i>Ephedra triandra</i> | Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Río Negro, Salta, Sgo. del Estero, Santa Fe, San Juan, San Luis, Tucumán |
| <i>Ephedra tweediana</i> | Buenos Aires, Catamarca, Corrientes, Entre Ríos, Tucumán |

3. Importancia económica: Las especies nativas en general son buenas **forrajeras naturales**, los frutos son comestibles. Algunas especies con grandes rizomas han servido para la estabilización de suelos móviles. En medicina popular, la **infusión de las semillas** se emplea como **diurético y depurativo** en las afecciones de la vejiga. Los nativos indígenas utilizaban los **frutos y raíces en tintorería**, para teñir lana de color amarillo, limón o naranja y de color verde con el añil. Las especies asiáticas proporcionan un alcaloide de uso medicinal, "la **efedrina**" y "**pseudoefedrina**" (alcaloides derivados de la feniletilamina), que son utilizados en la industria farmacéutica.

4. Ilustraciones

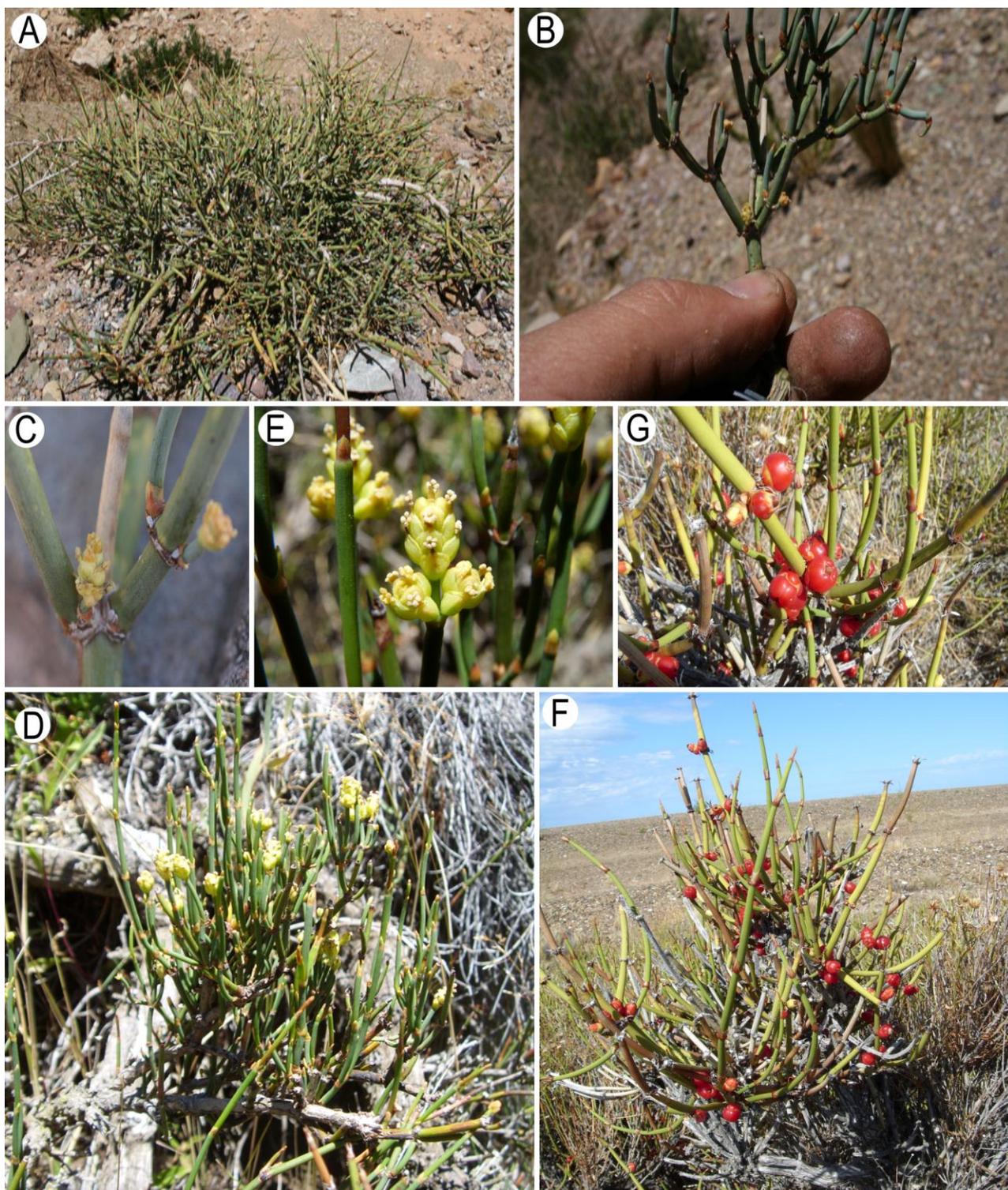


Fig. 1. A-C. *Ephedra americana*, A. Porte, B. Rama con estróbilos microsporangiados, C. Estróbilos microsporangiados; **D-E. *Ephedra chilensis***, D. Porte, E. Estróbilos microsporangiados; **F-G. *Ephedra ochreatea***, F. Porte, G. Estróbilos megasporangiados. **Créditos fotográficos:** A-C. R. Salas; D-G. W. Medina

SUBCLASE PINIDAE

1. Características

A este grupo corresponden las Gimnospermas más modernas y conspicuas del mundo. El nombre Coníferas hace alusión a la presencia de conos, estructuras especializadas que protegen los óvulos y semillas y también favorecen la polinización y dispersión.

Son en su mayoría árboles que pueden alcanzar extraordinario desarrollo (por ejemplo *Sequoiadendron giganteum* de California 90-100 m de altura). Presentan leño picnoxílico, la mayoría tienen follaje perenne (excepto el ciprés calvo). Tienen conductos resiníferos en hojas, corteza y a veces en el leño. Las raíces generalmente se encuentran asociadas con micorrizas ectotróficas, excepto *Araucariaceae* donde son endotróficas. *Podocarpaceae* tiene la particularidad de llevar nódulos radicales con bacterias. Las hojas de las coníferas son siempre simples con morfología y tamaño variables. En *Podocarpus* son lanceoladas; en *Cupressus* son escamosas, en *Agathis* y *Araucaria* son anchas, con nervios subparalelos. En *Pinus* los macroblastos portan hojas escamosas no fotosintéticas y los braquiblastos llevan hojas aciculares agrupadas en fascículos.

En este grupo de gimnospermas, la naturaleza de los conos o estróbilos es monosporangiada. Esto significa que siempre se forman dos tipos de estróbilos: microsporangiados o conos que llevan los sacos polínicos y megasporangiados o conos con semillas. Estos últimos son más grandes y están ejemplificados por los conos de los pinos, abetos y píceas. En general son monoicos pero pueden ser dioicos (*Taxaceae*, la mayoría de *Araucariaceae* y *Podocarpus*).

Estróbilos microsporangiados o conos con sacos polínicos. Comparados con los estróbilos de *Cycadidae*, los de las coníferas son relativamente pequeños. En *Pinus* son axilares. Su forma varía desde apéndices parecidos a hojas hasta órganos peltados. En todas las especies los esporangios se desarrollan en la cara inferior o abaxial de los microsporofilos. El número de esporangios es variable, en *Pinaceae* (2) en *Araucaria* (13-15). Hay sacos aeríferos en granos de polen de la mayoría de las *Pinaceae* y en algunos miembros de *Podocarpaceae*.

Estróbilos megasporangiados o conos con semillas. Las estructuras reproductivas consisten en un eje que lleva ramas cortas modificadas, las escamas ovulíferas, que están en la axila de brácteas; pueden ser cortas como en *Pinus*, largas, o más o menos fusionadas a la escama. Las escamas de *Pinaceae* y *Cupressaceae* son leñosas o coriáceas. En *Juniperus* las escamas son más o menos carnosas y brillantemente coloreadas, el cono tiene aspecto de baya y son dispersados por los animales. En *Podocarpaceae*, los estróbilos megasporangiados están modificados, consisten de unas pocas escamas, cada una con un único óvulo en una bráctea axilar. Usualmente madura un solo óvulo que es soportado por un “receptáculo” carnoso o epimacio. En la actualidad es aceptada la teoría que considera a la escama ovulífera como una estructura originada a partir de un braquiblasto que originalmente llevaba hojas estériles y fértiles. Su aparente simplicidad actual es el resultado de la fusión y especialización de los componentes foliosos con que contaba la estructura central. Todas las brácteas estériles se hallan fusionadas constituyendo la escama ovulífera. El examen de un corte longitudinal de un cono megasporangiado de *Pinus* revela que cada escama ovulífera está asociada con una pequeña bráctea adnata, a la región abaxial de la escama. Cada escama ovulífera lleva dos óvulos insertos en la porción basal de la superficie adaxial. Los micrópilos de los óvulos están orientados hacia la base de la escama. Como cada escama ovulífera presenta una bráctea, el cono con semillas es descrito como un estróbilo compuesto.

2. Distribución: este grupo data de fines del Carbonífero y actualmente está constituido por 6 familias, 70 géneros, y ca. 615 especies (Farjon, 2010). Sus hojas tienen muchas características de resistencia a la sequía y quizás se hayan originado en el Pérmico, cuando la aridez creciente de todo el mundo debió actuar como un poderoso estímulo evolutivo (Raven, 1992). En el presente habitan en regiones templadas. Sólo un reducido número vive en regiones tropicales. La mayoría de las *Pinaceae* son características del hemisferio norte. La mayoría de las *Podocarpaceae* y *Araucariaceae* se registran en el hemisferio sur. *Cupressaceae* esta presente en ambos hemisferios. Según Christenhusz et al. (2011) la subclase Pinidae comprende tres órdenes:

- **Orden Pinales**, con una sola familia Pinaceae.
- **Orden Araucariales** que incluye las familias: Araucariaceae y Podocarpaceae.
- **Orden Cupressales** que incluye el mayor número de familias: Cupressaceae (incluyendo Taxodiaceae), Sciadopityaceae y Taxaceae (incluyendo Cephalotaxaceae).

Pinaceae

Única familia ubicada en el orden **Pinales**

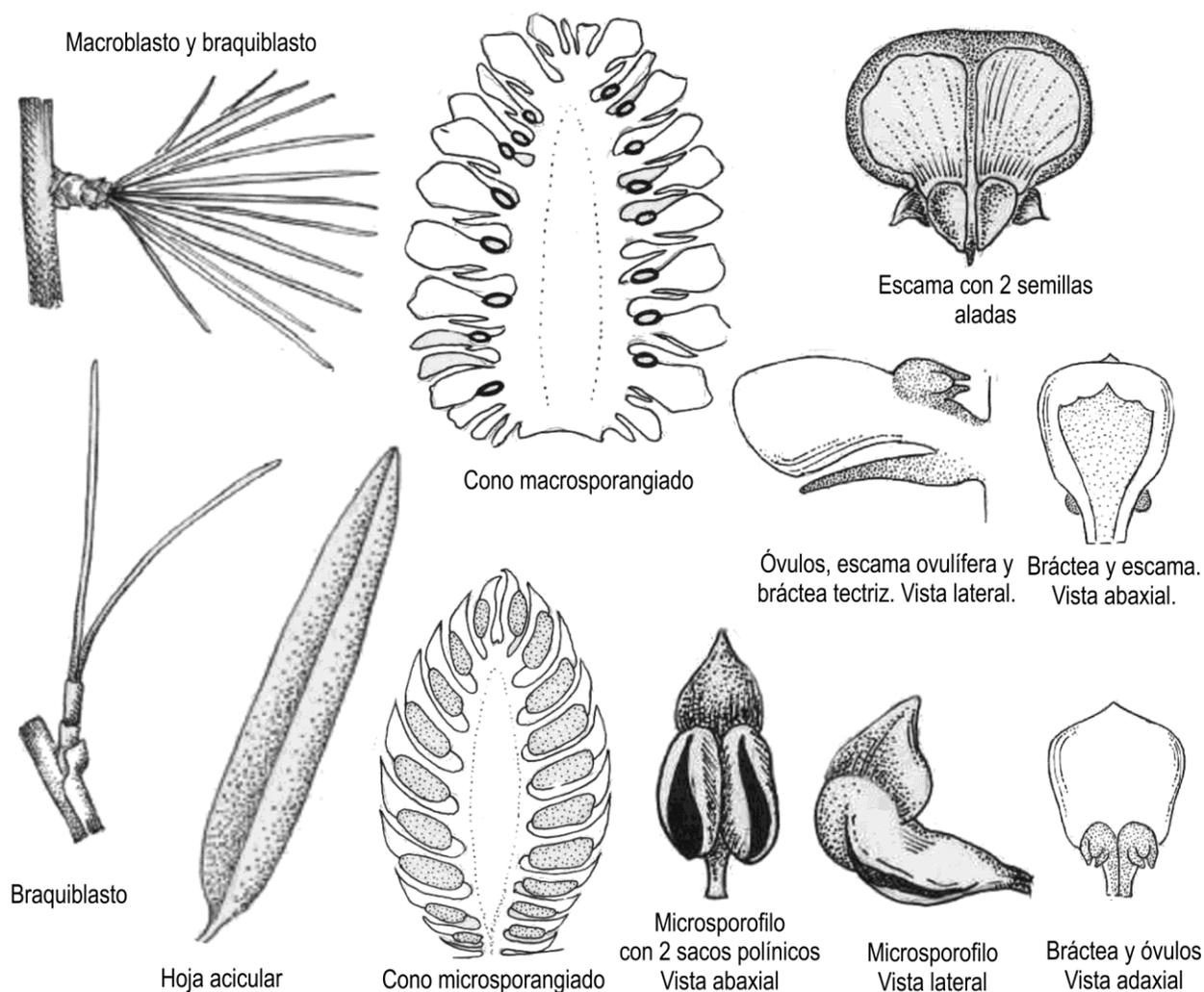
1. Características

Porte: árboles monoicos, ocasionalmente arbustos. Ramas verticiladas (raramente opuestas).

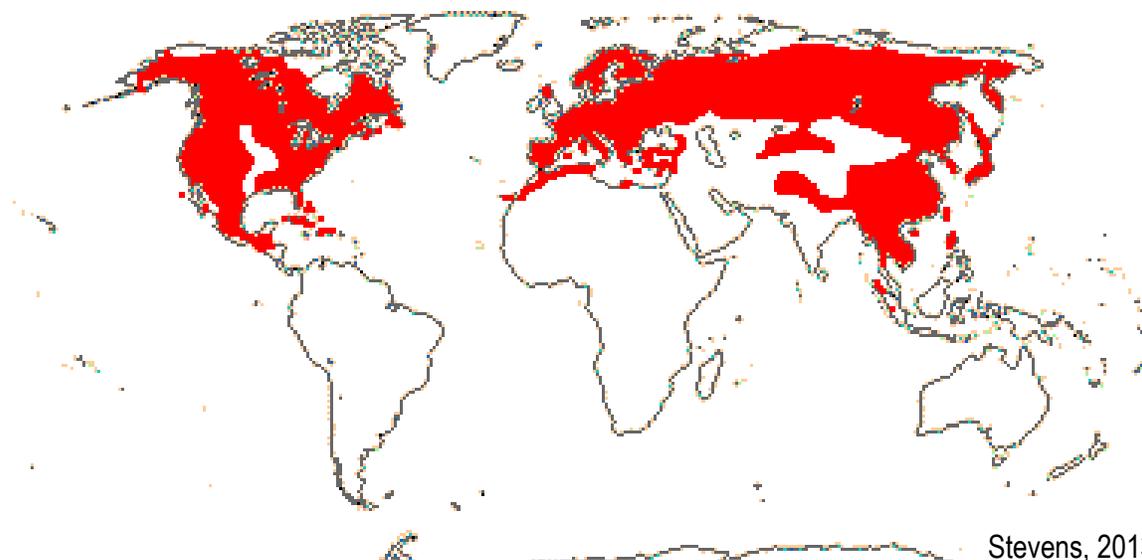
Hojas: lineares o aciculares, alternas, solitarias o agrupadas en fascículos en la extremidad de braquiblastos (*Pinus*) o sobre macroblastos (*Picea*, *Abies*, *Tsuga*, *Pseudotsuga*), en macro y braquiblastos (*Cedrus* y *Larix*).

Estructuras reproductivas: **Estróbilos microsporangios:** compuestos de numerosos microsporofilos, cada uno con dos sacos polínicos en la cara inferior. Los granos de polen son grandes y poseen dos sacos aeríferos. **Estróbilos macrosporangios:** formados por escamas biovuladas, protegidas por brácteas tectrices, a veces muy desarrolladas. Semillas ápteras o aladas, según los géneros.

Ciclo de vida: transcurren cerca de **12 a 14** meses de intervalo entre la polinización y la fertilización de los óvulos, esto se debe que al momento de la llegada del grano de polen, el macrosporangio se encuentra en estado de célula madre de la macróspora ($2n$) la cual todavía debe pasar por división meiótica para dar como resultado a la oosfera o gameta femenina (n). El ciclo completo de *Pinus* se extendería a **3** años, mientras que en la mayoría de las **Coníferas** a 2 años.



2. Distribución: familia con 11 géneros y cerca de 200 especies: *Abies*, *Cathaya*, *Cedrus*, *Keteleeria*, *Larix*, *Nothotsuga*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudolarix*, *Pseudotsuga* y *Tsuga* (Farjon, 1990). Limitada casi enteramente al hemisferio norte, tanto del Nuevo como del Viejo mundo. En Argentina no tiene representantes nativos.



3. Especies cultivadas en el país

El género *Pinus* es sin duda el más importante y reúne el mayor número de especies. Según Dimitri (1999) en nuestra área están presentes varias especies cultivadas. Además según este mismo autor, la familia Pinaceae se encuentra mejor representada en el área patagónica donde está la mayor concentración de géneros cultivados: *Abies*, *Cedrus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga* y *Tsuga*.

El 90% de los pinos plantados en el país, pertenece a dos especies procedentes del sur y sureste de Estados Unidos: *Pinus elliotii* y *P. taeda*, que son especies cuya madera se utiliza para construcciones, revestimientos, pisos y materiales de cajonería. Hay especies ornamentales, como *Pinus palustris* y *Pinus strobus*, y algunas especies pioneras capaces de fijar zonas arenosas y de resguardar lugares rocosos expuestos, algunas son utilizadas como franjas protectoras en silvicultura, otras que suministran resina, trementina y piñones comestibles (Leonardis, 1977; 2000).

4. Clave de géneros

- A- Hojas dimórficas: hojas escuamiformes dispuestas espiraladamente sobre las ramas largas (macroblastos) y hojas aciculares largas en haces de (1-) 2-5 (-10) sobre las ramas cortas (braquiblastos)..... **Pinus**
- A'-Hojas con dimorfismo leve o ausente, lineares o aciculares, solitarias o en seudoverticilos de más de 10 hojas sobre ramas cortas o largas.....B
- B- Hojas deciduas..... C
- C- Conos microsporangiados solitarios; escama seminífera delgada, persistente a la madurez. Hojas de 1,8 mm de ancho..... **Larix**
- C'- Conos microsporangiados agrupados; escama seminífera gruesa, leñosa, se separan a la madurez. Hojas de 1,5 a 4 mm de ancho..... **Pseudolarix**
- B'- Hojas perennes..... D

- D- Conos bianuales o trianuales. Hojas más o menos cuadrangulares en sección transversal..... **Cedrus**
- D'- Conos anuales. Hojas aplanadas dorsiventralmente.
- E-Conos pequeños, entre 2 a 6 cm. aproximadamente..... F
- F- Hojas sésiles..... G
- G-Bases foliares persistentes sobre los tallos, estróbilos péndulos..... **Picea**
- G'- Tallos con cicatrices foliares a modo de marcas hundidas, estróbilo erguido..... **Abies**
- F'- Hojas pecioladas..... H
- H- Escama ovulífera con bráctea pequeña, no excerta..... **Tsuga**
- H'- Escama ovulífera con bráctea más larga, excerta..... **Nothotsuga**
- E'- Conos grandes, mayores a 6 cm. I
- I- Conos macrosporangiados axilares, inicialmente erectos, finalmente péndulos, hojas densamente agrupadas..... **Cathaya**
- I'- Conos macrosporangiados terminales, hojas eventualmente distribuidas a lo largo de las ramas..... J
- J- Conos femeninos erectos, conos microsporangiados agrupados terminales, semilla y ala tan larga como la escama..... **Keteleeria**
- J'- Conos femeninos péndulos, conos microsporangiados solitarios y axilares, semilla y ala más pequeñas que la escama..... **Pseudotsuga**

5. Relaciones filogenéticas

De acuerdo a datos moleculares, actualmente se reconocen a las Gnetales relacionadas con las coníferas, como grupo hermano de la familia Pinaceae (Bowe, M.; G. Coat & Pamphilis, C. W. 2000), lo cual estaría indicando que las Gimnospermas son un grupo monofilético.

6. Ilustraciones

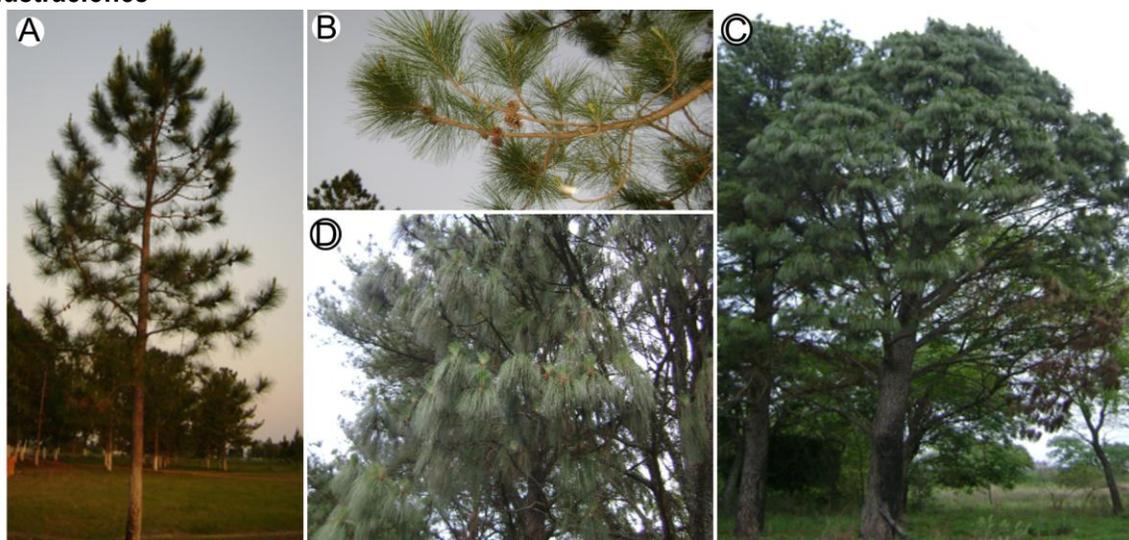


Fig. 1. A-B. *Pinus eliotti*. A. Porte; B. Rama con conos macrosporangiados; C-D. *Pinus* sp. C. Porte, D. Detalle de ramas y hojas. Créditos: A-D. L. Miguel

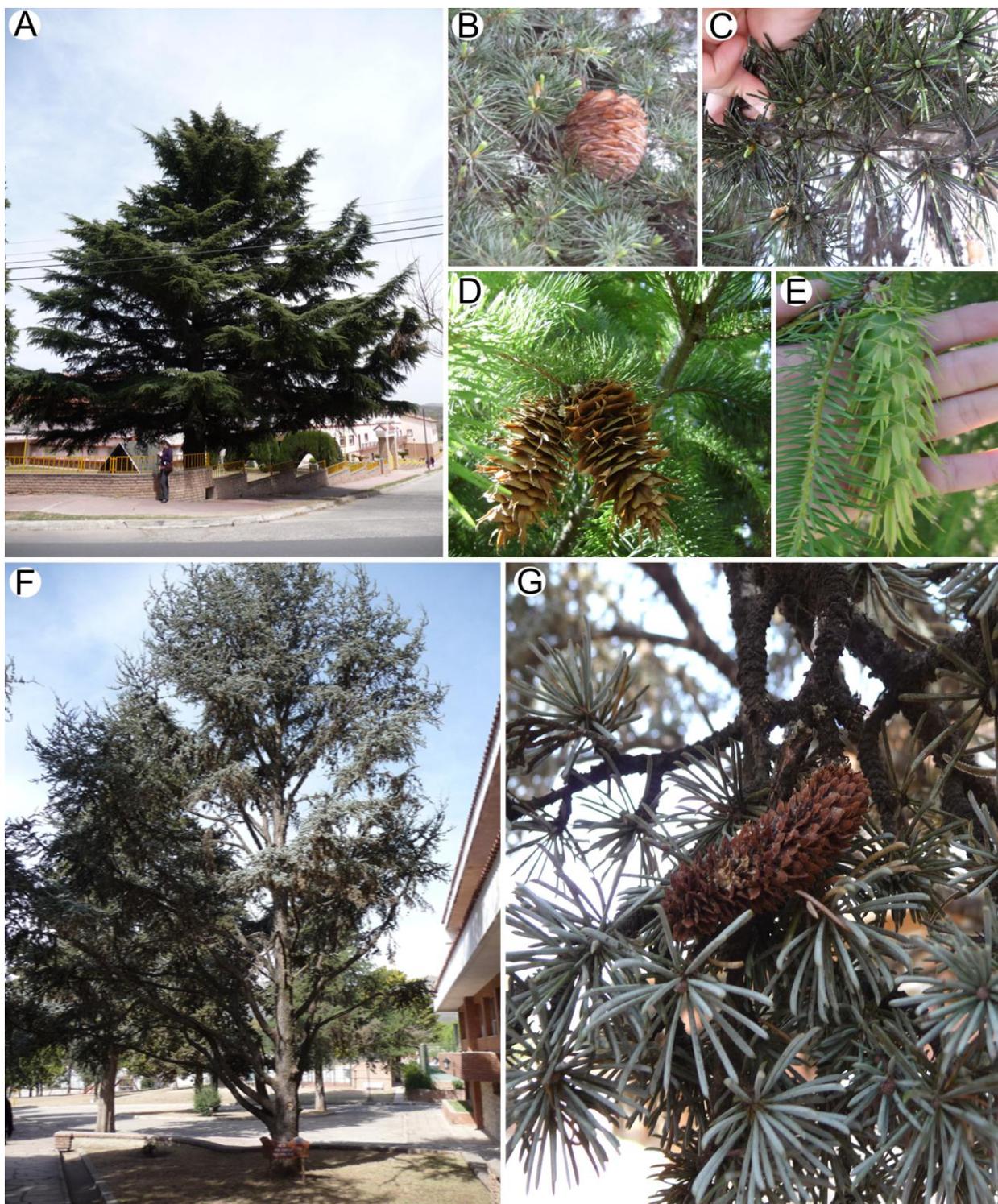


Fig. 2. A-C. *Cedrus atlantica*. A. Porte; B. Cono macrosporangiado, C. Cono microsporangiado; **D-E. *Pseudotsuga menziesii*.** D. Cono con semillas, D. Cono macrosporangiado joven; **F-G. *Abies sp.*** F. Porte, G. Cono microsporangiado. **Créditos: A-C y F-G.** S. Martín y L. Miguel. **D-E.** W. Medina

Araucariaceae

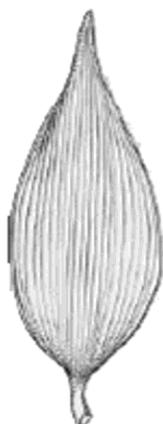
1. Características

Porte: árboles resinosos, monoicos o dioicos, de gran porte, con ramificación regular. Los árboles jóvenes tienen una copa más o menos piramidal que se extiende casi hasta el suelo; posteriormente, por desrame natural, va quedando al descubierto el fuste, permaneciendo en el ápice las ramas verticiladas más o menos horizontales.

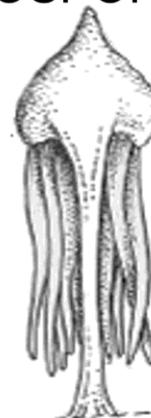
Hojas: simples, escuamiformes, lineares, lanceoladas o aovadas, generalmente helicoidales, opuestas, isomorfas o heteromorfas.

Estructuras reproductivas: conos microsporangiados y megasporangiados de aparición tardía, generalmente en ramas superiores. **Estróbilos microsporangiados:** amentiformes, solitarios o agrupados. Los microsporofilos son helicados, con 4 o más sacos polínicos. Polen sin vesícula aerífera. **Estróbilos macrosporangiados:** solitarios, terminales en ramas cortas de gran tamaño, con brácteas tectrices de disposición helicoidal, conteniendo un solo óvulo.

HOJAS



MICROSPOROFILO



CONOS MACROSPORANGIADOS

Araucaria sp



Bráctea y
Escama ovulífera



Agathis sp



Bráctea y
Escama ovulífera

2. Distribución: esta familia está representada por tres géneros: **Wollemia**: un género monoespecífico descubierto en 1994 en Sydney Australia; **Agathis**: con 20 especies originarias de Oceanía, Malasia y Filipinas; y **Araucaria** con 18 especies originarias de América del Sur, Sudeste de Asia, Australia e Islas del Pacífico. En Argentina habitan 2 especies: **Araucaria angustifolia**, en la Selva Mixtas del nordeste de Misiones y **Araucaria araucana** que habita los bosques andino- patagónicos.



3. Clave de Géneros de Araucaria (modificada de Page, 1990)

- A. Hojas opuestas o subopuestas, cortamente peciolada, elípticas o lanceolado elípticas; óvulos no fusionados a la escama, semillas aladas-----**Agathis**
 A'. Hojas espiraladas, no pecioladas, óvulos concrecentes a la escama, semillas no aladas-----**B**
 B. Hojas escamiformes o bien lanceoladas, pero en este caso muy punzantes, ubicadas helicoidalmente-----**Araucaria**
 B'. Hojas lanceoladas, no punzantes, ubicadas en 2-4 filas aplanadas-----**Wollemia**

4. Clave para identificar las especies nativas de Araucariaceae (Covas, 1995)

- A. Hojas laxamente imbricadas, lanceoladas, flexibles, de no más de 1 cm lat. Apéndice de las brácteas del cono macrosporangiado recurvado, de no más de 8 mm de long.

Araucaria angustifolia

- A'. Hojas densamente imbricadas, aovado-lanceoladas, muy rígidas y coriáceas, 1,5-2,5 cm lat. Apéndice de las brácteas del cono macrosporangiado más o menos recto, 18-24 mm de long.

Araucaria araucana

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze (pino paraná, pino misionero, pino Brasil, curiy, cury)

Fig. 1 A-D

Originariamente formó pinares en la provincia paranaense, que abarca parte del Brasil austro-oriental y en el distrito de las selvas mixtas del NE de Misiones. En Argentina crecen aislados, habiendo desaparecido prácticamente los pinares naturales. En 1990 se incluyó un interesante área de pinares silvestres en el Sistema de Parques Nacionales Argentinos dentro de la Reserva Natural Estricta San Antonio, en el extremo nordeste misionero. El nombre de curiy ha servido de base para el topónimo Curitiba, nombre de la capital del estado de Paraná, Brasil. Los pobladores del área donde vive *A. angustifolia*, comen piñones asados o hervidos en agua y leche, a veces preparan el “rebiro”, plato

regional que se realiza frecuentemente con harina de trigo y grasa (Biloni, 1990). En medicina popular la resina de esta conífera tiene propiedades balsámicas. Las semillas tardan 2 años en madurar.

Araucaria araucana (Molina) K. Koch (pehuén). Fig. 1 E-F.

Endémica de los bosques subantárticos, tanto en territorio chileno como argentino. Crecen formando grupos o manchas compactas en comunidades abiertas. Es una especie de lento crecimiento y larga vida alcanzando 1000 años. Se usa en carrocería, pisos, toneles, construcción, pasta de papel, etc. El fruto o piña encierra de 100-200 semillas o piñones. Tardan en madurar 1 año y medio a 2. Los piñones son comestibles, de gran valor nutritivo y contienen 35% de almidón y 14,56% de proteínas.

Es importante destacar la incidencia que tuvieron en la alimentación de los pehuenches (gentes de los piñones) que viajaban hasta la región de las araucarias con sus familias e instalaban sus chozas debajo de los árboles, esperando la caída de los piñones o bajando los conos mediante lazos. Los que no se consumían en el acto eran enterrados para su conservación, sufriendo un proceso de fermentación que los hacía más sabrosos. También eran molidos para obtener harina con la que preparaban tortas (Biloni, 1990).

5. Ilustraciones

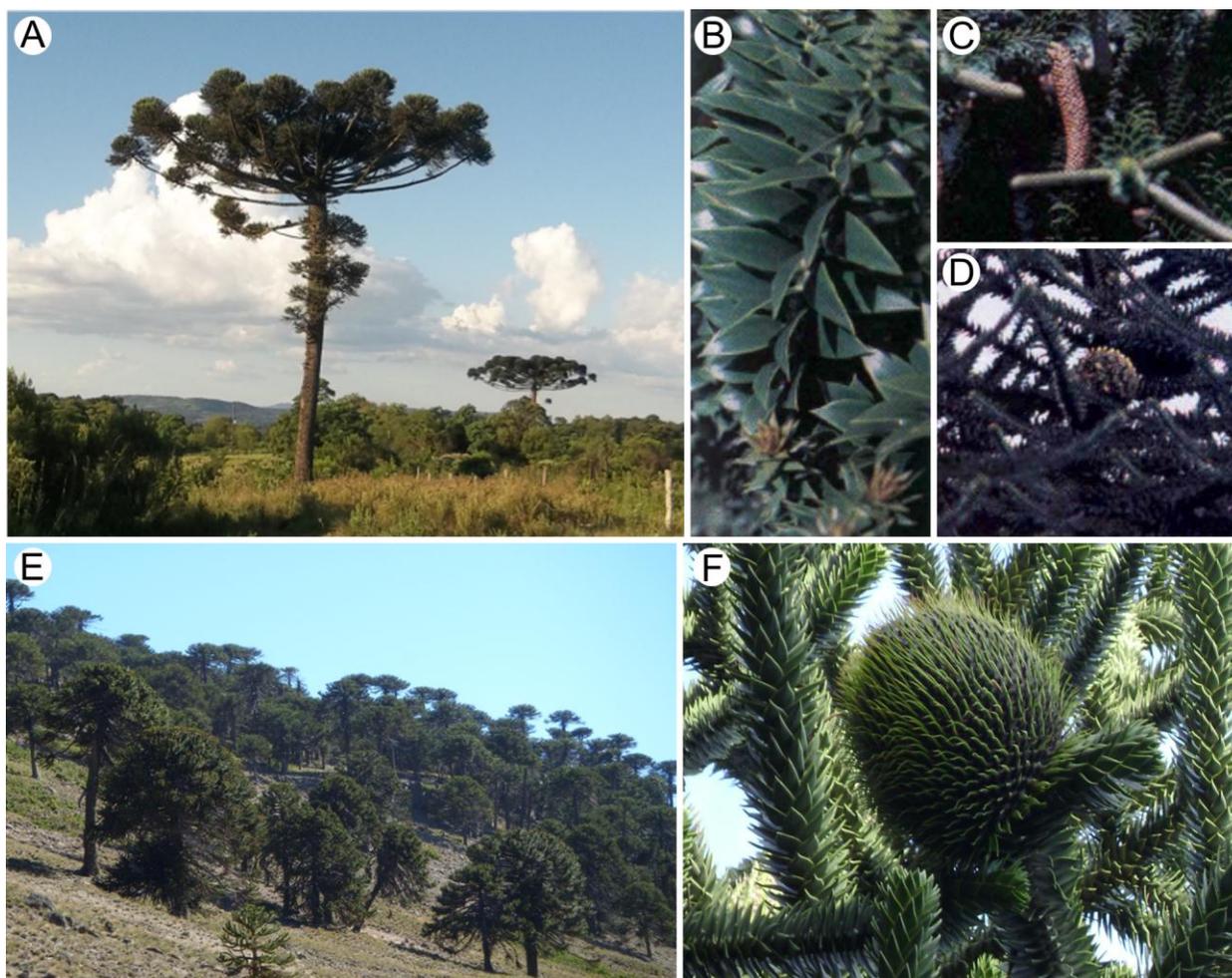


Fig. 1. A-D. *Araucaria angustifolia*. A. Porte, B. Hojas, C. Cono microsporangiado, D. Cono macrosporangiado; E-F. *Araucaria araucana*. E. Porte, F. Cono macrosporangiado. Créditos: A. L. Miguel; E-F. W. Medina.



Fig. 2. A-B. *Araucaria bidwilli*. A. Porte, B. Hojas; C-D. *Araucaria heterophylla*. C. Porte, D. Hojas; E-F. *Agathis robusta*. E. Porte, F. Hojas; G-I. *Wollemia nobilis*. G. Porte, H. Cono microsporangiado, I. Hojas. Créditos: A-B. O. Ferber; C-D. R. Salas & W. Medina, E-G. E. Cabral, H. extraído de www.gymnosperms.org/.../Wollemi_nobilis9.JPG, I. extraído de www.anbg.gov.au/.../wollemi-nobilis-cone-big.jpg.

Podocarpaceae

1. Características

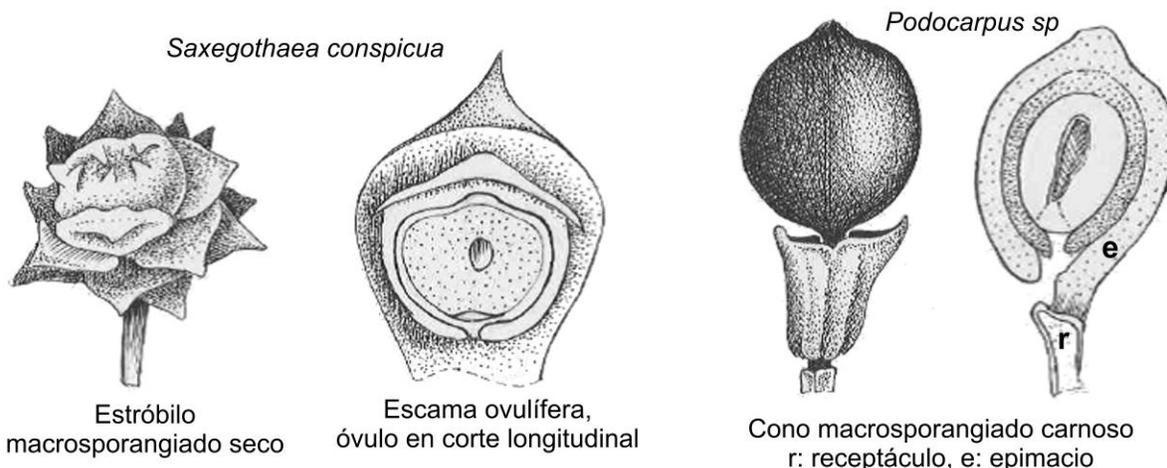
Porte: árboles o arbustos, dioicos o frecuentemente monoicos.

Hojas: lineares, linear-lanceoladas o escamosas, rígidas, punzantes, fuertemente coriáceas, de 3-5 cm long.

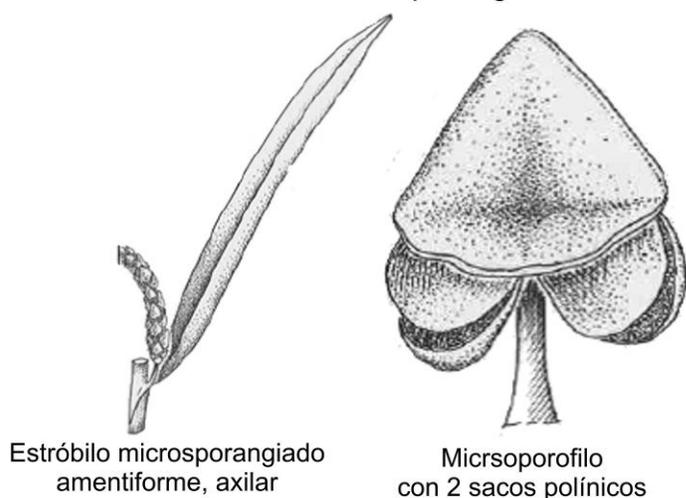
Estructuras reproductivas: Estróbilos microsporangiados: amentiformes, formados por microsporofilos helicados, cada uno con dos sacos polínicos. Granos de polen con 2 (3) vesículas aeríferas, con excepción de *Saxegothaea* que tiene polen papiloso.

Estróbilos macrosporangiados: muy reducidos, solitarios, terminales o axilares. La composición de este estróbilo es muy variable, puede estar formado por una o varias brácteas, cada bráctea porta un único óvulo invertido. Algunas brácteas reducidas se fusionan al raquis y forman un pedúnculo basal o "receptáculo", que puede volverse carnoso luego de la fecundación. A la madurez, el cono macrosporangiado puede presentar una apariencia de drupa, o bien ser seco, o en algunos géneros, la única semilla está recubierta por el "epimacio", una estructura carnosa, de color rojo cuando está maduro, que ha sido equiparado tanto a una escama ovulífera, como a un arilo o a un segundo tegumento.

Estructuras macrosporangiadas



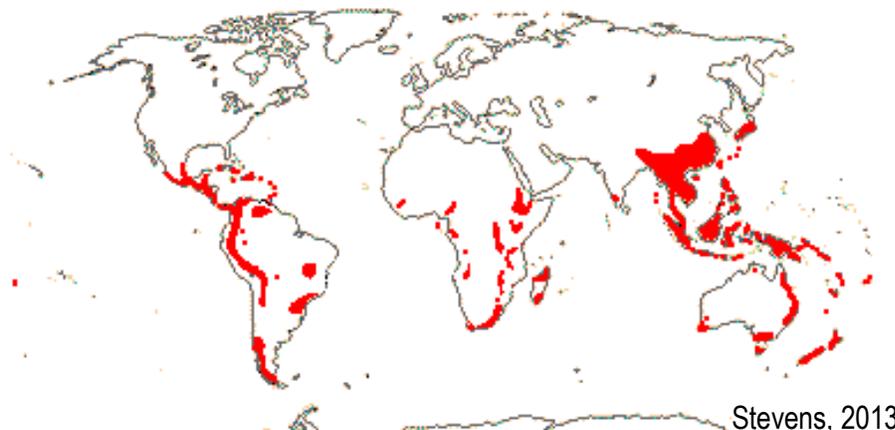
Estructuras microsporangiadas



Hoja



2. Distribución: familia que habita en regiones tropicales y subtropicales del hemisferio sur. Sólo *Podocarpus* está ampliamente distribuido y se extiende al Norte del Ecuador en América Central, África y desde Malasia hasta el Japón. En Argentina está representada por 4 géneros y 6 especies.



3. Clave para identificar los géneros nativos de Podocarpaceae (Covas, 1995)

A. Conos femeninos con numerosos macrosporofilos biovulados o estériles formando una cabezuela globosa. Polen sin vesículas aeríferas. *Saxegothea*

A'. Conos femeninos sin formar cabezuelas, con 1 a 3 (rara vez hasta 5) macrosporofilos. Óvulos generalmente drupáceos. Polen con vesículas aeríferas.

B. Hojas escamiformes. Semillas erectas a la madurez *Lepidothamnus*

B'. Hojas lineares a linear-lanceoladas. Semillas invertidas a la madurez.

C. Conos femeninos generalmente solitarios con un receptáculo acrescente, a la madurez carnoso. Plantas dioicas. *Podocarpus*

C'. Conos femeninos generalmente agrupados. Receptáculo no acrescente ni carnoso. *Prumnopitys*

Lepidothamnus fonkii Phil. (ciprés enano)

Arbusto rastrero hasta de 50 cm alt. con ramificación alterna. Crece en la región andina meridional de Chile y Argentina. Vive en suelos húmedos o fangosos.

Podocarpus lambertii Klotzsch ex Endl.

Habita en Misiones.

Podocarpus nubigenus Lindl. (pino amarillo, mañío macho, huililahuán, mañío)

Habita los bosques subantárticos de Chile y Argentina. Vive en terrenos húmedos y pantanosos. Forma parte del bosque húmedo Austral. Aparece rápidamente en terrenos despojados por la explotación y es de rápido crecimiento. Ofrece madera de buena calidad, resistente y fuerte, utilizada en la fabricación de muebles, revestimientos interiores y artículos deportivos en general. Importante como especie ornamental. Por su rápido crecimiento, el mañío podría ser apto para planes de reforestación.

Podocarpus parlatorei Pilg.

Crece en el noroeste de nuestro país, en las provincias de Catamarca, Jujuy, Salta y Tucumán.

Prumnopitys andina (Poepp.) de Laub. (lleuque, lleuqui, uva de cordillera)

Esta especie rara vez forma bosques puros, crece en cerros de terrenos húmedos y sombríos donde la temperatura puede bajar mucho. Importante como especie ornamental. Su madera, de buena calidad,

es dura, densa y amarillenta, con vetas rojizas, se usa para tallados y fabricación de muebles finos; sin embargo, no alcanza niveles de explotación económica por tratarse de una especie escasa.

El epimacio que rodea la semilla se utiliza a baja escala en la fabricación de mermeladas regionales y en la alimentación del ganado porcino.

Saxegothaea conspicua Lindl. (mañío-lahuán, mañío macho)

Árbol endémico de los bosques subantárticos. Vive generalmente en suelos húmedos, presentándose aisladamente o en pequeños grupos en el bosque y asociado frecuentemente a *Nothofagus*, *Laurelia*, canelo, cohiue, tepa, tineo y otros. De crecimiento lento. La maduración de los estróbilos se efectúa de fines de noviembre a diciembre, las semillas maduran entre enero y febrero. La madera, es de buena calidad para la carpintería, fácil de trabajar, se utiliza en mueblería fina, enchapados, postes, etc.

4. Ilustraciones



Fig. 1. A-C. *Lepidothamnus fonkii*. A. Hábito, B. Porte, C. Cono macrosporangiado. **D-E. *Podocarpus parlatorei*.** D. Porte, E. Cono macrosporangiado. **F. *Podocarpus macrophyllus*,** Cono macrosporangiado. **G. *Saxegothaea conspicua*,** Cono macrosporangiado. **H. *Prumnopitys andina*,** conos microsporangios
Créditos: A, B, F y G. extraído de <http://www.conifers.org/>, **C y H.** extraído de <http://www.chilebosque.cl> **D-E.** R. Salas.

Cupressaceae

1. Características

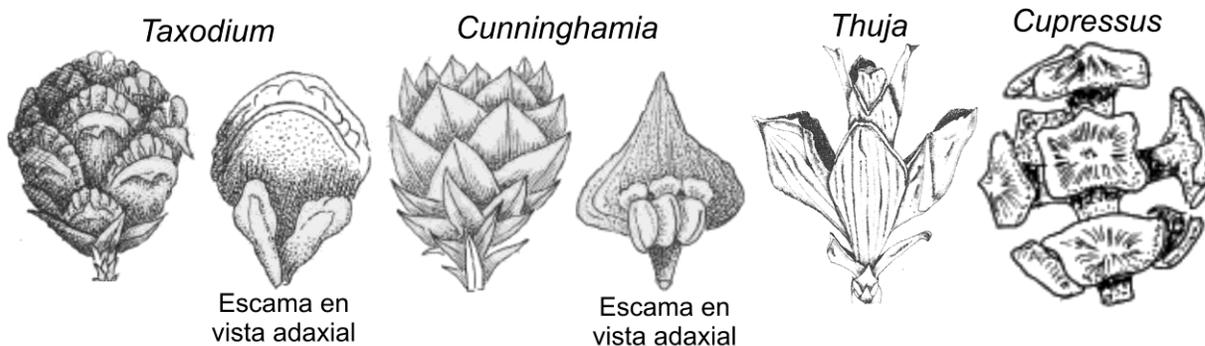
Porte: árboles o arbustos, generalmente resinosos y aromáticos.

Hojas: simples, opuestas o verticiladas, a veces lineares cuando jóvenes y escuamiformes en plantas adultas. A veces hay un fuerte dimorfismo foliar en una misma rama, lineares cuando jóvenes y escuamiformes cuando son adultas. Las hojas juveniles lineares a menudo con una glándula de resina abaxial y con canal resinífero presente.

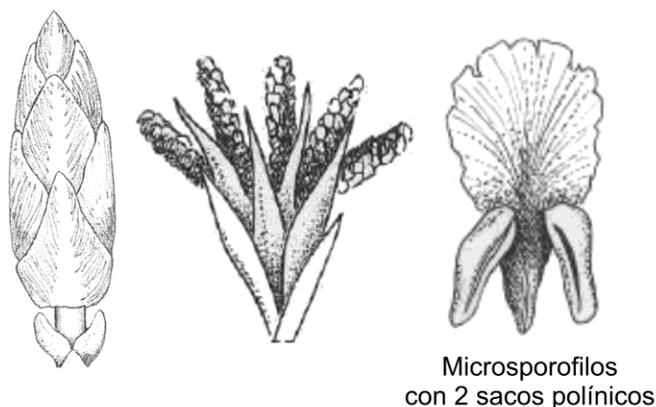
Estructuras reproductivas: Estróbilos microsporangiadados: son solitarios y terminales, rara vez en grupos y a veces son axilares. La forma varía de esférica a oblongas, amentiformes. Compuestos de numerosos microsporofilos opuestos o verticilados, abaxialmente portan 2-6-(10) microsporangios cada uno. Granos de polen sin sacos aeríferos, esféricos.

Estróbilos megasporangiadados: generalmente son solitarios y terminales, raramente en grupos de 2-5 y axilares. Globosos-ovoides, formados por numerosas escamas ovulíferas superpuestas fusionadas a las brácteas tectrices en las que, a veces, solo el ápice es libre. Cada complejo bráctea-escama es peltado o basifijo, valvado o imbricado, en la madurez pueden volverse leñosos o carnosos. Los óvulos son adaxiales y se encuentran en número de 1-20 por escama. Semillas aladas o ápteras. Arilo ausente y el número de cotiledones varía de 2-5 (a 9 en *Taxodium*).

Conos macrosporangiadados



Conos microsporangiadados



Rama con hojas escuamiformes



2. Distribución: Familia con 28 géneros y cerca de 142 especies. Se encuentra distribuida en regiones templadas o templado-cálidas de ambos hemisferios, pero más abundantemente en el hemisferio norte.

Cuenta con géneros de distribución muy restringida, siendo endémicos y monotípicos de los países que se indican: *Fitzroya*, *Pilgerodendron* y *Austrocedrus* (Sur de Chile y Argentina), *Tetraclinis* (Sur de España y Norte de África), *Thujopsis* (Japón), *Callitropsis* (Nueva Caledonia), *Diselma* (Tasmania), *Arceuthos* (Europa sudoriental).



3. Clave para identificar los géneros nativos y cultivados de Cupressaceas en Argentina

- 1- Conos carnosos, indehiscentes, con escamas íntimamente soldadas entre sí. 1-3 semillas. Plantas dioicas. ***Juniperus***
- 1`- Conos leñosos dehiscentes, con escamas bien diferenciadas entre sí, 3-20 semillas. Plantas monoicas o dioicas. **2**
- 2- Escamas insertas basalmente, no peltadas. **3**
- 3- Plantas siempre dioicas. Hojas ovoides, escamiformes, opuestas. Conos compuestos siempre por 4 escamas. Semillas con dos alas distintas. ***Pilgerodendron***
- 3`- Plantas dioicas o monoicas. Hojas escamiformes opuestas, decusadas o dispuestas en verticilos trímeros o tetrámeros. Conos con 4 o más escamas. Semillas con 2 alas iguales o diferentes, o al menos con 1 ala. **4**
- 4- Conos compuestos de 8-12 (-6) escamas. **5**
- 5- Hojas provistas de 2 bandas estomáticas blanquecinas. Macrosporofilos 3-5 ovulados. ***Thujopsis***
- 5`- Hojas desprovistas de bandas estomáticas blanquecinas. Macrosporofilos 1-3 ovulados. ***Thuja***

- 4 - Conos compuestos de 4-6 (-8) escamas. **6**
- 6- Semillas con 2 alas iguales (raramente 3). Hojas largamente decurrentes. **7**
- 7- Conos de sección circular, compuestos de 6 (-8) escamas. Hojas dispuestas en verticilos 3-meros. **Callitris**
- 7 - Conos de sección cuadrangular, compuestos de 4 escamas. Hojas dispuestas en verticilos 4-meros. **Tetraclinis**
- 6 - Semillas con 1 ala o con 2 alas diferentes. Hojas dimorfas o homeomorfas en cuanto a su longitud. **8**
- 8- Semillas con 1 ala membranácea. Conos con 2 pares de macrosporofilos. Hojas dimorfas, las faciales más pequeñas que las laterales. **Austrocedrus**
- 8 - Semillas con 2 alas desiguales. Conos con 3 pares de macrosporofilos. Hojas homeomorfas, faciales y laterales de igual longitud. **Calocedrus**
- 2 - Escamas peltadas. **9**
- 9- Árboles siempre dioicos. Conos compuestos por 2 o 3 verticilos trímeros. Hojas provistas de 2 bandas blanquecinas, dispuestas en verticilos 3-meros. **Fitzroya**
- 9 - Árboles o arbustos monoicos. Conos compuestos por 4-12 escamas opuestas o decusadas. Hojas desprovistas de bandas blanquecinas, opuestas, decusadas. **10**
- 10- Conos compuestos de 6 o más escamas. Hojas finamente denticuladas en el margen (carácter observable solo con lupa). **Cupressus**
- 10 - Conos compuestos de 4-12 es camas. Hojas de borde entero. **Chamaecyparis**

(Clave elaborada por Sandra Martín)

De todos los géneros presentes en la clave solamente tres géneros son nativos, y monotípicos, de la Patagonia Argentina y sur de Chile, para diferenciarlos a continuación se presenta la siguiente clave:

4. Clave para identificar géneros nativos de Argentina (Covas, 1995)

A. Hojas y esporofilos en verticilos trímeros. Semillas con dos alas aproximadamente iguales.

Fitzroya

A'. Hojas y esporofilos opuestos, decusados. Semillas con dos alas desiguales.

B. Hojas heteromorfas, opuestas, decusadas, cubriendo totalmente los rámulos, las laterales mayores que las antero-posteriores.

Austrocedrus

B'. Hojas isomorfas, dando aspecto tetrástico a los rámulos.

Pilgerodendron

Fitzroya cupressoides (Molina) I. M. Johnst.

Su nombre común es alerce o lahuén (nombre mapuche de la planta)

En Argentina vive desde el N del Nahuel Huapi (39°) hasta las cercanías de los lagos situados entre 42°43' S. Prefiere terrenos poco profundos, pobres, húmedos y pantanosos. Vive mezclados con coihue (*Nothofagus dombeyi*) y con maniú (*Saxegothaea conspicua*) y otras especies.

La madera es de excelente calidad. Es liviana de color rojizo, imputrescible, no la atacan los insectos. Se emplea para la fabricación de tejuelas, puertas, ventanas, toneles, construcción de embarcaciones y postes. La “estopa de alerce” es una capa fibrosa impregnada de resina que se encuentra bajo la corteza y es utilizado para el calafateo de embarcaciones.

Debido al uso indiscriminado está considerada en peligro de extinción.

Es una especie muy longeva, de muy lento crecimiento pudiendo alcanzar más de 3.000 años de edad con una altura de hasta 50m.

El nombre genérico *Fitzroya* fue puesto en honor a Fitz-Roy, capitán del Beagle, a bordo del cual Darwin realizó su viaje alrededor del mundo, y *cupressoides*, por su parecido al ciprés.

Austrocedrus chilensis (D. Don) Pic. Serm. & Bizarri

Del griego *Austro*: del sur, *cedrus*: cedro.

A esta especie se la conoce con el nombre común de ciprés de la cordillera o len.

Se distribuye geográficamente en Argentina y Chile desde los 30° y los 44° S hasta los 2000 m s.n.m. Crece en lugares pedregosos y erosionados. Son los primeros árboles que aparecen cuando se avanza desde la llanura árida hacia el oeste y corresponden al elemento predominante en la región del Parque Nacional “Nahuel Huapi”.

Produce una madera blanco-amarillenta, de mediana calidad por los múltiples nudos que presenta. Es resistente, durable, liviana, aromática y se la utiliza en carpintería, mueblería, en la fabricación de postes y pilares de muebles (por su resistencia a la intemperie y a la humedad). Sus hojas son utilizadas como antidiarreicas.

Pilgerodendron uviferum (D. Don) Florin

Arbol de Pilger (Roberto Pilger, importante botánico alemán especialista en coníferas, 1876-1950), uvifera, frutos parecidos a uvas.

Este árbol es conocido como ciprés de las guaitecas, ten o lahuán (nombre mapuche de la planta).

Es la conífera más austral, vive en los bosques andinos, desde los 40°S hasta Tierra del Fuego e Isla de los Estados. Crece en lugares pantanosos anegadizos o turbosos de *Sphagnum*. La madera es de excelente calidad, imputrescible, liviana y se la utiliza para embarcaciones, muelles, postes, etc.

5. Otros géneros de Cupresáceas presentes en Argentina

Thuja L. (tuya): distribuida en el este y sudoeste de Canadá y el este de EE.UU. Cultivada como ornamental y forestal, de buen crecimiento en el sur de Buenos Aires, Neuquén y Río Negro. La madera de las tuyas es muy maciza. Se utiliza en ebanistería y carpintería. Cultivada para cercos vivos y en jardines, parques, especialmente en cementerios. Además de las formas de desarrollo típico hay también algunas razas de crecimiento enano para jardinería.

De ***T. occidentalis*** (fig.4) se extrae el aceite de cedro que es utilizado como aceite de inmersión en microscopía

Juniperus L.: Juniperus, nombre latino del enebro. La madera de algunas especies es utilizable en carpintería, en la fabricación de lápices. Ciertas tribus de indios de América del Norte utilizaban las hojas como incienso en sus ceremonias religiosas.

El aceite extraído de la semilla es utilizado para saborizar la ginebra.

Cupressus L.: comprende 28 especies, abundantes desde Norteamérica hasta América Central, Norte de África hasta China Central. **Cupressus sempervirens** L. (ciprés, fig. 6)

Crece normalmente en suelos profundos y medianamente sueltos, de humedad media. Se desarrolla mejor en climas templado-cálidos. Originaria del este y sur de la cuenca del Mediterráneo. En Argentina se cultiva como ornamental.

Antiguamente la madera se utilizaba para la construcción de buques y de templos.

El nombre del género *Cupressus*, recuerda una leyenda griega donde se relata la historia de "Kuparissos" quien se convirtió en un ciprés; el específico *sempervirens*, lo debe a su follaje siempre verde (Leonardis, 2000).

Chamaecyparis Spach, (fig. 8): comprende 8 especies nativas del Este de Asia y Norteamérica.

Chamaecyparis, del prefijo griego *chamae*, que indica porte pequeño o crecimiento bajo y *kuparissos* que significa ciprés.

Tetraclinis: género monotípico, **T. articulata** (Vahl) Mast, (fig. 9) especie nativa del Norte de África, Malta y el Sudeste de España.

Tetraclinis, de *tetra*: cuatro y *kline* significa cama, haciendo referencia a las cuatro escamas del fruto, *articulata*, del latín *articulatus*, articulado, aludiendo a sus ramas.

Thuopsis: comprende una especie nativa de Japón, **T. dolabrata** Sieb. & Zucc. (fig. 10)

La madera es fuerte y resistente por lo que históricamente en su país de origen fue utilizada en la construcción. Asimismo, fue uno de los cinco árboles sagrados de Japón, utilizado por la familia real y en ceremonias religiosas.

Calocedrus Kurz: del griego *callos*: bello y *kedros*: cedro. Comprende especies nativas de Norteamérica y Este de Asia. **Calocedrus decurrens** muy utilizada como ornamental, y su madera es de buena calidad usada en la construcción al exterior y también es utilizada en la fabricación de lápices.

Taxodium Richard: comprende sólo dos especies. **Taxodium distichum** (ciprés de los pantanos, ciprés calvo) es propio de terrenos anegadizos, donde sus raíces extienden proyecciones cilíndricas o neumatóforos de hasta 2 m de altura que asoman a la superficie como órgano de respiración cuando el sustrato está inundado.

Originaria de regiones pantanosas del valle inferior del Mississippi (USA). En la Argentina es cultivado en el Delta del Paraná y sobre bordes de arroyos como protector contra la erosión. Es una especie ornamental por su coloración rojiza en otoño. Su madera es blanda y liviana, moderadamente fuerte. Se presta para la construcción de vigas, tirantes, columnas y piezas para casas y edificios. Se recomienda para revestimientos exteriores y muebles a la intemperie. Utilizado en la fabricación de puertas, ventanas, cortinas, persianas, cajonerías, carrocerías, tanques, recipientes industriales, molduras y hornos.

Cryptomeria: comprende una única especie *Cryptomeria japonica* Thunberg ex Linnaeus (Japanese cedar, cryptomeria). Originaria de China y Japón. Crece en zonas de clima templado-cálido a cálido y en terrenos húmedos. Es resistente al frío y su crecimiento es lento. Su uso es ornamental y forestal, su madera es de buena calidad y aromática, blanda y liviana, durable a la intemperie, apta para construcciones civiles, mueblería, carpintería, juguetería, encofrados, envases, puertas, ventanas y entablados (Leonardis, 2000).

6. Otras características de Cupressaceae:

- Hicieron su aparición a fines del Triásico, extendiéndose hasta el presente. Algunos fósiles encontrados en nuestro país pertenecen al género *Protochamaecyparixylon*, hallado en la patagonia, y *Protojuniperoxylon*, hallado en la provincia de San Juan.
- Las especies de esta familia crecen en una gran variedad de hábitat, en general, adaptadas a condiciones xerófitas. Sin embargo, algunas especies exigen buenas condiciones de humedad para lograr un buen crecimiento (*Fitzroya*, *Pilgerodendron*).
- Incluye los árboles más grandes del mundo, como *Taxodium mucronatum* (ahuehuete), gigante de los bosques del oeste de Norteamérica o *Sequoia sempervirens* (sequoia) originaria de Oregón a California, de aproximadamente 90-100 m de altura.

7. Observaciones

Es la familia de coníferas con mayor número de géneros y la tercera con mayor número de especies. Anteriormente, la familia estaba dividida en Cupressaceae s. str. (comprendía géneros con hojas opuestas en 4 hileras o verticiladas) y en Taxodiaceae (hojas generalmente alternas). Sin embargo, recientes estudios moleculares confirman la inclusión de la familia Taxodiaceae a Cupressaceae, conformando de esta manera un grupo monofilético. Los principales caracteres que soportan este clado son: cono macrosporangiado formado por el complejo bráctea tectriz-escama ovulífera fusionadas en prácticamente toda su longitud, 1 a 20 óvulos erectos, y en caso de tratarse de semillas aladas, las alas derivan de la cubierta seminal (Eckenwalder 1976, Watson and Eckenwalder 1993).

8. Ilustraciones



Fig. 1. A-C. *Cupressus sempervirens*. A. Porte, B. Hojas, C. Conos macrosporangiados. Créditos: A-C. E. Cabral.

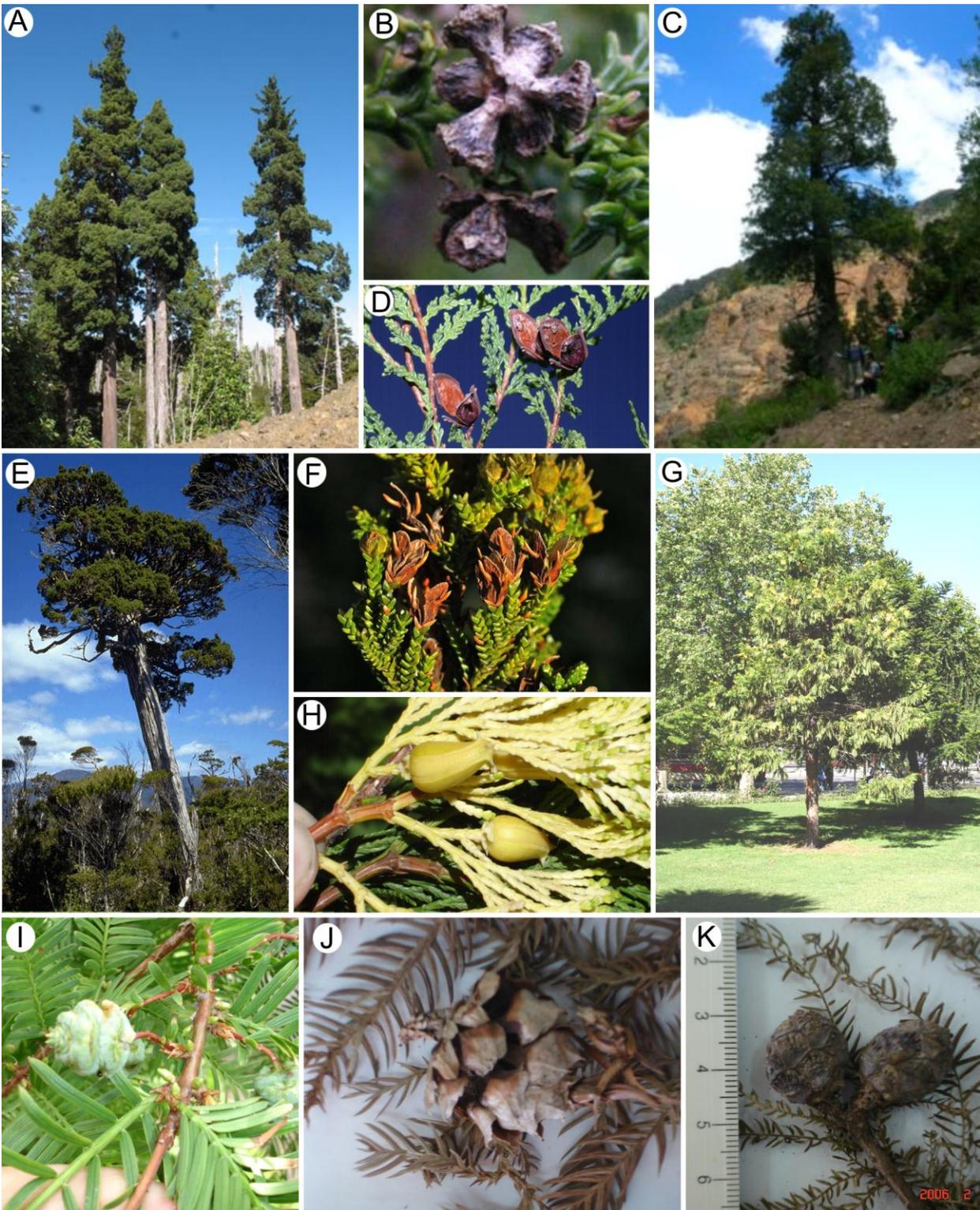


Fig. 2. A-B. *Fitzroya cupressoides*. A. Porte, B. Conos macrosporangiados. **C-D. *Austrocedrus chilensis*.** C. Porte, D. Conos macrosporangiados. **E-F. *Pilgerodendron uviferum*.** E. Porte, F. Conos macrosporangiados. **G-H. *Calocedrus decurrens*.** G. Porte, H. Cono macrosporangiado. **I-K. Conos macrosporangiados. I. *Metasequoia* sp. J. *Cryptomeria japonica*. K. *Taxodium distichum* - Créditos: A-B.** extraído de <http://www.chileflora.com/Florachilena>. **C.** extraído de <http://www.dendrocronologia.cl/images>. **D.** extraído de www.gymnosperms.com. **E-F.** extraído de <http://www.conifers.org/cu/Pilgerodendron.php>. **G-I.** E. Cabral. **J-K.** W. Medina

Sciadopityaceae

Familia monotípica, su una única especie es *Sciadopitys verticillata* Siebold & Zucc. Esta especie era anteriormente incluida en la familia Cupressaceae, pero los estudios filogenéticos moleculares recientes han demostrado que se trata de una familia diferente.

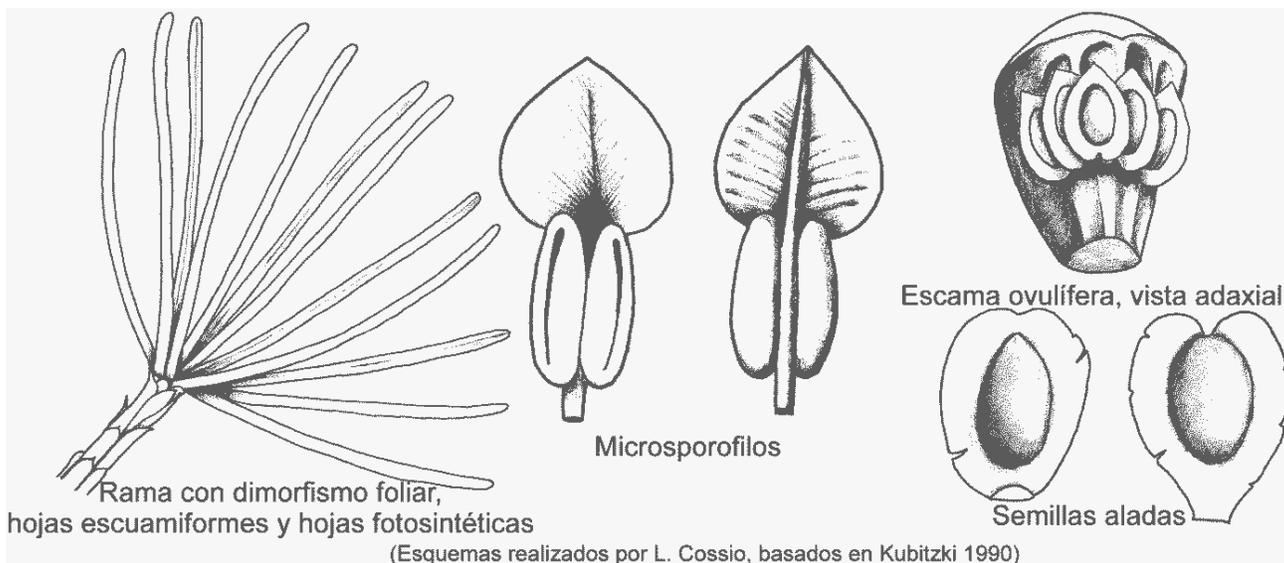
1. Características

Porte: Árbol perenne de 20-30 (35) m de altura y hasta 1 m de diámetro, con ramificación densa y follaje exuberante, uni o pluricaule. Corteza gruesa, rojo-marrón, fibrosa. Los brotes de color marrón anaranjado, glabros, con dimorfismo (largos o cortos); yemas ovoides, de 3-4 mm, sólo se produce en los ápices.

Hojas: presenta dimorfismo foliar. Hojas escuamiformes, color marrón, 1-3 mm, espaciadas entre los nodos sobre tallos largos, agrupadas en una pseudo-espira apretada que envuelven a las hojas fotosintéticas en el ápice de las ramas largas y cortas. Las hojas fotosintéticas son interpretadas de diversas maneras, como un par de hojas verdaderas fusionadas o como ramas altamente modificadas (cladodios). Estas hojas son lineales, flexibles, de 60-130 x 2-3 mm, 1 mm de espesor, carnosas y, con un surco prominente en la línea media, verde brillante con líneas de estomas más pálida en el envés, a ambos lados del surco. Se disponen en pseudoverticilos de 10-30 hojas por nodos.

Estructuras reproductivas. Estróbilos microsporangiados: son subglobosos, subsésiles, 6-12 mm, ubicados en racimos terminales de 5-10 o más estróbilos. Cada microsporofilo porta 2 microsporangios. **Estróbilos megasporangiados:** son ovoides, subsésiles, 4.5-10 x 3.5-6.5 cm, se desprenden pronto después de la liberación de las semillas. La bráctea tectriz es ancha a modo de solapa transversal, de ápice redondeado, irregular y se mantienen separadas de la escama ovulífera que es de mayor tamaño. Cada escama ovulífera porta adaxialmente 7-9-(12) óvulos.

Semillas: naranja-amarronados, 8-12 mm de largo, aplanadas ovoide con un ala estrecha a lo largo de cada lado de la semilla y muescas en el ápice. Poseen 2 cotiledones. El número haploide de cromosomas es $n = 10$.



2. Distribución geográfica y hábitat: Endémico de Japón. Se distribuye en los bosques nubosos de altitud media entre los 500-1000 m, con altas precipitaciones y humedad.



3. Ilustraciones

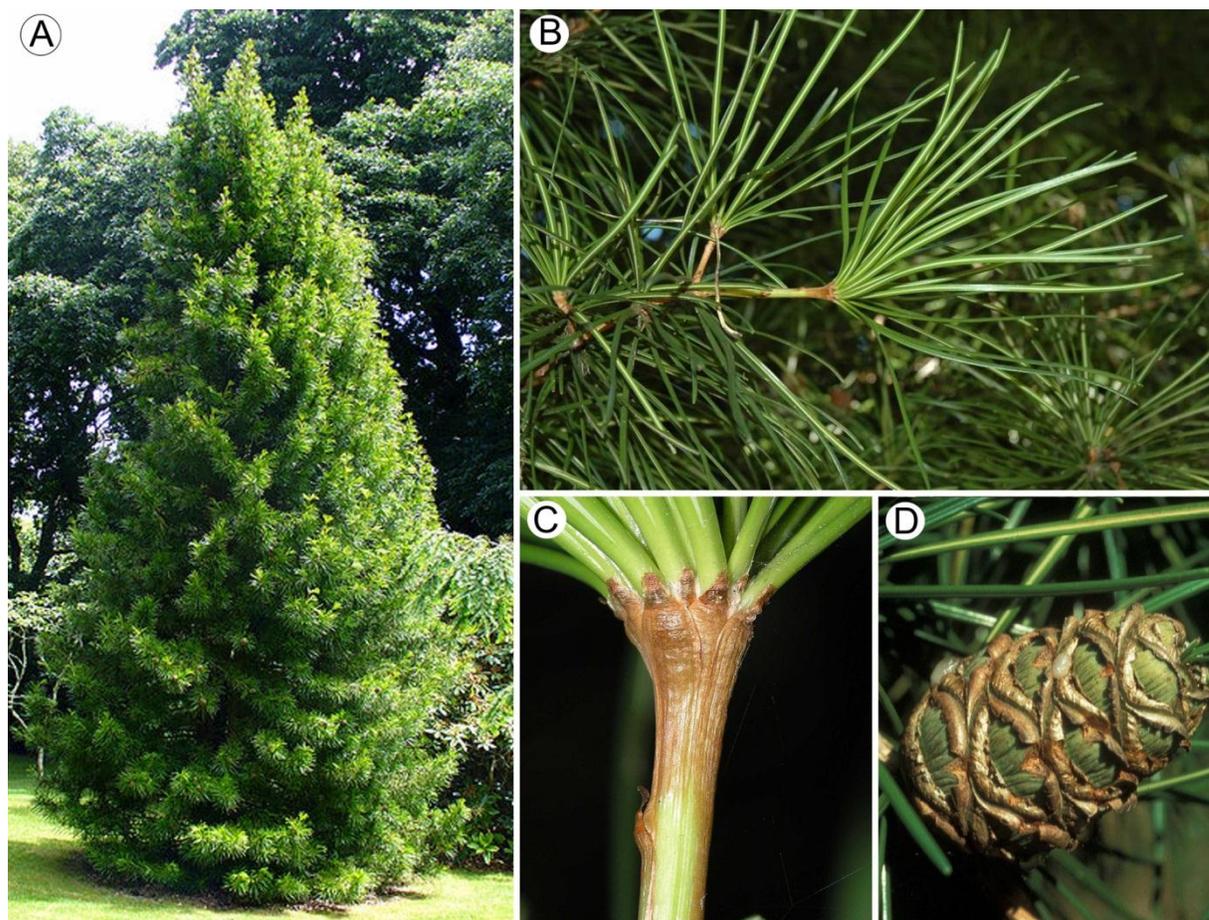


Fig. 1. A-D. *Sciadopitys verticillata*. A. Porte, B. Rama y hojas, C. Detalle del dimorfismo foliar, hojas escumiformes y hojas fotosintéticas, D. Cono macrosporangiado. **Créditos:** A. extraído de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sciadopitys_verticillata_scottzona.jpg, B-D. Extraído de <http://www.gymnosperms.org/>.

Taxaceae

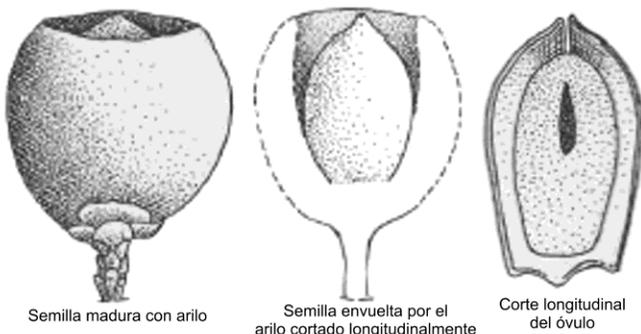
1. Características

Porte: Árboles o arbustos, monoicos o dioicos. Con frecuencia presentan troncos de gran grosor y ramas horizontales, sin conductos resiníferos. Las raíces pueden ser fibrosas o leñosas.

Hojas: lineares, linear-lanceoladas o aciculares, aplanadas, espiraladas o dísticas.

Estructuras reproductivas: **Conos microsporangiados:** solitarios o agrupados, axilares rara vez terminales, globosos a ovoides; los esporófilos portan de 2-16 microsporangios (sacos polínicos). El polen no tiene sacos aéreos y presentan polinización anemófila. **Conos macrosporangiados:** reducidos a 1-2 óvulos soportados axilarmente por brácteas decusadas. En la base se diferencia una excrecencia anular, meristemática, de origen axial. Esta estructura crece al ir madurando la semilla y envolviéndola constituye el arilo, de forma acopada, carnosa, rojo, dulce. En el tejo (*Taxus baccata*) esta estructura facilita la dispersión de las semillas por las aves y es la única parte que carece del alcaloide venenoso taxina (de acción paralizante y anticoagulante). Las semillas mantienen una posición erguida, sin alas, poseen la testa dura o totalmente rodeada de arilos jugosos, carnosos o coriáceos; cada semilla posee cotiledones 2. En *Cephalotaxus*, el tegumento se diferencia en tres capas: la externa e interna carnosa, la intermedia pétrea, y el arilo es rudimentario.

ESTRUCTURAS MACROSPORANGIADAS



Semilla madura con arilo

Semilla envuelta por el arilo cortado longitudinalmente

Corte longitudinal del óvulo

Taxus sp

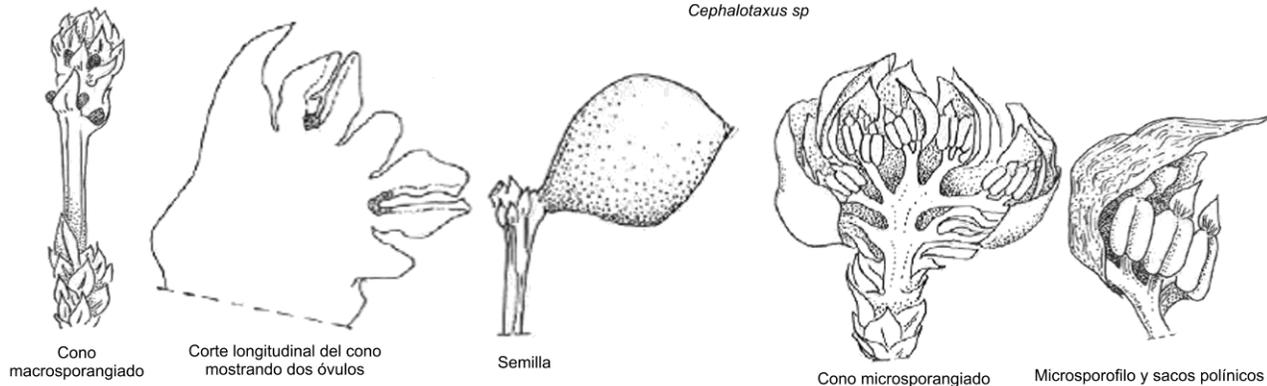
ESTRUCTURAS MICROSPORANGIADAS



Cono microsporangiado

Microsporofilo y sacos polínicos

Cephalotaxus sp



Cono macrosporangiado

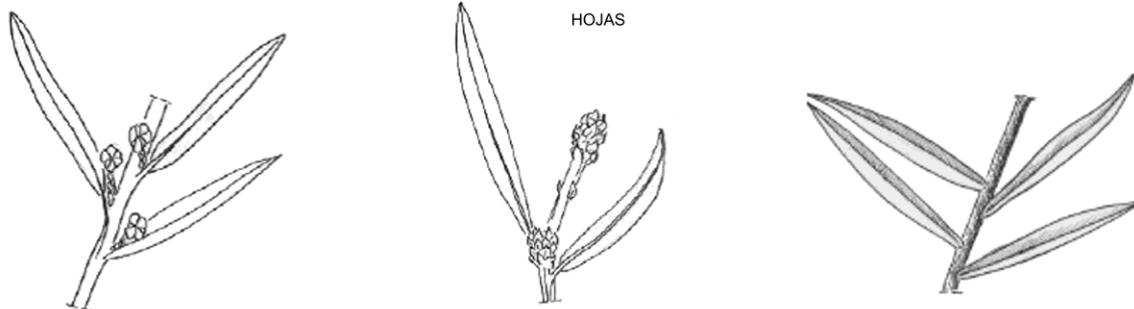
Corte longitudinal del cono mostrando dos óvulos

Semilla

Cono microsporangiado

Microsporofilo y sacos polínicos

HOJAS



Rama con cono microsporangiado

Rama con cono macrosporangiado

Rama de *Taxus sp*

2. Distribución: familia ampliamente distribuida en el hemisferio norte hasta México y Java. El género monotípico *Austrotaxus* es endémico de Nueva Caledonia.



3. Observaciones: Comprende 6 géneros: *Amentotaxus*, *Austrotaxus*, *Cephalotaxus*, *Pseudotaxus*, *Taxus* y *Torreya*. El género *Taxus* es el más importante y reúne 9 especies que viven en Eurasia y el norte de América. El género *Cephalotaxus* antes era tratado en una familia a parte Cephalotaxaceae, debido a que el cono macrosporangiado porta 2 óvulos por escama a diferencia de los otros géneros que cuentan con un único óvulo. Sin embargo de acuerdo a análisis moleculares de cloroplastos y ADN nuclear demostraron que el clado de *Cephalotaxus* con los otros géneros de Taxaceae es actualmente monofilético (Hao et al. 2008).

4. Ilustraciones



Fig. 1. A-B. *Taxus bacatta*. A. Porte; B. Detalle de la semilla con arilo. Créditos: A-B. E. L. Cabral

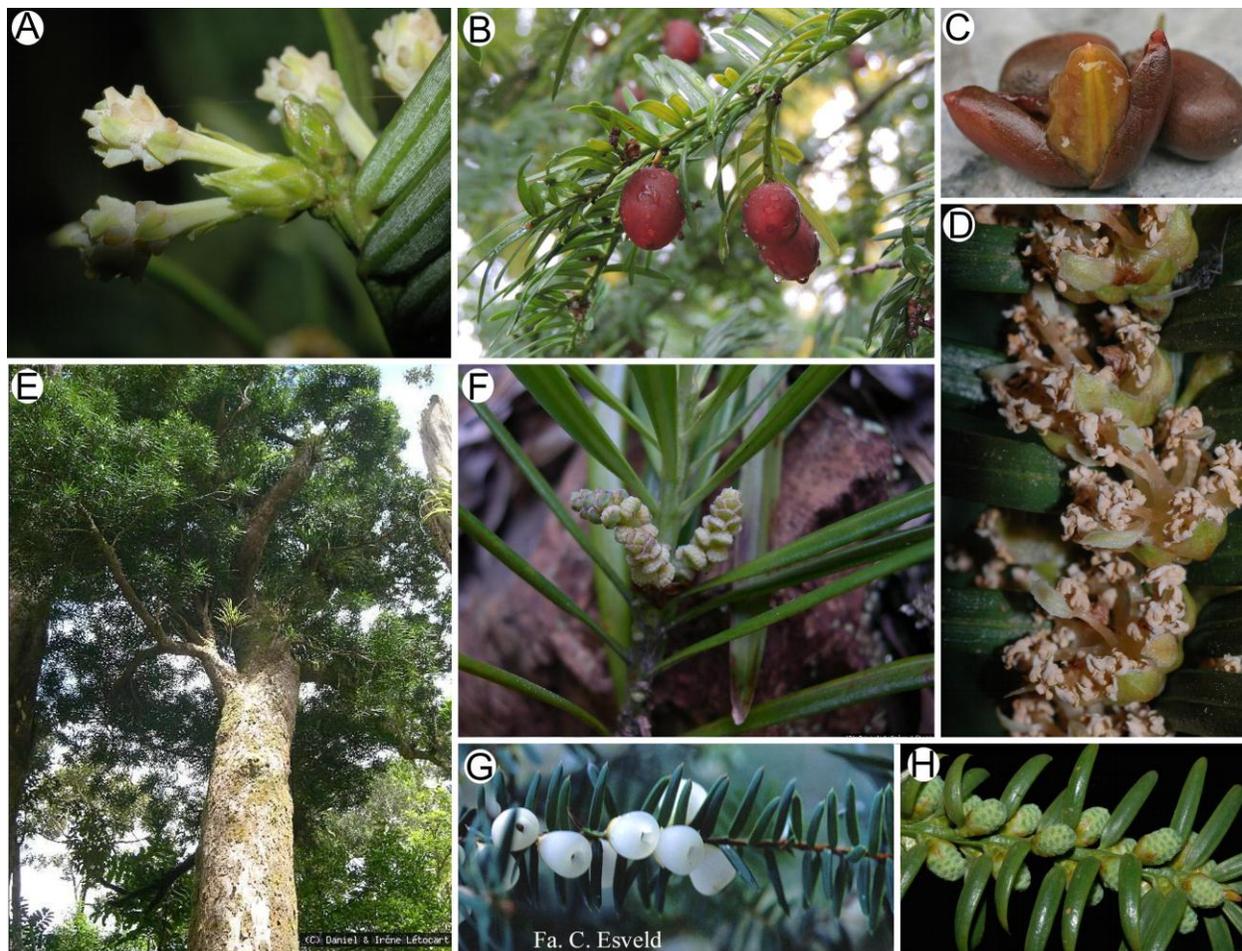


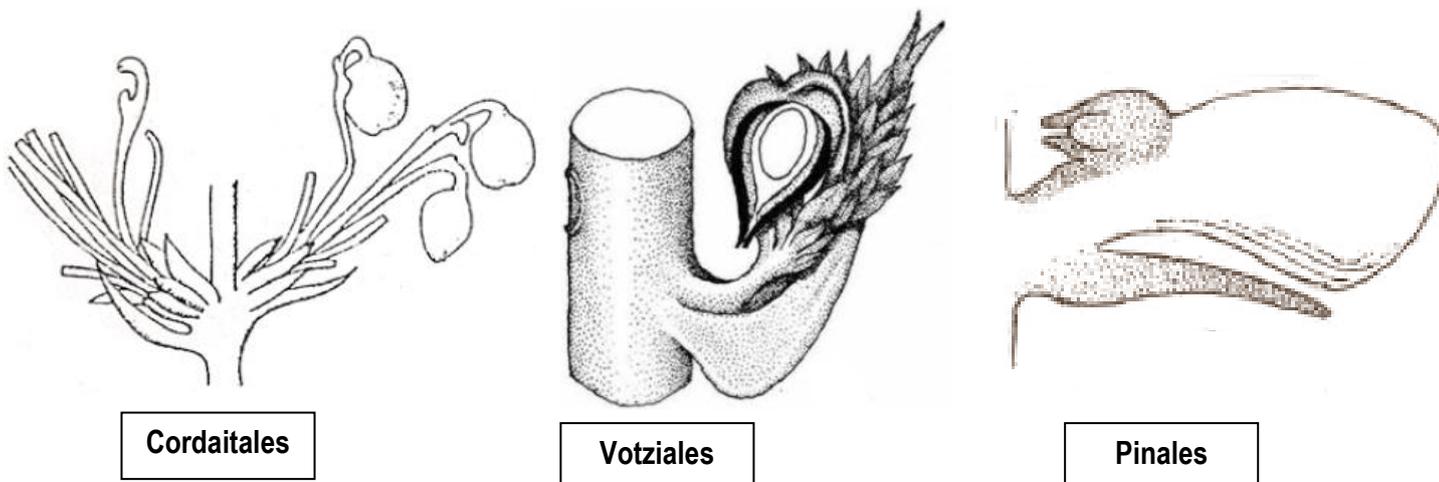
Fig. 2. A-D. *Cephalotaxus harringtonia*. A. Cono macrosporangiado, B-C. Semilla. D. Detalle de cono microsporangiado. **E-F. *Austrotaxus spicata*.** E. Porte, F. Cono microsporangiado. **G. *Pseudotaxus chienii*,** semillas con arilo. **H. *Torreya nucifera*,** cono microsporangiado. **Créditos:** A, B, D y H. extraído de www.plantsystematics.org; C. extraído de <http://www.conifers.org/ta/Cephalotaxus.php>. E-F. extraído de <http://www.endemia.nc/plante/fiche641.html>. G. extraído de <http://www.esveld.nl/plantdias//18/18893.jpg>

REPRODUCCION EN GIMNOSPERMAS

Un carácter evidente de las gimnospermas es la presencia de conos o estróbilos, péndulos o erectos. Los estróbilos microsporangiados corresponden a agrupaciones de microsporofilos, mientras que los estróbilos macrosporangiados tienen una naturaleza compuesta ya que están constituidos por una bráctea tectriz en cuya axila se desarrolla la escama ovulífera. En algunos géneros como en *Pinus*, la bráctea y la escama ovulífera están fusionadas, en otros permanecen separados (en *Pinus* la bráctea tectriz es más corta que la escama ovulífera). Se supone que el conjunto de escama ovulífera y los óvulos son equivalentes filogenéticamente a un braquiblasto, que se origina en la axila de una bráctea. En este braquiblasto los tegumentos de los óvulos corresponderían a dos profilos, mientras que la escama ovulífera representaría una tercera hoja. Los óvulos se ubican en la cara superior o adaxial de la escama ovulífera, en tanto que los microsporangios se forman en la cara inferior o abaxial de los microsporofilos, en número variable de acuerdo a la especie.

En el grupo fósil de las **Cordaitales**, en la axila de cada bráctea se encuentra una corta ramificación que presenta apéndices llamados escamas, dispuestas en espiral. Las escamas fértiles de los conos macrosporangiados sostienen 1 o más óvulos terminales y péndulos. Por otro lado en el grupo de las **Votziales**, los conos macrosporangiados se ubican en la parte superior del árbol: son compactos, con un eje central que sostiene muchas brácteas de ápice bifurcado dispuesto en espiral. En la axila de cada bráctea hay un pequeño brote con escamas y solo una de ellas es fértil, uniovulada.

En pinos y en muchas otras coníferas los microsporangios y macrosporangios están situados en conos separados sobre el mismo árbol.



Historia de vida en *Pinus*

Como medio de introducción a los procesos de reproducción de las gimnospermas, se describe la historia de vida de *Pinus*, y se da a conocer las variaciones en Cycadidae, Ginkgoidae y Gnetidae.

En *Pinus*, cada óvulo contiene una nucela multicelular (megasporangio) rodeada por un tegumento de gran tamaño que presenta una apertura, el micropilo, enfrentada al eje del cono.

Cada megasporangio contiene un solo megasporocito o célula madre de la megáspora, que sufre meiosis y acaba conteniendo una serie alineada de 4 megásporas. Solo una de éstas es funcional, las 3 que quedan cerca del micrópilo degeneran. Se describe hasta este momento la **macrospogogenesis** (u origen de las megásporas).

En los pinos la polinización se da al principio de la primavera, el polen se adhiere a una gota de líquido pegajoso que hay encima del micrópilo. En esta etapa las escamas del cono

macrosporangiado están muy separadas, a medida que el líquido micropilar se evapora el grano de polen se desliza dentro del micrópilo y toma contacto con la nucela. Después de la polinización las escamas se juntan y colaboran en la protección de los óvulos en desarrollo. Poco después de que el polen hace contacto con la nucela este germina y forma un tubo polínico. En esta etapa el megasporangio todavía no sufre meiosis. Aproximadamente un mes después de la polinización se forman las 4 megásporas, sola una se transformará en megagametofito. El desarrollo del megagametofito es lento; a menudo no empieza hasta unos 6 meses después de la polinización y puede pasar otros 6 meses hasta que sea completo. En las primeras fases del desarrollo del megagametofito se produce mitosis sin formación inmediata de paredes celulares. Unos 13 meses después de la polinización se empiezan a formar paredes celulares alrededor de unos 2000 núcleos libres (divisiones nucleares libres). Aproximadamente 15 meses después de la polinización en el ápice micropilar del gametofito se diferencian 2 ó 3 arquegonios. Se ha llegado al estado adecuado para la fecundación.

Unos 12 meses antes, el grano de polen había germinado produciendo un tubo polínico que lentamente se iba abriendo camino por los tejidos de la nucela hacia el gametofito femenino en desarrollo. Un año después de la polinización la célula generativa del gametofito masculino sufre una división dando lugar a dos tipos de células, una célula estéril o anteridial (equivalente al anteridio de los helechos) y una célula espermatógena. Después, antes de que el tubo polínico alcance el gametofito femenino la célula espermatógena se divide produciendo dos gametos masculinos. El gametofito masculino, o grano de polen germinado, ha llegado a la madurez. Unos 15 meses después de la polinización el tubo polínico alcanza la ovocélula del arquegonio donde descarga gran parte de su citoplasma y los dos gametos masculinos dentro del citoplasma de la ovocélula. El núcleo de un gameto masculino se une al núcleo de la ovocélula y el otro degenera. Normalmente se fecundan las ovocélulas de todos los arquegonios y empiezan a transformarse en embriones- poliembriónía. Sin embargo normalmente se desarrolla uno sólo, al principio de la embriogenia se forman 4 hileras de células cerca del extremo inferior del arquegonio. Cada una de las 4 células de la hilera superior, la que está más apartada del extremo micropilar del óvulo, empieza a formar un embrión. Simultáneamente las 4 células de la hilera que se encuentran por debajo de los embriones, células del suspensor, se alargan mucho y empujan a los 4 embriones en desarrollo hacia el gametofito femenino. Por lo tanto en el ciclo vital de los pinos hay un segundo tipo de poliembriónía, sólo uno de los embriones se desarrolla completamente. Durante la embriogenia el tegumento del óvulo se transforma en cubierta seminal.

La semilla de las coníferas tiene una estructura particular que consiste en una combinación de dos generaciones esporofíticas:

a- Cubierta seminal y restos de la nucela

b- El embrión: eje radícula-hipocótilo, cofia de la raíz y meristema apical en un polo y algunos cotiledones u hojas seminales (generalmente 8 en el polo opuesto).

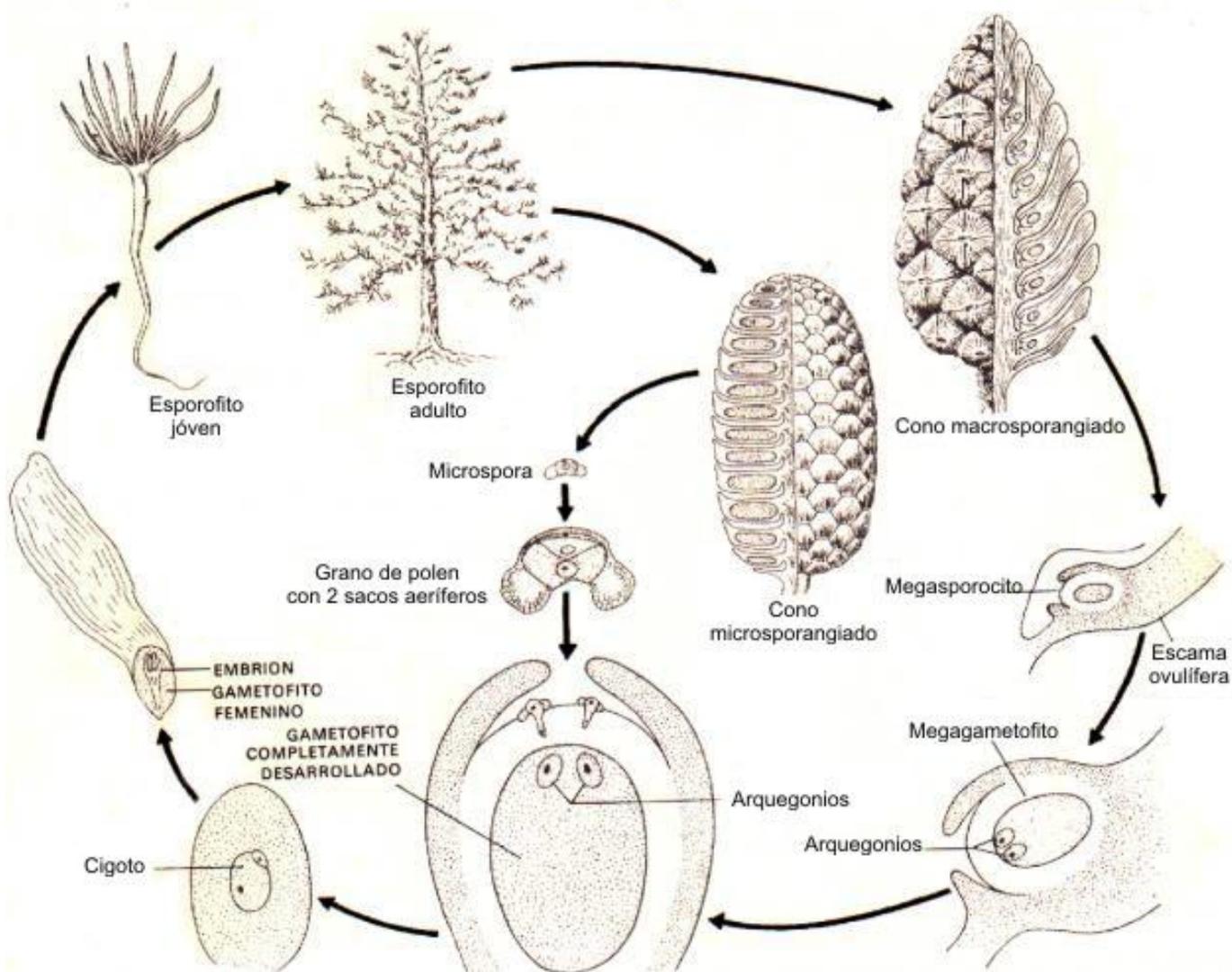
Tanto **a** como **b** son $2n$, o sea diploides. El tegumento tiene 3 capas, la capa central se endurece y actúa como cubierta seminal.

La generación gametofítica es el protalo, proporciona reservas y actúa como tejido nutritivo y alimenticio ($1n$, haploide).

Las semillas de los pinos caen en otoño dos años después de la aparición inicial de los conos y de la polinización. En la madurez las escamas del cono se separan, las semillas aladas vagan por el aire a veces a distancia considerables.

En las Coníferas el tubo polínico, aunque también es haustorial como en *Cycas* y *Ginkgo*, sirve además para transportar los gametos masculinos hasta el arquegonio.

El polen tiene sacos aéreos (*Pinaceae* y *Podocarpaceae*), y sin sacos aéreos (*Araucariaceae*, *Cupressaceae*, *Taxaceae* y *Sciadopityaceae*).



VARIANTES EN LA HISTORIA DE VIDA DE OTROS GRUPOS DE GIMNOSPERMAS

CYCADIDAE:

La reproducción de *Cycas* presenta algunas peculiaridades interesantes:

Los gametos masculinos son pluriflagelados, como los grupos de plantas inferiores por lo que se consideran primitivos.

El tubo polínico funciona como haustorios (análogos a los haustorios de los hongos parásitos). Debido a la movilidad de los gametos masculinos, en este grupo de gimnospermas, la función del tubo polínico no es propiamente de transporte, más bien parece ser nutritiva, durante su penetración digiere las células superficiales del macrosporangio formándose una cavidad encima de los arquegonios llamada cámara arquegonial; esta cámara y la cámara polínica finalmente se funden en una sola. El tubo polínico se rompe y libera los dos gametos masculinos en esa cavidad o cámara arquegonial y de allí nadan hasta los arquegonios.

Excepcionalmente se ha observado que las células del arquegonio se separan entre sí y dejan salir una porción del citoplasma de la ovocélula, que penetra en la cámara arquegonial y succiona los gametos masculinos.

Los otros procesos ocurren como en las demás gimnospermas.

El intervalo entre polinización y fertilización es de 3-4 meses.

El embrión presenta frecuentemente dos cotiledones.

En *Encephalartos* a la polinización la efectúan algunos insectos, principalmente algunos coleópteros.

GINKGOIDAE:

Ginkgo se asemeja a las cícadas por poseer gametos masculinos flagelados y porque el tubo polínico aparentemente también tiene función haustorial.

En algunos ejemplares de *Ginkgo* se ha observado una emergencia del citoplasma de la ovocélula que engloba los gametos masculinos igual que en algunas cícadas.

A medida que aumenta el tamaño del gametofito femenino, la nucela debe expandirse hacia el ápice, y forma un pico nucelar que, en un comienzo es macizo; posteriormente se inicia en su interior una cavidad lisígena que adopta forma de cono y que se denomina cámara polínica. Usualmente se forman 2 arquegonios y poco antes de que éstos completen su desarrollo, una columna de tejido gametofítico yace debajo de la cámara polínica, luego las células nucelares se desorganizan gradualmente originándose alrededor de la columna, la cámara arquegonial.

El intervalo entre polinización y fertilización es de 5 meses.

Características reproductivas peculiares y primitivas:

- Mayor número de células en sus gametofitos.
- Muchas veces los óvulos caen al suelo sin haber sido fertilizados pero con los tubos polínicos cercanos al arquegonio.
- Las células vegetativas del megagametofito son verdes y contienen clorofila a y b.

GNETIDAE:

Los procesos son similares a las Gimnospermas pero con las siguientes particularidades:

- Los tubos polínicos no son haustoriales, por lo general el tiempo de permanencia es corto y efímero.

-El embrión tiene 2 cotiledones.

- *Ephedra*:

- La cámara polínica se forma por degeneración de las células, situadas cerca de la micrópila y está poco desarrollada. En la misma se encuentra un fluido que es denso y pegajoso cuya retracción permite acercar los granos de polen al arquegonio. La formación de este fluido es cíclica, se produce a la mañana y durante el día se seca y se retrae, a la mañana siguiente vuelve a aparecer hasta que se efectúe la polinización.
- Cada óvulo (megasporangio) tiene **2 tegumentos**. Al madurar el óvulo, la parte inferior del tegumento interno se suelda a la nucela, pero la superior queda libre y se extiende formando *el tubo micropilar* que funciona como el órgano receptivo del polen.
- El megagametofito es monospórico y celular (es decir presenta divisiones celulares libres, sin formación de paredes alrededor del núcleo)
- La polinización se lleva a cabo cuando el arquegonio está totalmente formado, por esto el paso entre polinización y fecundación es breve de 10 a 15 horas.
- Los arquegonios se encuentran muy hundidos en el prótalo, tienen 40 células en el cuello (se consideran primitivos).

- *Gnetum*:

- **Cada óvulo tiene 3 tegumentos**. El tegumento interno al igual que en *Ephedra* se prolonga en un pico micropilar.

- El **gametofito es tetraspórico**, los 4 núcleos producidos por meiosis, intervienen en la formación de 1 solo gametofito.
- No presentan arquegonios y sólo se observan grupos de núcleos libres hacia el micrópilo. Algunos de los núcleos del extremo micropilar se consideran ovocélulas funcionales.
- La polinización ocurre cuando el gametofito está en estado nuclear libre.
- El **cigoto no sufre divisiones nucleares libres** como el resto de las Gimnospermas, sino que se tabica inmediatamente como ocurre en Pteridofitas y en Angiospermas.

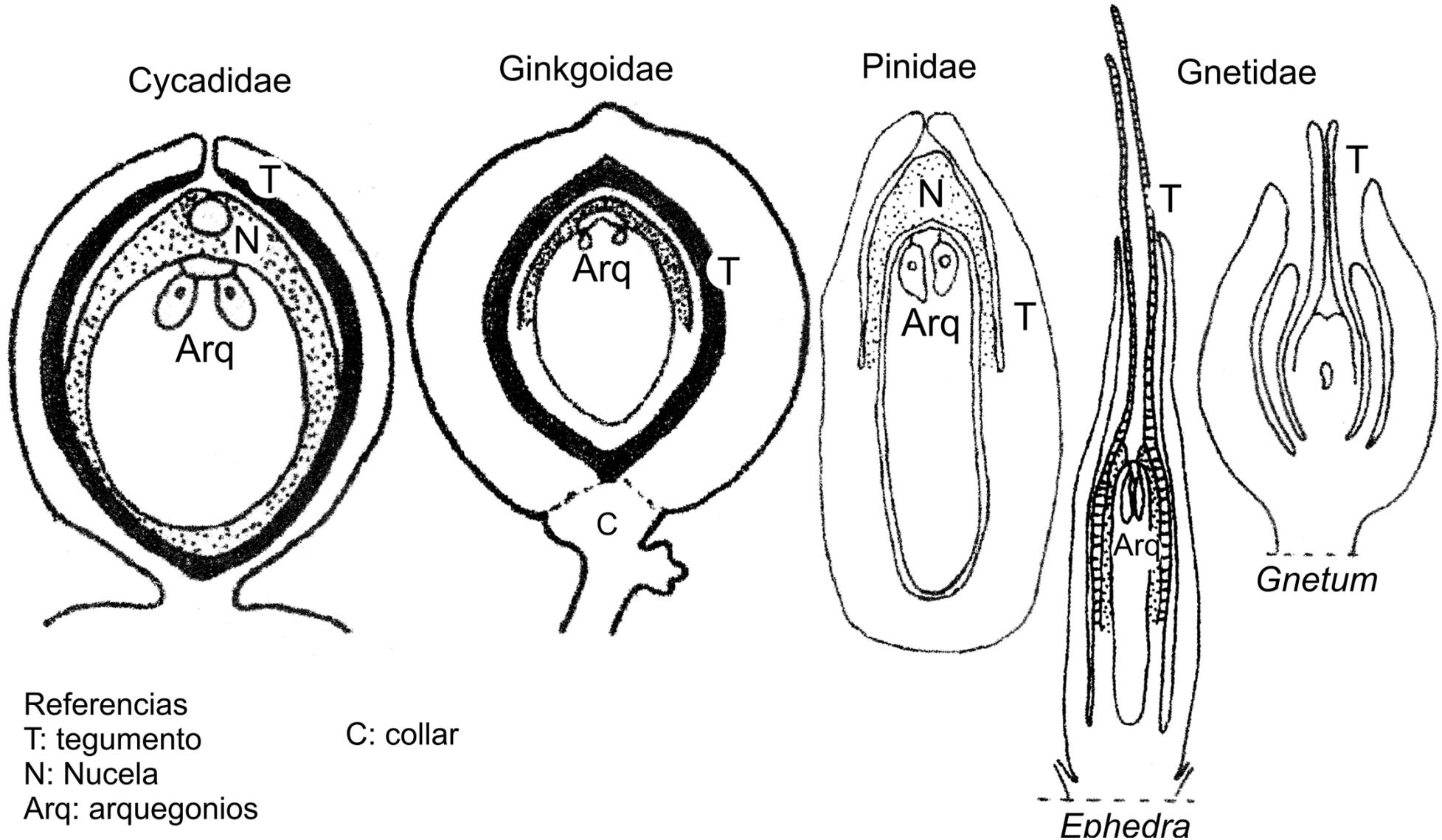
- **Welwitschia:**

- **Los óvulos constan de 2 tegumentos.**
- **El gametofito femenino es tetraspórico y no desarrolla arquegonios.** Los núcleos libre del gametofito femenino se agrupan formando células multinucleadas. Algunas de estas células emiten prolongaciones y se consideran ovocélulas. Estas prolongaciones crecen hasta encontrar el tubo polínico, se disuelven las paredes de contacto y el núcleo femenino entra en el tubo donde ocurre la fertilización, **UNICO CASO EN LAS ESPERMATOFITAS. LA FERTILIZACION OCURRE EN EL TUBO POLINICO Y NO EN EL GAMETOFITO FEMENINO.**
- El cigoto es formado, el cual con divisiones da lugar a una célula suspensora embrional y una célula embrional. La última se divide repetidamente y da lugar a células adicionales del suspensor y el proembrión entero crece hacia el gametofito femenino dentro del tubo gametofítico.

Cuadro comparativo de Reproducción

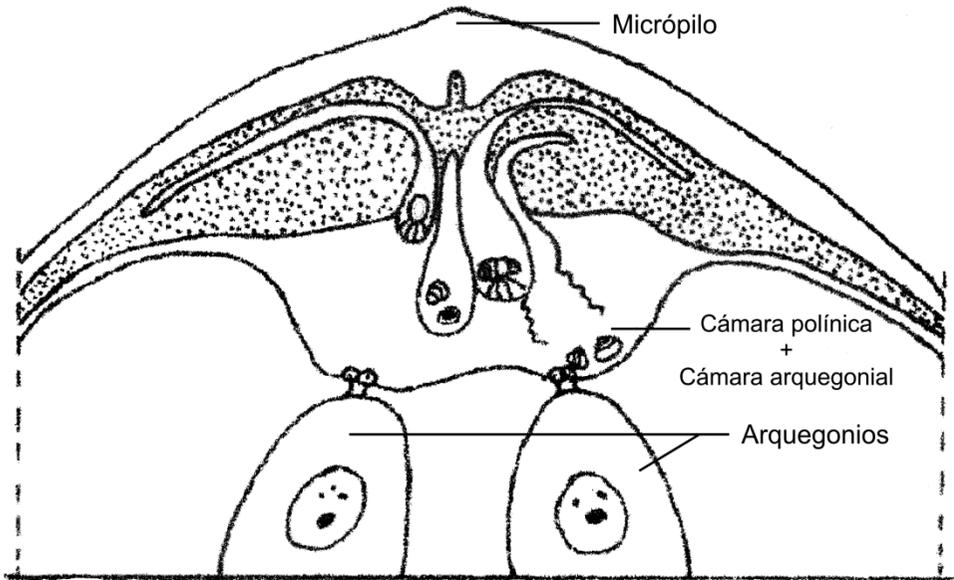
| | Cycadidae | Ginkgoidae | Pinidae | Gnetidae | | |
|---|---|---|--|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Intervalo entre la polinización y fertilización | Cycas: 3-4 Meses | Ginkgo: 5 meses | Pinus: 12 a 15 meses | Ephedra: 10-15 hs. | Gnetum | Welwitschia |
| Función del tubo polínico | Fijación en la cámara polínica y nutrición | | Transporte de las dos células espermáticas o gametas masculinas | | | |
| Gameta masculina | Gametas móviles o espermatozoides | | Gametas inmóviles | | | |
| Nº de tegumentos del macrosporangio | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| Origen del megagametofito | Monospórico | | | | Tetraspórico | |
| Arquegonios | Presentes | | | | Ausente | |
| Cámara Polínica | Presente | | Ausente | Presente | Ausente | |
| Cámara Arquegonial | Presente | | Ausente | | | |
| Estado de desarrollo del macrosporangio en el momento de la polinización | Gametofito en estado nuclear libre | Macrosporangio con célula madre de macrósporas | | Arquegonio formado | Gametofito en estado nuclear | |
| Comienzo de la embriogénesis | Divisiones nucleares libres | | | | Estado celular | |

CORTE LONGITUDINAL DE ÓVULOS (MEGASPORANGIOS)

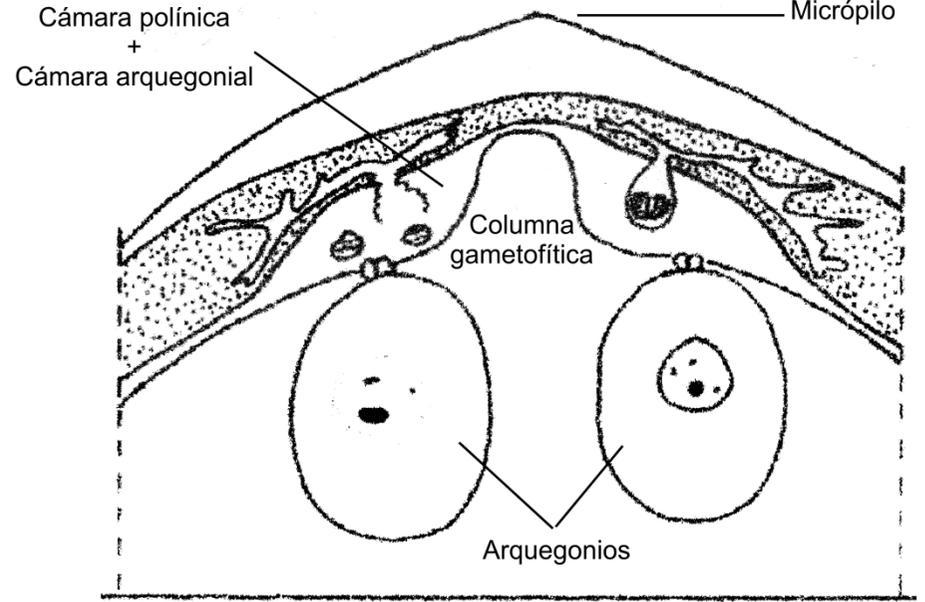


MEGAGAMETOFITOS

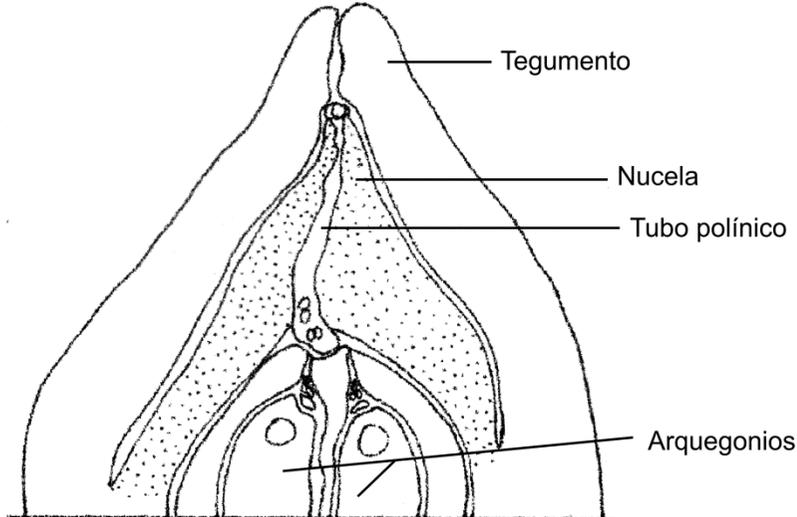
Cycadidae



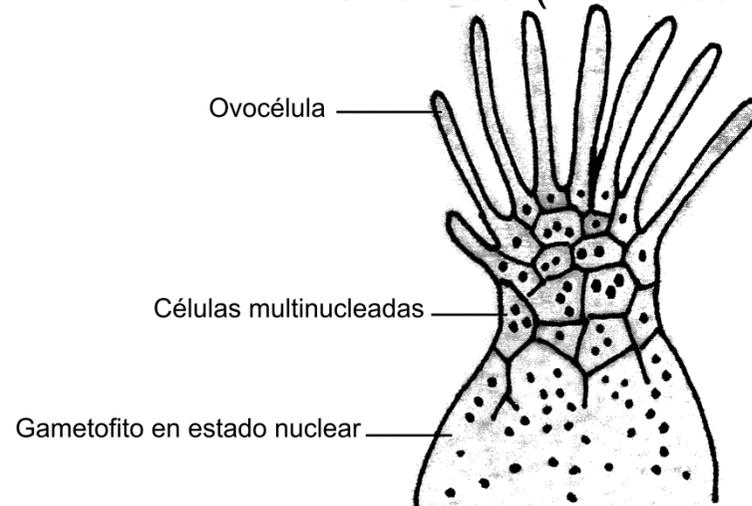
Ginkgoidae



Pinidae



Gnetidae (*Welwitschia*)



BIBLIOGRAFÍA

1. BARRETT, W. H. G 1958. Las plantas cultivadas en la República Argentina-Araucariáceas. Ins. de Bot. Agr., Secr. de Est. de Agr. y Gan. de la Nación I (19): 3-26. Buenos Aires, Argentina.
2. _____ 1956. Las plantas cultivadas en la República Argentina-Cefalotáceas. Ins. de Bot. Agr., Ministerio de Agr. y Gan. I (20): 5-12. Buenos Aires, Argentina.
3. BILONI, J. S. 1990. Arboles Autóctonos Argentinos. Tipografía. Edit Argentina. Bs. As. ISBN 950-521-069-8.
4. BOELCKE, O. 1992. Plantas vasculares de la Argentina nativas y exóticas. 1-10: 1- 334 p. Ed. Hemisferio Sur S. A. Buenos Aires. Argentina.
5. _____ y A. VIZINIS. 1992. Plantas vasculares de la Argentina nativas y exóticas. Ilustraciones. I: 22-33. Hemisferio Sur. Buenos Aires. Argentina.
6. BOWE, M.; G. COAT & PAMPHILIS, C. W. 2000. Phylogeny of seed plants based on all three genomic compartments: Extant gymnosperms are monophyletic and Gnetales' closest relatives are conifers. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 97: 4092- 4097
7. CHARCO, J. 2001. Guía de los Arboles y Arbustos del Norte de Africa. Claves de Determinación, Descripciones, Ilustraciones y Mapas de Distribución. Madrid. ISBN: 84-7232-878-3.
8. COVAS, G. 1939. Las coníferas indígenas de la República Argentina. *Revista Argent. Agron.* 6: 29-32 p.
9. _____. 1995. Podocarpaceae, Araucariaceae, Cupressaceae en Flora Fanerogámica Argentina. 4: 1-14. PROFLORA (CONICET). Córdoba, Argentina.
10. CRONQUIST, A., A. TAKHTAJAN y W. ZIMMERMANN. 1966. On the higher taxa of Embryonta. *Taxon* 15 (4): 129-134.
11. _____. 1981. Botánica básica. 1-587 p. C.E.C.S.A., México.
12. DIMITRI, M. y E. ORFILA. 1985. Tratado de Morfología y Sistemática Vegetal. 257- 265 p. Ed. Acme. Buenos Aires. Argentina.
13. _____. 1989. Iconografía Dendrológica. Arboles exóticos e indígenas de la Argentina. Buenos Aires.
14. _____. 1982. La región de los Bosques Andino-Patagónicos II. Flora Dendrológica. Colección Científica del INTA. Buenos Aires.
15. _____. 1976. Libro del árbol. I, 3a. edición. Celulosa Argentina.
16. _____ 1951. Las plantas cultivadas en la República Argentina-Taxodiáceas. Ministerio de Agr. y Gan. I (22): 3-23. Buenos Aires, Argentina.
17. FARJON, A. 1990. Pinaceae, drawings and descriptions of the genera. 1-330 p. Koeltz scientific books. Alemania. ISSN 0080-0694. ISBN3874292983
18. GIFFORD, E. y A. FOSTER. 1989. Morphology and evolution of vascular plants. 1- 626 p. W. H. Freeman and Company. New York.
19. GRAF, A. 1993. Tropica. 4 Ed. Roehrs Company. U.S.A.
20. HOFFMANN J. A. E. 1991. Flora Silvestre de Chile. Zona Araucana. Árboles, arbustos y enredaderas leñosas. 1-257 p. Ediciones Fundación Claudio Gay.
21. HUNZIKER, J. H. 1995. Ephedraceae. En: Flora Fanerogámica Argentina. 4: 15-23. PROFLORA (CONICET). Córdoba, Argentina.
22. _____ 1996. Ephedraceae. En Zuloaga, F. y O. Morrone (Eds.). 1996. Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina. I: 81-82 p.

23. JUDD, S. W., C. S. CAMPBELL, E. A. KELLOGG & P. F. STEVENS. 1999. Plant Systematics a phylogenetic approach: 137, 148-160. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts U.S.A.
24. KOZLOWSKI, T. T. 1972. Seed Biology 1: 21-74 p. Academic press. New York-London.
25. KREMER, B. P. 1994. Árboles. Ed. Blume. 1-287 p. Barcelona, España.
26. KREMP, G. O.W. 1965. Morphologic Encyclopedia of Palynology. 1-167 p. The University of Arizona Press: Tucson.
27. KUBITZKI, K. (Ed.) 1990. The families and genera of vascular plants. 280-391 p. Springer-Verlag.
28. LAHITTE, H. B.; J. A. HURRELL; J. J. VALLA; L. S. JANKOWSKI; D. BAZZANO Y A. J. HERNÁNDEZ. 1999. Árboles urbanos. Biota Rioplatense IV. Inventario de la biota de la región del Delta del Paraná, Isla Martín García y Ribera Platense. 1-320 p. Literature of Latin America (L.O.L.A.). Buenos Aires, Argentina.
29. LEONARDIS, F. J. 1976. Libro del árbol. 2. Celulosa Argentina. Bs. As.
30. _____ 1977. Libro del árbol. 3. Celulosa Argentina. Bs. As.
31. LEONARDIS, F. J. 2000. El nuevo libro del árbol. 3. Ed. El Ateneo. Buenos Aires.
32. LORENZI, H. y H. MOREIRA DE SOUZA. 2001. Plantas ornamentais no Brasil. Arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 1-1088 p. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. Brasil.
33. MARKGRAF, V. y H. L. D'ANTONI. 1978. Pollen Flora of Argentina. Modern Spore and Pollen Types of Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae. 1-208 p. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
34. MAUSETH, J. D. 1991. Botany. An introduction to Plant Biology. International Edition. Saunders College Publishing. 677-707 p.
35. PARODI, L. 1978. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. (Ampliado y actualizado bajo dirección de M. J. Dimitri). I: 65-100. Ed. Acmé. Buenos Aires. Argentina.
36. PAGE, C.N. 1990. Cupressaceae en k. Kubitzki (ed.). The Families and genera of vascular Plants. Pteridophytes and Gymnosperms. 1:302-316. Springer- verlag. ISBN 3-540-51794-4.
37. _____. 1990. Pinaceae en k. Kubitzki (ed.). The Families and genera of vascular Plants. Pteridophytes and Gymnosperms. 1:319-331.. Springer- Verlag. ISBN 3-540-51794-4
38. PERRY, P. J. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber press. Portland, Oregon. 231p.
39. PHILLIPS, R. 1978. Trees of North America and Europe. 1-224 p. Random House. New York.
40. RAVEN, P. H., R. F. EVERT y S. E. EICHHORN. 1991. Biología de las plantas. I: 1- 369 p. Reverté, S. A. Barcelona.
41. SAENZ, C. 1978. Polen atmosférico de la Ciudad de Corrientes (Argentina). *FACENA* II: 55-68
42. SANTOS BILONI, J. 1990. Árboles autóctonos argentinos. 7-10: 1-335 p. Tipográfica Editora Argentina. Buenos Aires.
43. SCAGEL, R. F., R. J. BANDONI, G. E. ROUSE, W. B. SCHOFIELD, J. R. STEIN y T. M. C. TAYLOR. 1983. El Reino Vegetal. Los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas. 1-659 p. Omega, S. A. Barcelona.
44. SIEGEL, L. 2007. Vida fósiles tienen sexo caliente. Universidad de Utah comunicado de prensa refiriéndose al Dr Irene Terry en el artículo de *Science* Bonta, MA, O. Flores Pinot, D. Graham, J. Haynes & G. Sandoval. 2006.
45. STRASBURGER, E., P. SITTE, H. ZIEGLER, F. EHRENDORFER y A. BRESINSKY. 1991. Tratado de Botánica. 8 a edición. 1-1068 p. Marín. España.

46. TORTOSA, R. D. & A. BARTOLI.1990. Coníferas cultivadas en Buenos Aires. Sociedad Argentina de Horticultura. ISBN 987-97808-0-9.

47. ZULOAGA, F. y O. MORRONE. 1996. Gymnospermae. Araucariaceae, Cupressaceae, Podocarpaceae. Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina. I: 80-83 p.

Páginas de Internet consultadas:

<http://www.cycad.org/publications/publications.htm>

<http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraSpanish/HighResPages/SH0229.htm>

<http://www.dendrocronologia.cl/images/galeria>

http://www.boga.ruhr-uni-bochum.de/html/Tetraclinis_articulata

<http://www.conifers.org/cu/ac/index.htm>

<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APWeb/orders/conifers.html>