

Curso Botánica Tropical

Jenaro Herrera-Perú

19 de julio al 8 de agosto de 2008

Tema 4:

Identificación de familias tropicales

Introducción a la filogenética

- **Parte I: La taxonomía y su historia**
 - 1. Historia de los sistemas de clasificación
 - 2. Taxonomía: “Arte y Ciencia”
 - 3. ¿Que es una “familia” y como se define?
 - 4. La revolución de hoy -- el fin de la taxonomía?
- **Parte II: La filogenética, la terminología y como se hace**
- **Parte III: Sapindales**
 - Rutaceae, Meliaceae, Burseraceae, Anacardiaceae, Simaroubaceae, Sapindaceae

paulfine@berkeley.edu

La sistemática de plantas tiene también un lado práctico

- Hay que servir a una comunidad que usa la taxonomía
- La gente requiere un sistema que es: estable, fácil, y que es fácil recordar, y **predicible** (como las páginas amarillas).
- Es un problema cuando los “expertos” tratan de cambiar todo muy rápidamente

Sistemas de clasificación

- Poner las unidades en una jerarquía
- Para las plantas, al inicio, la jerarquía es fácil (hasta familia en muchos casos), pero rápidamente se hace difícil y después (casi) imposible, cuando se tratan de órdenes...
- “El objetivo de la taxonomía es producir un sistema de clasificación de los organismos que mejor muestra la totalidad de sus similitudes y diferencias” (Cronquist, 1968)

Como se organizan las unidades (especie) -- Se utilizan caracteres para definir los grupos

- “La taxonomía de la chacra o de la tribu”: Clasificar plantas comestibles, leña, madera redonda, plantas medicinales, etc.
- Linnaeus (1750's) estandarizó la taxonomía en un sistema binomial. Las especies estan dentro de una jerarquia de géneros, familias, órdenes, divisiones, filos, y Reinos. Cada grupo fue descrito en Latin y el objetivo fue para cada grupo tener caracteres únicos que se puede encontrar en TODOS sus miembros

Bases de la clasificación:

- Pre-Darwin: Los sistemáticos describiéron “grupos naturales.” Intentáron poner orden a las creaciones de Dios, pero se entiende que la clasificación taxonómica fue una obra del hombre y no de “la naturaleza.”
- Post-Darwin: Una nuevo sentido para “grupos naturales” -- Un grupo natural es uno que comparte una historia evolucionaria (incluyendo grupos **mono-** y **parafiléticos**).
- Hoy: Un grupo natural tiene que ser “monofilético” que incluye un antecedente y TODOS los descendientes.

Las clasificaciones y la memoria

- Jussieu (un botánico famoso francés del siglo XIX) creyó que la clasificación estaba imponiendo un sistema en la variación natural que existía, pero que no le importaba cuantas familias había, sólo que no deben ser demasiados ni pocos
- Bentham, Hooker, Gray (otros botánicos famosos ingleses) todos estuvieron de acuerdo que las plantas deben tener menos de 200 familias, y que los géneros deben tener entre 2-6 especies y no más que 12 (lo mejor para la memoria)
- Pero muchos ecólogos tratan las cosas como “la diversidad de familias” o “las proporciones de especies/género” como si estos grupos tuvieran un sentido evolucionario...

Taxonomia: arte o ciencia?

- “Up to the present our science has been, in part, an art, intuitive and descriptive, and of necessity in part must continue to be so. We are not quite ready to communicate to our present-day colleagues or to botanists of the future, descriptions of plants or species in strictly quantitative terms.” ASPT President A. J. Sharp, in 1961
- “Let the physicists go their way and we shall go ours” Arthur Cronquist 1988.

Como se hizo la taxonomía “más científica”

- Después: La fenética, o “taxonomía numerica” Sokal and Sneath, 1963La primera metodología en la sistemática que utilizó las computadoras
- Hoy: La filogenética -- Solo se puede usar *synapomorfías* (Hennig 1950, 1966, Wagner 1952, 1969, 1980 ---> Angiosperm Phylogeny Group 1998, 2002)

¿Porqué demoró tanto la filogenética en ganar popularidad en la botánica?

- **Paralelismo** o *homoplasia* es super común en la mayoría de los grupos de plantas (en comparación con los animales)
- Se puede vencer el problema solamente con muchos datos y herramientas fuertes de análisis.
- La filogenética no hace mucho para las personas que quieren usar las sistemas de clasificación.

“¿El fin de la taxonomía”?

- Hay gente que quiere botar todo el sistema de Linnaeus --¡Cuidado! **PhyloCode** empieza 1 Enero, 200n
- ***Pero:***
 - Las familias ya están bien definidos con taxonomías tradicionales
 - Los niveles más altos de género y familia no significan nada para la mayoría de la gente
 - Los herbários siguen usando las nombres antiguos

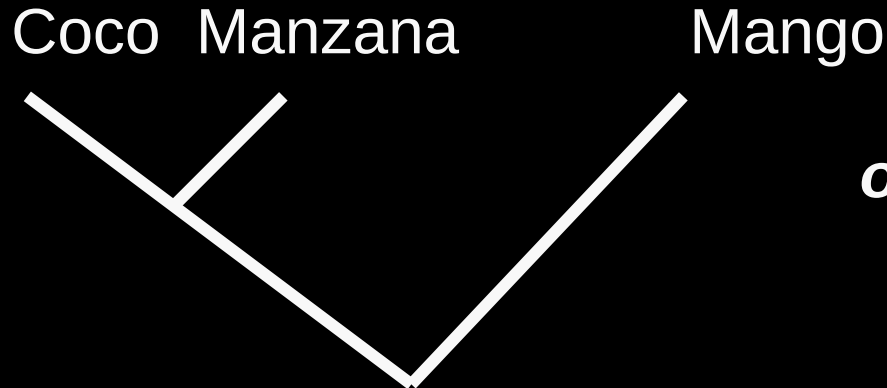
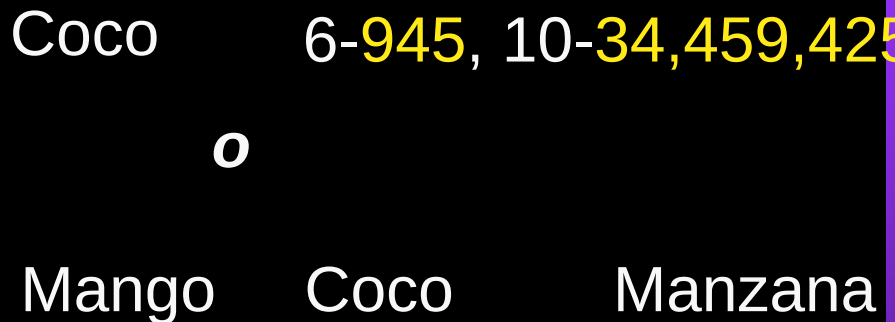
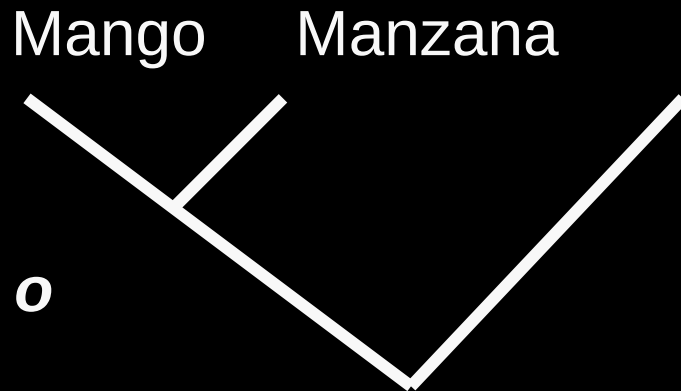
Parte II: La filogenética

- Una filogénia es una *hipótesis* sobre las relaciones evolucionarias de un grupo de organismos
- Las hipótesis pueden cambiar con más datos (por ejemplo más caracteres, más taxa) y eso no es subjetivo (... no es un “arte.”)

¿Como se hace una hipótesis?

Taxa-número de árbol
posibles

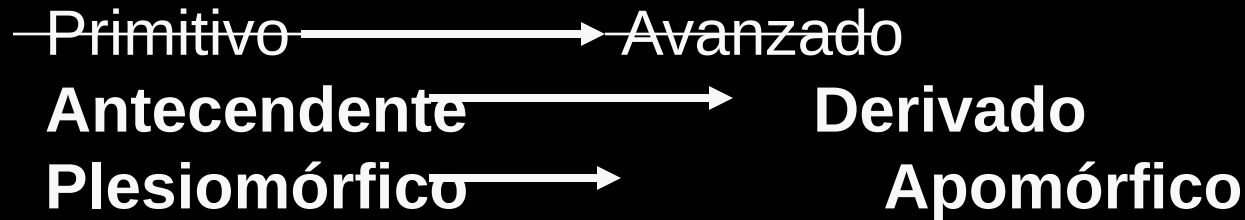
3-3, 4-15, 5-105,
6-945, 10-34,459,425



Para construir una hipótesis filogenética:

- Evaluar los estados de los caracteres
- Los caracteres tienen que ser **homólogos**
- Determinar la dirección de cambio (comparando con el “**outgroup**” fuera-del-grupo)
- Buscar el árbol que tiene el mas simple o el más probable modelo de evolución de los caracteres en el grupo de taxa.

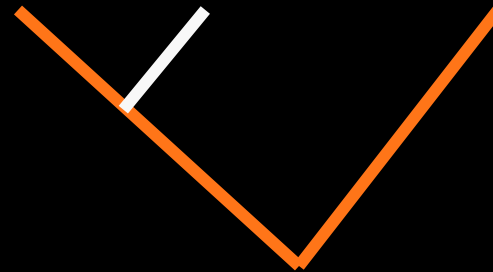
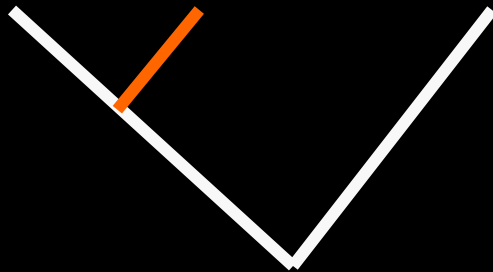
La polaridad (dirección del cambio)



El mismo caracter puede ser “antecendente” o “derivado”

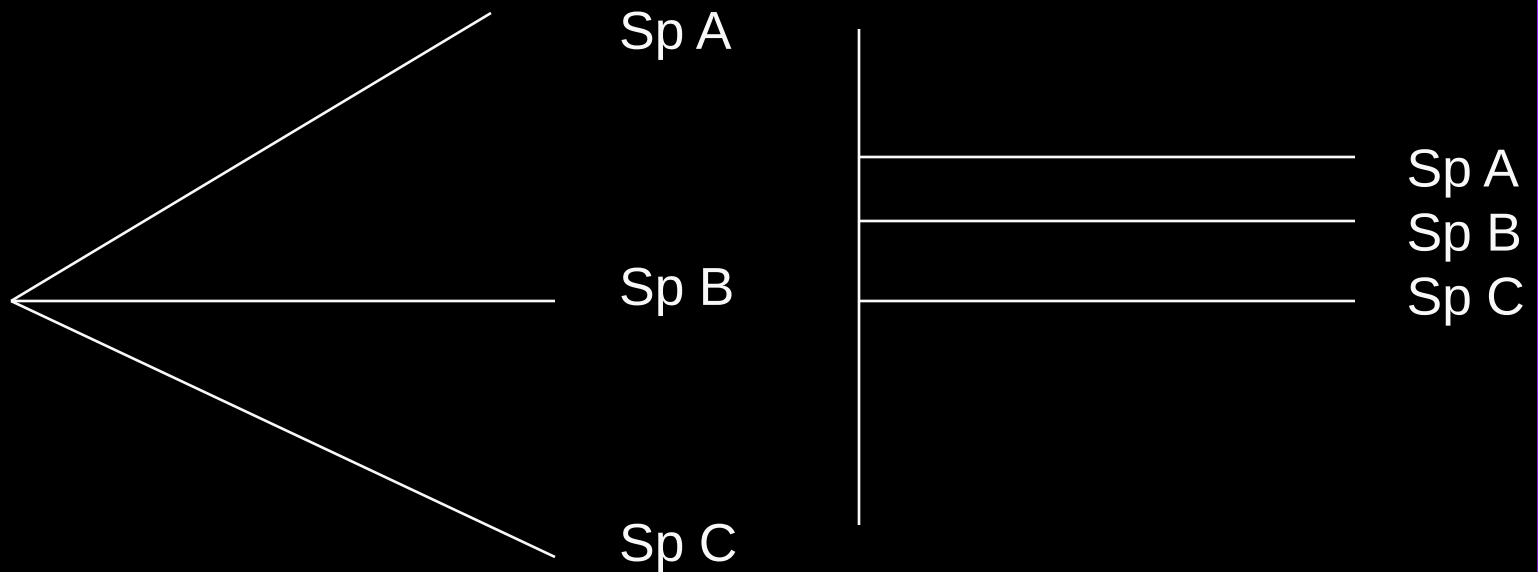
El estado “Leñoso”

Musgo Cycada Hepatica *Plumeria* *Asclepias* *Coffea*



Terminología de la filogenetica

- Syn (= compartido) y auto (=único)
- Apomorfía (carácter derivado) y plesiomorfia (carácter antecedente)
- Grupos hermanos
- Monofilia, parafilia, polifilia
- Homología y homoplasia
- Politomia (polytomy)



Polytomy (politomía) -- cuando no sabemos la relación Dicotómica dentro de un árbol filogenético.

Puede ser “duro” o “suave” --

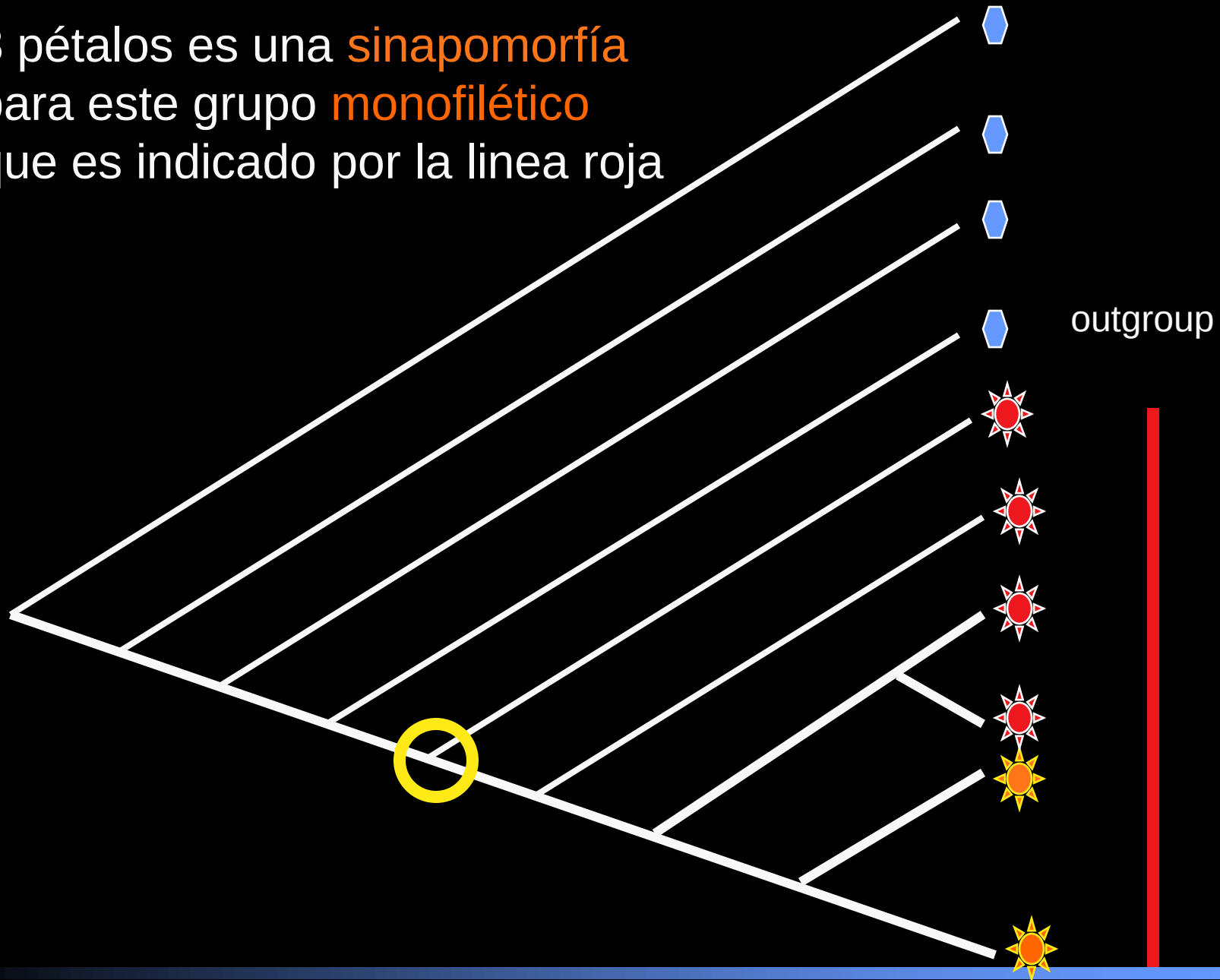
Duro significa que realmente no había un evento de Especiación dicotómico

Suave significa que no tenemos datos suficientes para resolver las relaciones actuales entre las especies.

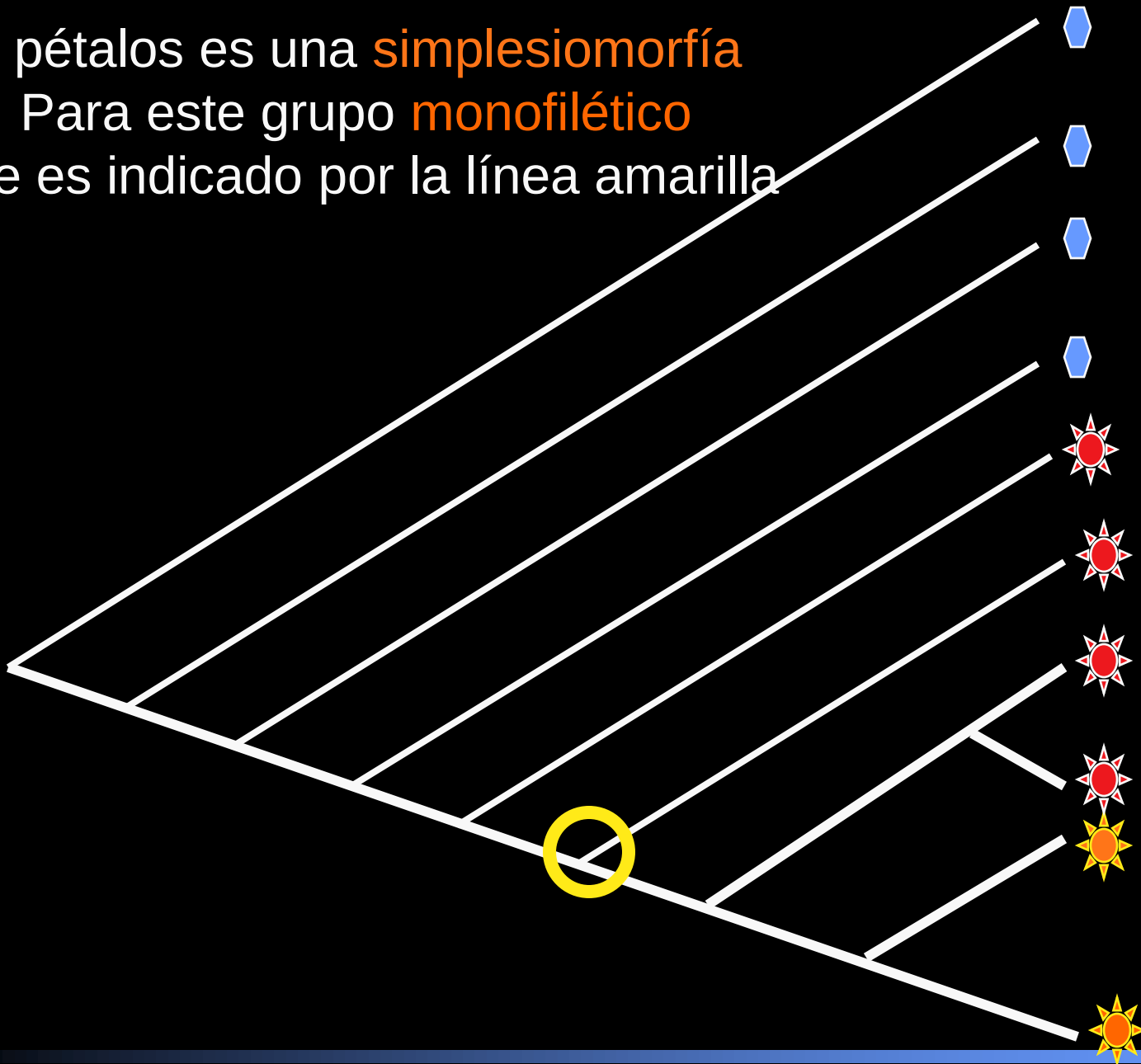
Homología y la Homoplasia

- Los caracteres homologicos: **semejanza debido a su herencia de un antecedente en común**
- Los caracteres homoplasios: **semejante, pero debido a paralelismo o evolución convergente. Los caracteres que PARECEN igual, realmente han evolucionado más de una vez, e INDEPENDIENTEMENTE**

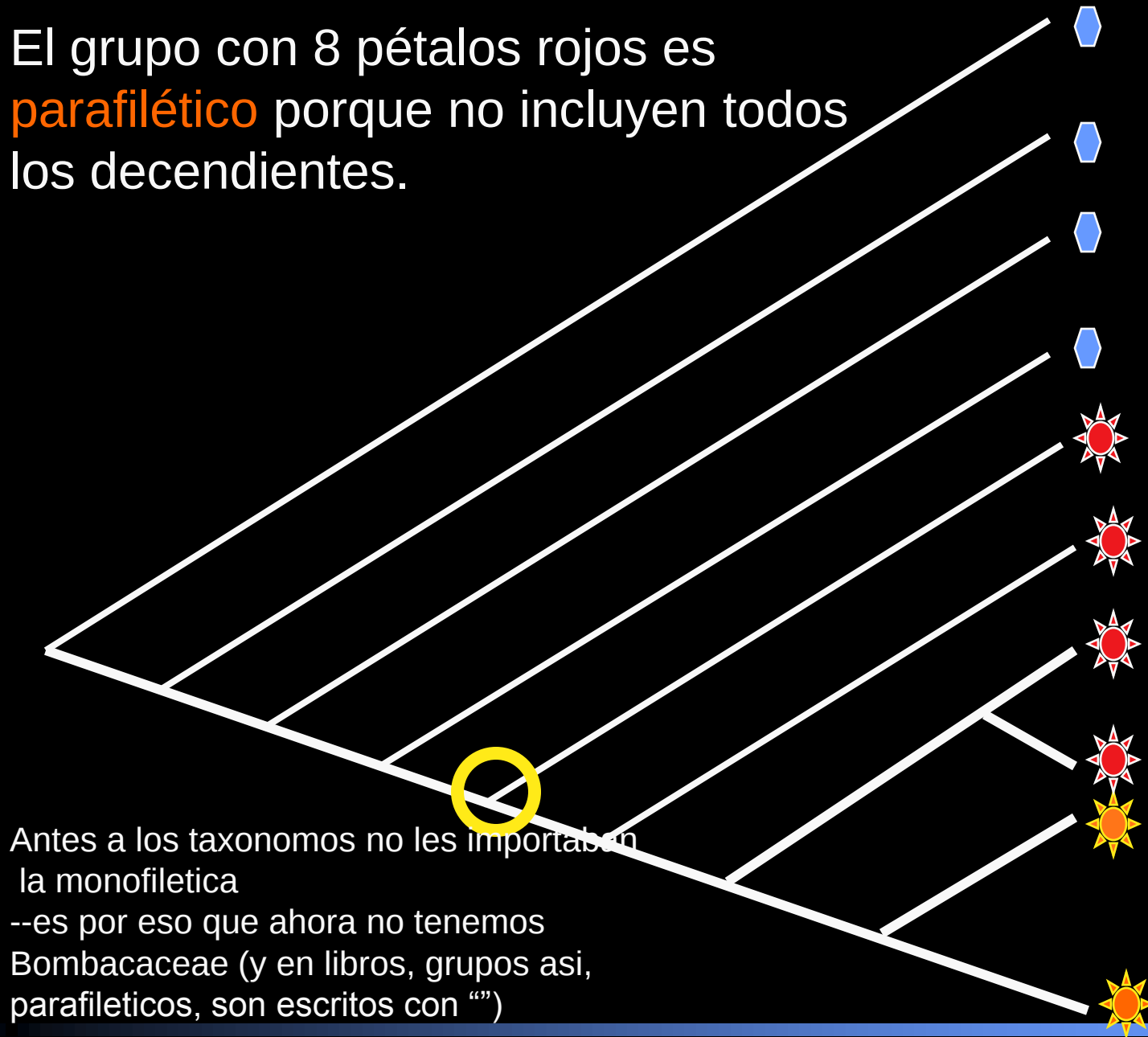
8 pétalos es una **sinapomorfía**
para este grupo **monofilético**
que es indicado por la línea roja



8 pétalos es una **simplesiomorfía**
Para este grupo **monofilético**
que es indicado por la línea amarilla

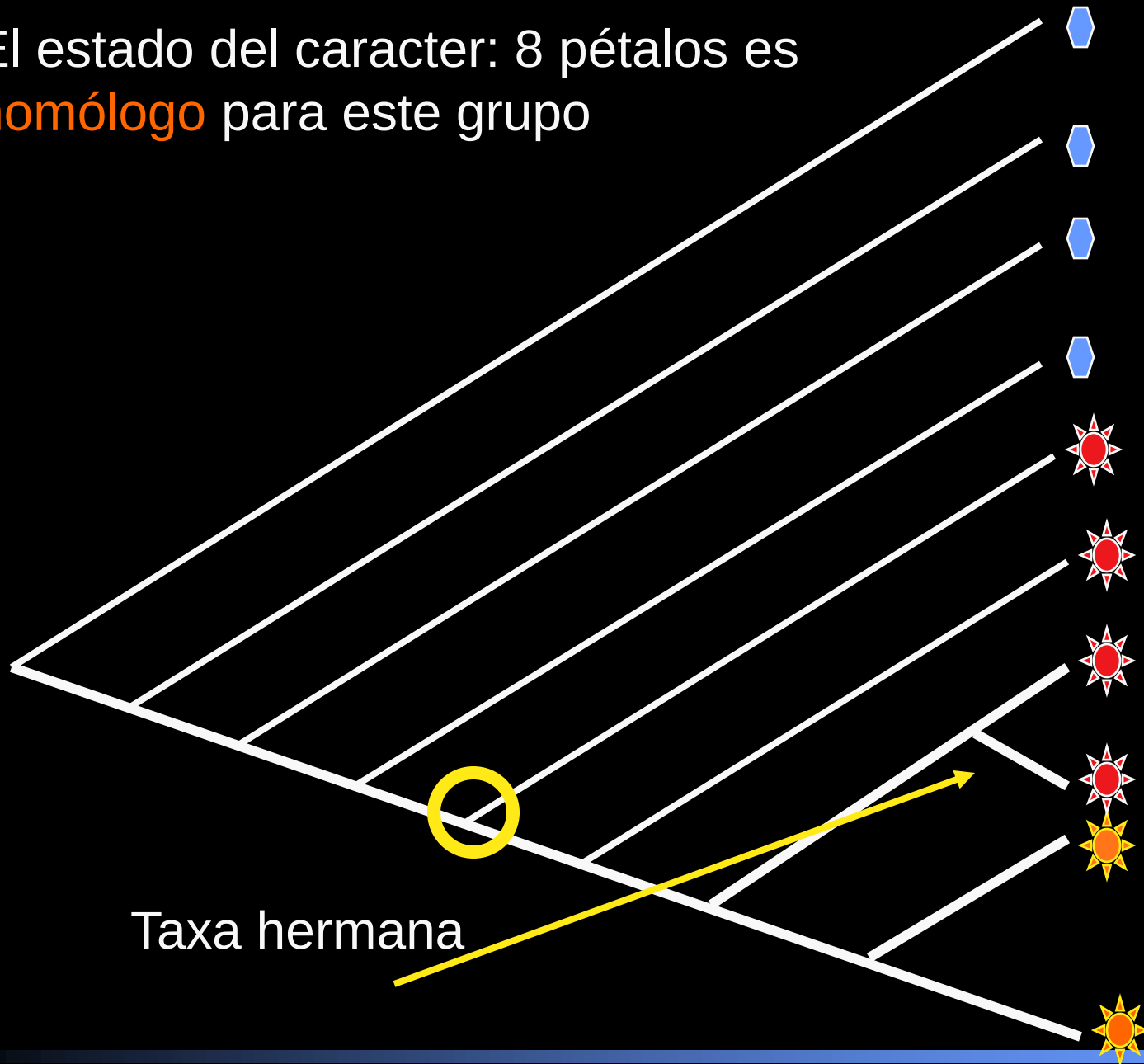


El grupo con 8 pétalos rojos es
parafilético porque no incluyen todos
los descendientes.

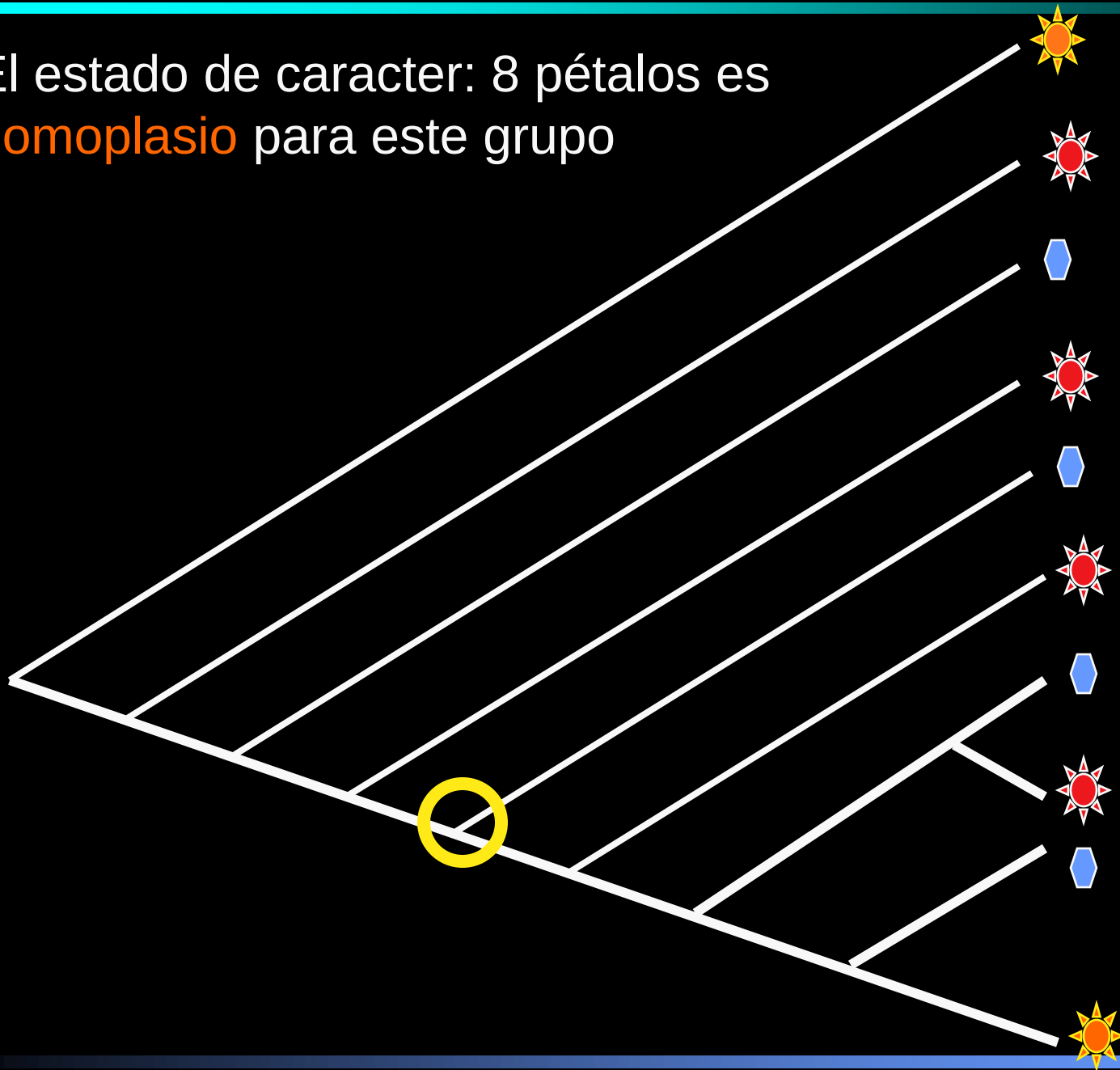


Antes a los taxonomos no les importaba
la monofiletica
--es por eso que ahora no tenemos
Bombacaceae (y en libros, grupos asi,
parafileticos, son escritos con “”)

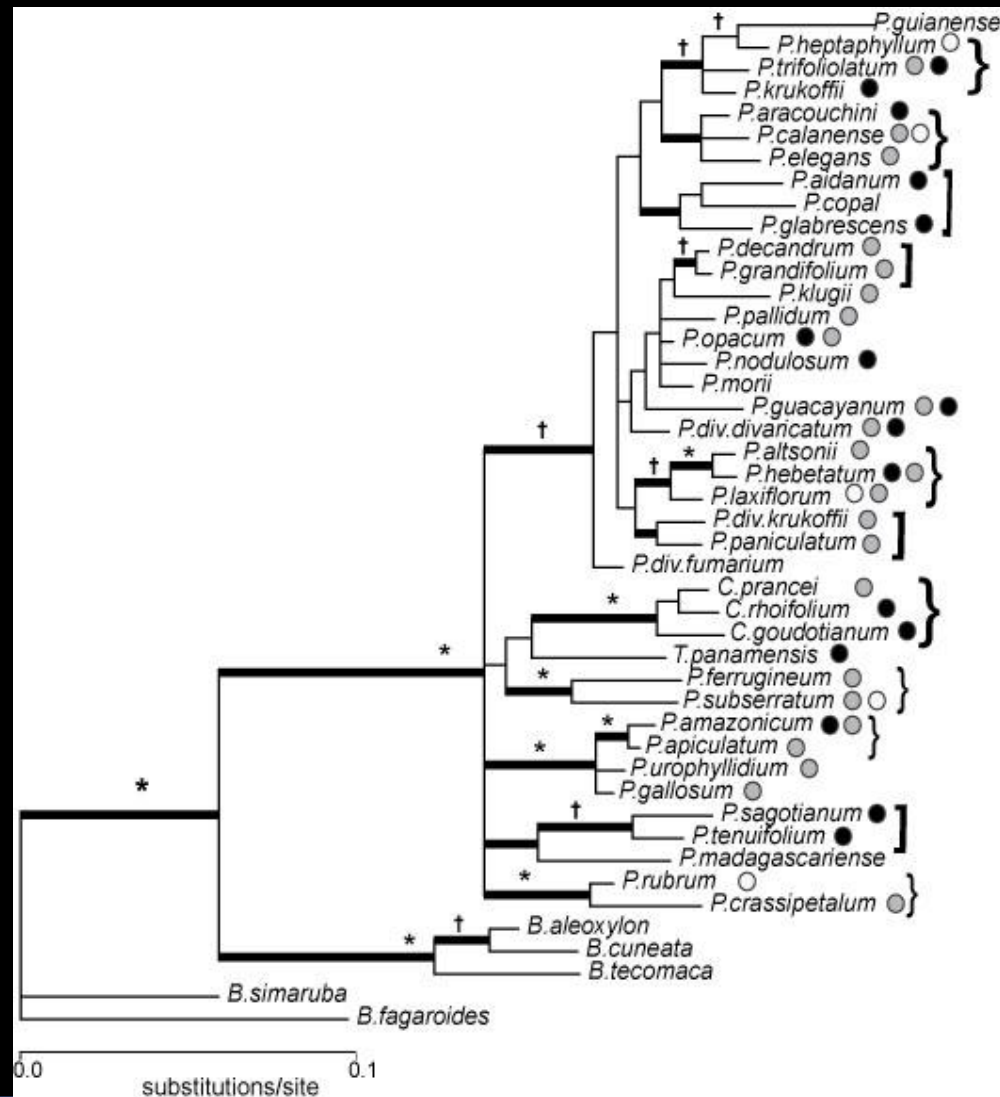
El estado del caracter: 8 pétalos es
homólogo para este grupo



El estado de caracter: 8 pétalos es
homoplasio para este grupo



→ ¿branch-lengths? ¿apoyo “bootstrap”?



*La filogenética no es un arte --es una ciencia --
y eso puede resolver los problemas antiguos de
la taxonomía*

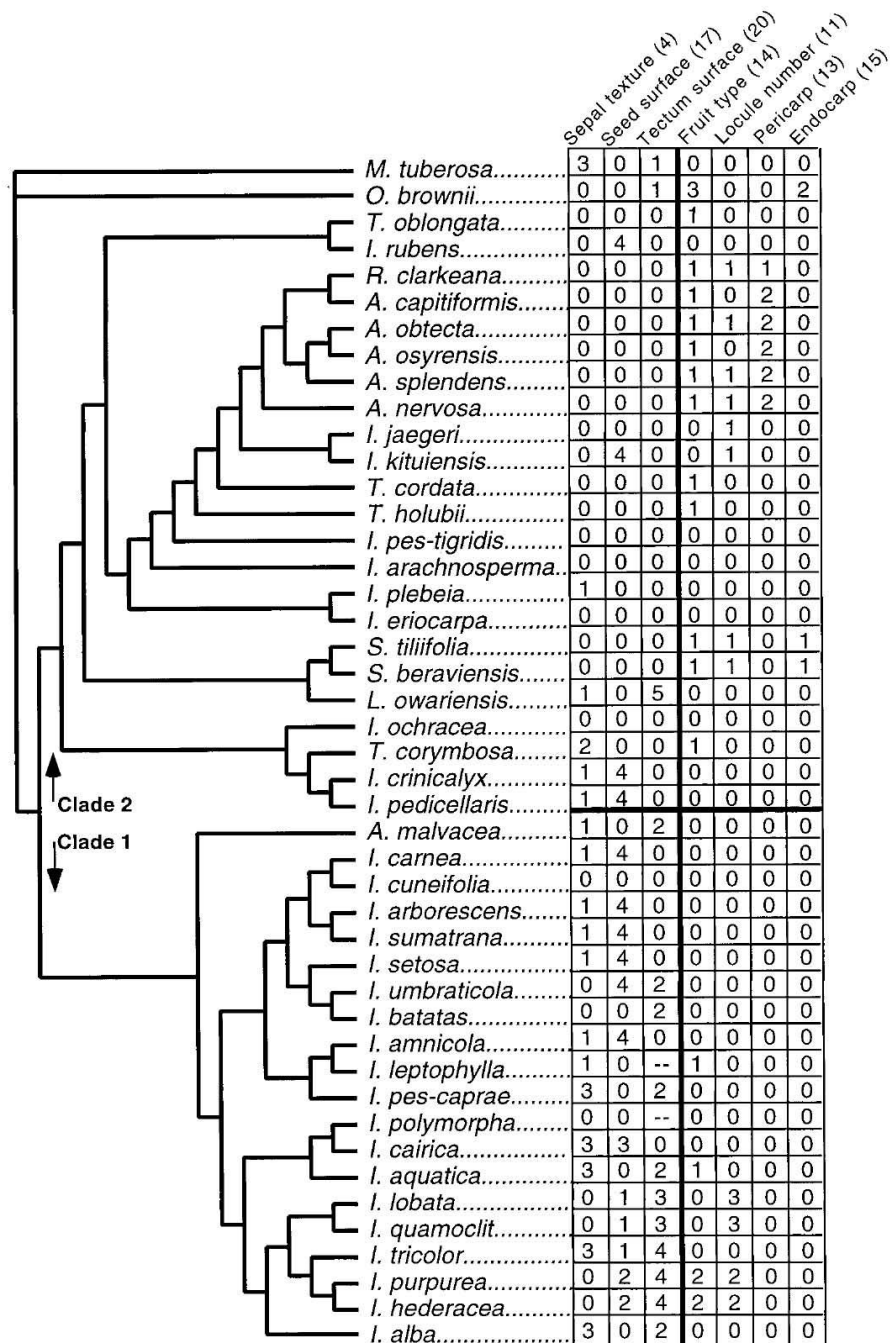
- Antes, cuando dos botánicos no estaban de acuerdo, no se podía resolver su desacuerdo.
- Ahora, utilizamos la filogenética, y si no hay solución, siempre podemos agregar más datos!
- Primero, utilizamos los caracteres moleculares para definir los grupos, luego podemos estudiar los caracteres morfológicos
- Ejemplo: Todos los botánicos tenían sus teorías propias sobre las angiospermas basales. La filogenética molecular hipotetiza que *Amborella* es la hermana de todas las angiospermas

Los Caracteres: Morfológicos y Moleculares

- Los caracteres morfológicos: ¿Cómo se usan para la filogenética?
- ¿Cuales son las ventajas y desventajas de los caracteres morfológicos?
- Los caracteres moleculares: ¿Cómo son, y cómo se colectan estos datos?

Hay estudios que todavía usan sólo caracteres morfológicos

Systematic Botany 2001



Algunas limitaciones al usar los caracteres morfológicos en la filogenética

- No hay tantos caracteres, y es difícil para coleccionar los datos
- Para hacer una matriz es muy difícil para muchos caracteres -- porque muchos tienen la variación continua (por ejemplo, mm de pétalo)
- A veces es difícil saber si un carácter morfológico es homólogo o homoplasia
- Después de más que 200 años de trabajo, la mayoría de los caracteres morfológicos ya han sido investigados, y no funcionan bien para definir grupos grandes

Algunas ventajas de los caracteres morfológicos

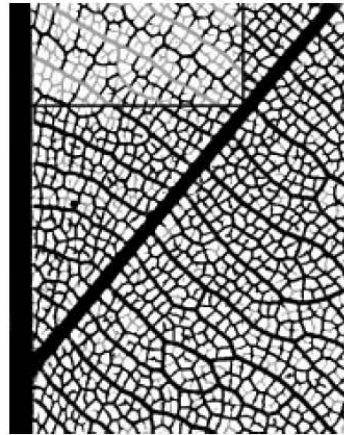
- Se puede incorporar los fósiles en la matriz
- Puede dar una hipótesis alternativa a la filogenia molecular
- No debemos botar los caracteres homoplasios simplemente porque hacen el análisis mas difícil -- es una parte de la evolución y debemos incluir toda la información que tenemos.
- ¿ Cómo se puede hablar sobre sistemática botánica sin los caracteres morfológicos? ¿ Has visto la especie que crece por allá, que es ACCTTTGGGGAAAA en su gene trnL-F de su cloroplasto?

Quizas
hay nuevos
caracteres que
se puede usar

Leaf
Architecture
Working
Group
(Yale Univ.)

39. 4° VEIN CATEGORY

Fourth and higher order venational characters should be scored in the portion of the leaf that is roughly half way between the base and the apex unless the area is lacking.



Fagus engleriana (Fagaceae)

Fig. 39.1

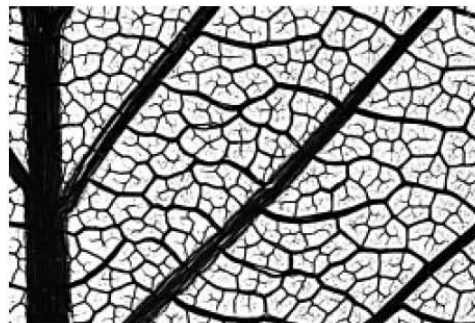
alternate percurrent - 4°s cross between adjacent tertiaries with an offset (an abrupt angular discontinuity).



Actinidia latifolia (Actinidiaceae)

Fig. 39.2

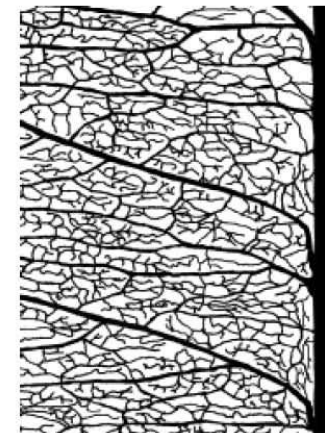
opposite percurrent - 4°s cross between adjacent 3°s in parallel paths without branching.



Aesculus parryi (Hippocastanaceae)

Fig. 39.3

regular polygonal reticulate - 4°s anastomose with other veins to form polygons of similar size and shape.



Sebastiania longicuspis (Euphorbiaceae)

Fig. 39.4

dichotomizing - 4°s branch freely and are the finest vein order the leaf exhibits.

Como se colectan datos moleculares?

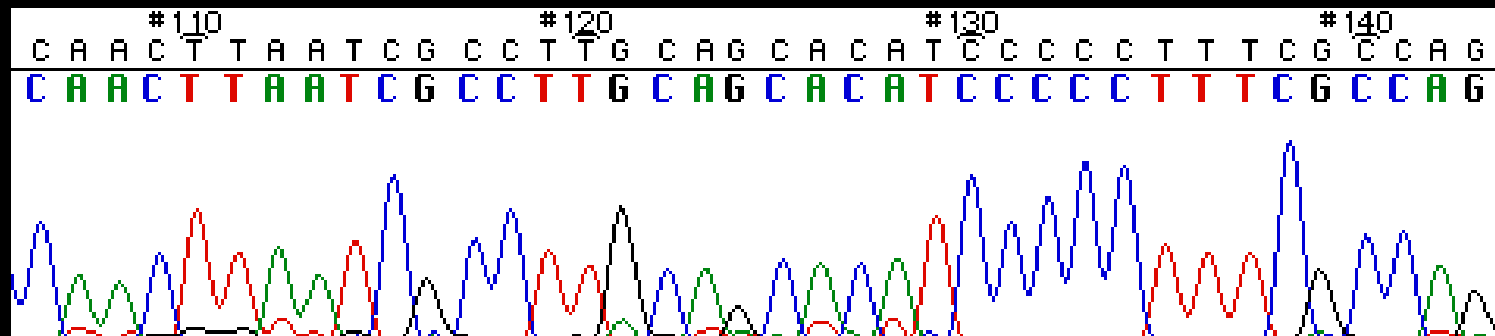
- Extraer ADN
- Seleccionar un fragmento de ADN con un “primer”
- Amplificar los fragmentos con PCR
- Secuenciar los productos del PCR en un gel, con un secuenciador
- Con un programa en la computadora, se puede leer las bases de ADN (las secuencias) de los fragmentos.

Que tipo de ADN?

- Genes nucleares: heredado por los dos parientes, y pueden tener heterozigotos
- Genes del Cloroplasto: circular “prokaryote” genome. Por la mayoría de las plantas, viene de linea maternal, no mas. Estable (“muy conservado.” Generalmente no es util para demarcar las especies.
- Mitocondrias: muy comun en estudios filogenéticas de animales, pero raro en plantas, porque la mitocondria es muy grande, y no es estable.

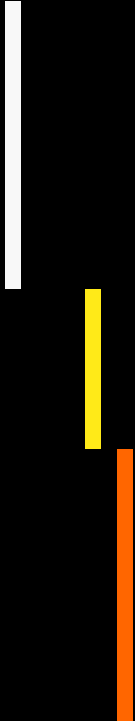
QuickTime™ and a
TIFF (Uncompressed) decompressor
are needed to see this picture.

La maquina mide la fluorescencia y hace cromatogramas. Estas cromatogramas pueden ser revisados en un programa en la compu.



QuickTime™ and a
TIFF (Uncompressed) decompressor
are needed to see this picture.

QuickTime™ and a
TIFF (Uncompressed) decompressor
are needed to see this picture.



QuickTime™ and a
TIFF (Uncompressed) decompressor
are needed to see this picture.

1 población? 3 poblaciones? 3 especies? 3 géneros?

Algunos problemas con datos moleculares

- Los genes diferentes pueden contar historias diferentes
- También hay homoplasia (generalmente entre taxa no muy cercanos...)
- Hay subjetividad para incluir los claros, las inversiones, las repeticiones.
- Los datos moleculares sin datos morfológicos realmente no tiene mucho sentido

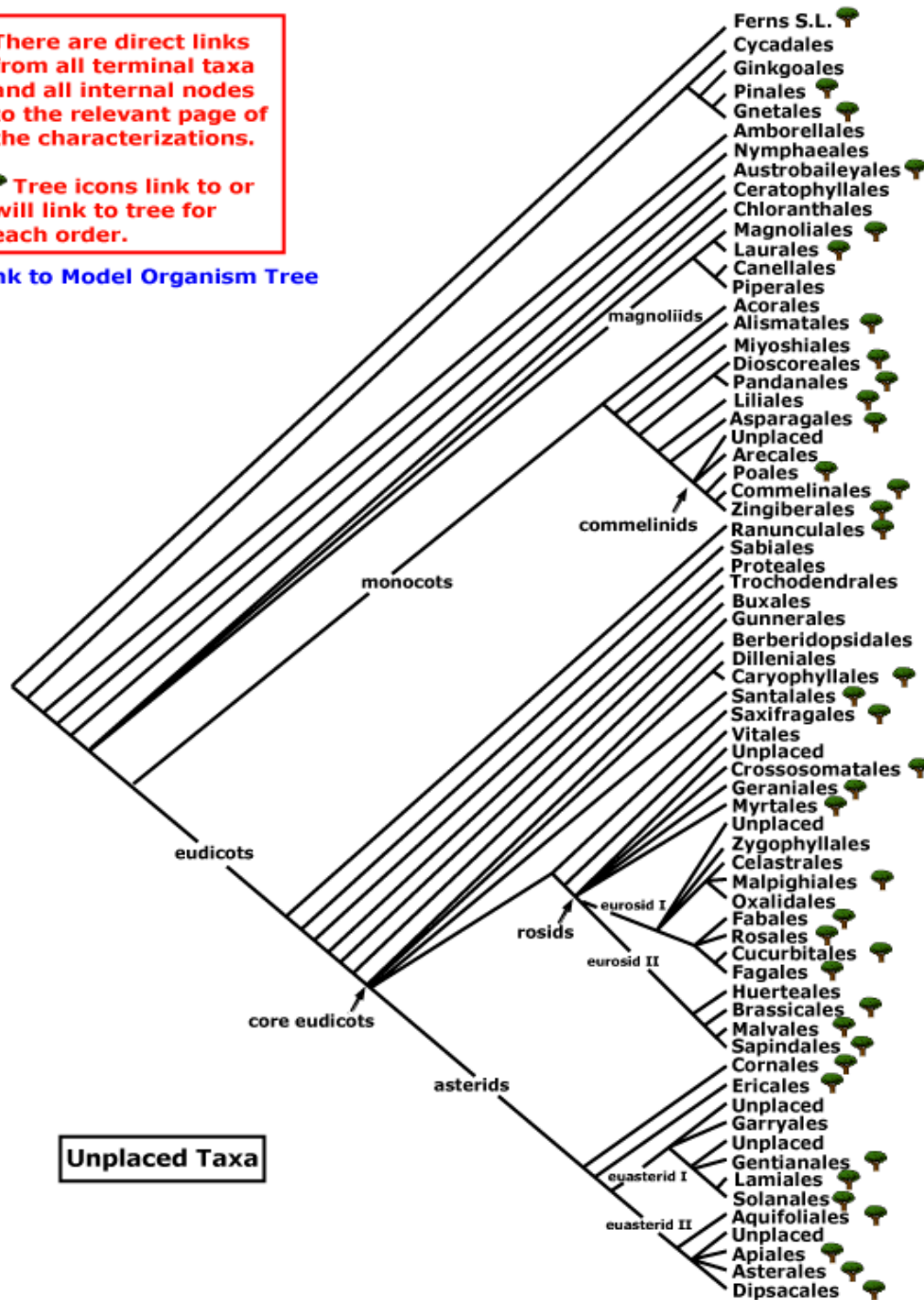
Beneficios de los datos moleculares

- Hay muchos más caracteres (cientos más), significan que los análisis son más poderosos
- Los problemas de homoplasia y que los genes tienen historias diferentes puede ser resueltos con más datos (más genes)
- Es emocionante pensar que podemos combinar resultados filogenéticos de los genes con un conocimiento de las funciones de estos genes

There are direct links
from all terminal taxa
and all internal nodes
to the relevant page of
the characterizations.

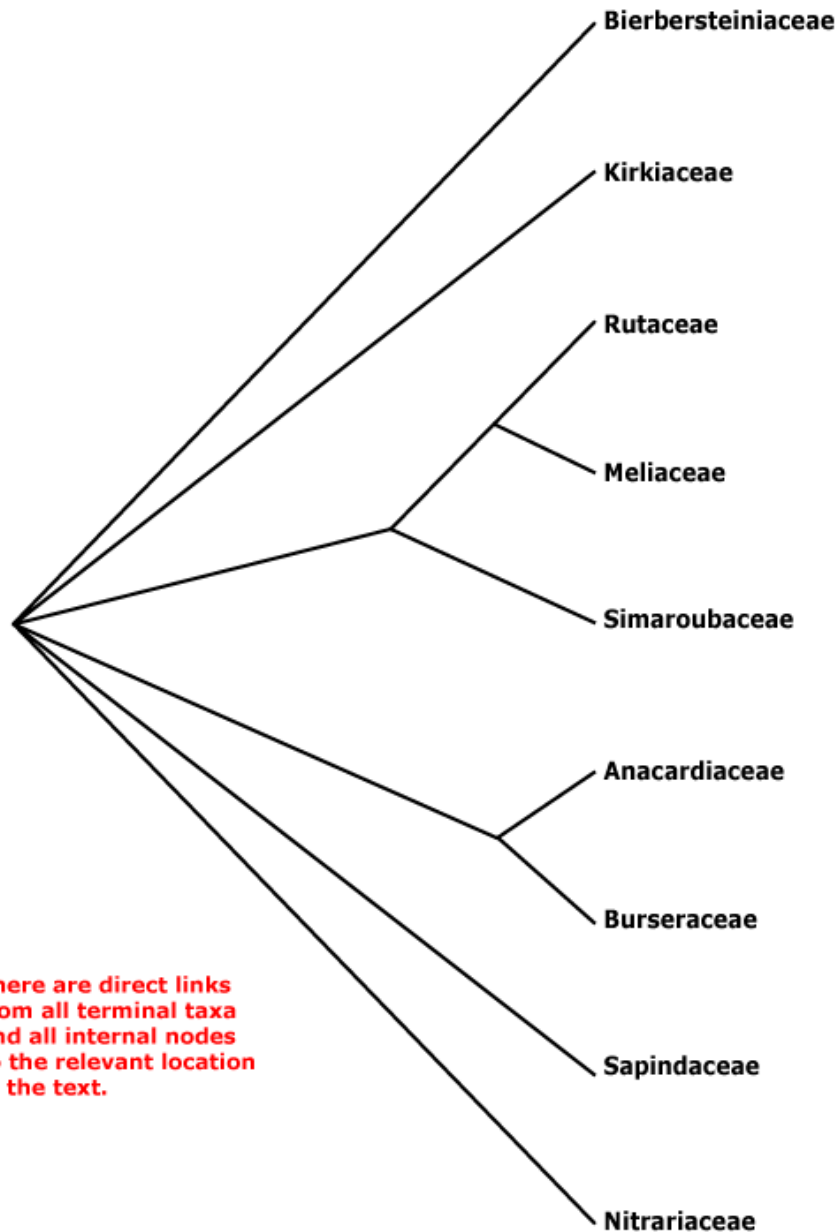
 Tree icons link to or
will link to tree for
each order.

[Link to Model Organism Tree](#)



- **SAPINDALES** Dumortier [Main Tree](#), [Synapomorphies](#).
- **Interesting secondary compounds**, ethereal oils, myricetin +; (secretory cells/tissue +); vessel elements with simple perforations; silicified wood or wood with SiO₂ grains in all major families [esp. Anacardiaceae and Burseraceae]; tension wood +; petiole bundle(s) annular; branching from previous innovation, petioles leaving a prominent scar; leaves spiral, odd-pinnately **compound**, conduplicate; A 2x K, filaments articulated, (exine distinctly striate), **disc well developed**, G opposite C or odd member adaxial, few ovules/carpel; seed coat?; (embryo green).

5,000+ species



5 especies de hierbas Europeas

6 especies de plantas leñosas en Madagascar y S. Africa

Zanthoxylum (Citrus) **1850**
Ptelea

Cedro, Caoba, *Guarea*, *Trichilia* **621**

Simarouba **95**

Rhus, *Toxicodendron* Cashews,
Mangifera **985**

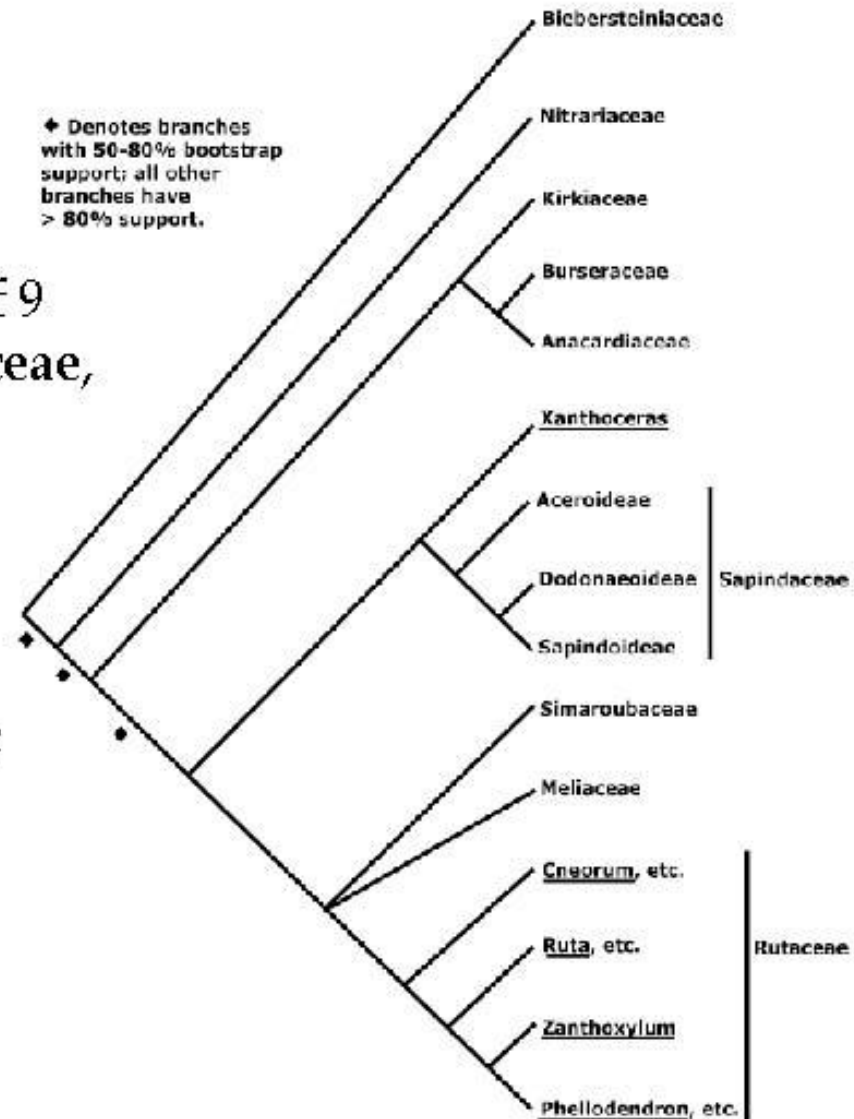
Incienso, Myrrh, *Protium*, *Bursera*
551

Cupania, *Paullinia* **1580**

5 especies de arbustos en ambientes secos,
de Asia, Australia

Sapindales

- A monophyletic order of 9 families (incl. **Anacardiaceae**, **Burseraceae**, **Meliaceae**, **Rutaceae**, **Sapindaceae**, **Simaroubaceae**)
- All woody
- Leaves usually alternate; stipules usually absent
- 4-5-merous flowers



Rutaceae

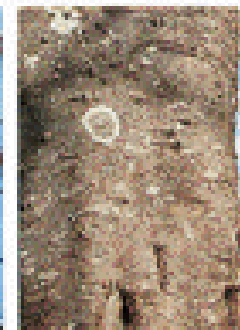
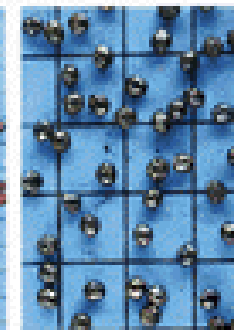
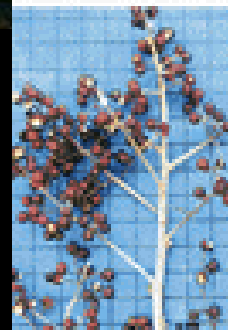


Ptelea



Citrus

Zanthoxylum (250 especies, mayormente en lugares tropicales)



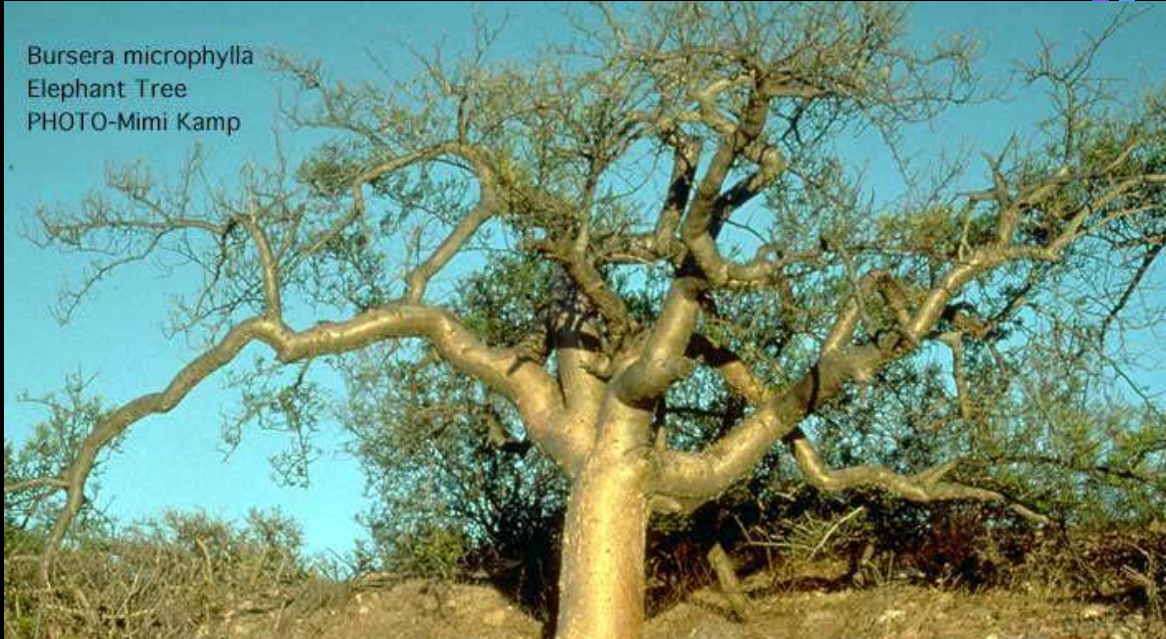
Zanthoxylum americanum

Zanthoxylum rhoifolium

Burseraceae



Bursera microphylla
Elephant Tree
PHOTO-Mimi Kamp



Burseraceae

- Solamente en los trópicos (pero fósiles encontrados en Londres, Alemania, y Colorado (EE.UU))
- Son árboles y arbustos – en bosques lluviosos, secos, y desiertos
- Tiene importancia económica (incienso, lamparín, medicina..)

Simaroubaceae

Simarouba amara



© Jardin Mundani ©

Ailanthus



© CEH

MELIACEAE



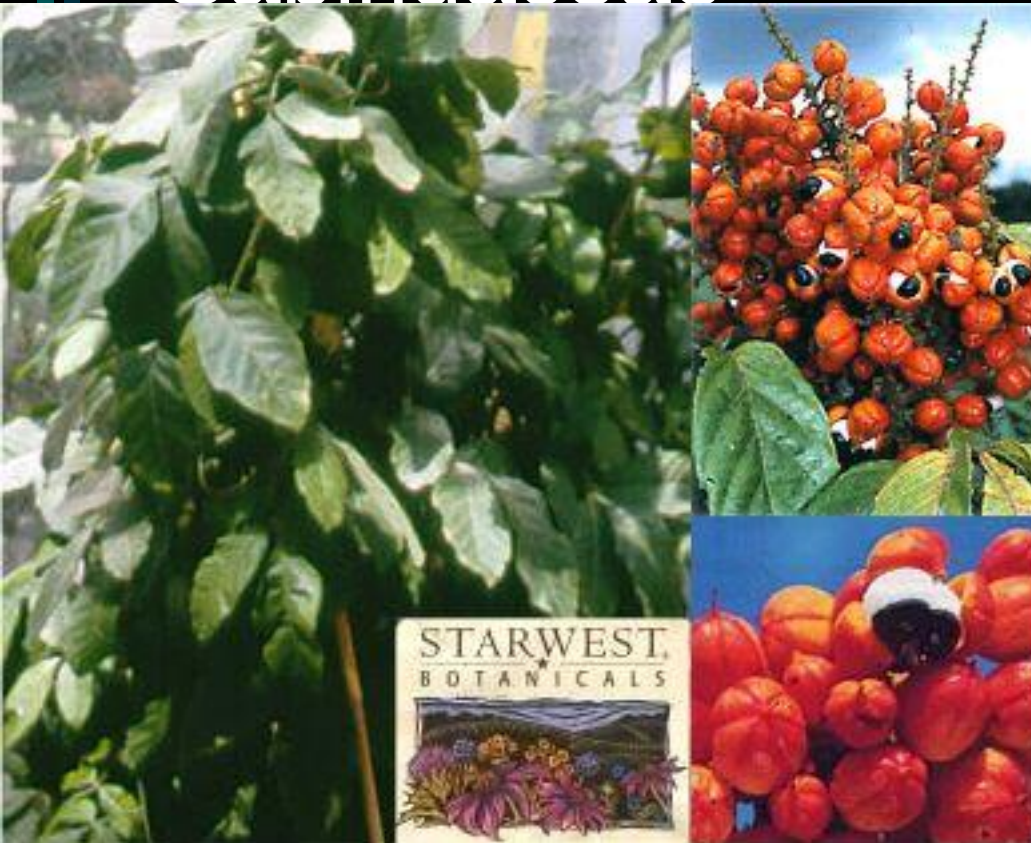
Anacardiaceae



Anacardiaceae

- En los trópicos y también la zona templada
- Árboles, arbustos y lianas
- Algunas especies tienen resinas tóxicas
- Algunas especies tienen importancia económicas
 - Mango, Cashu, Taperiba,

Sapindaceae



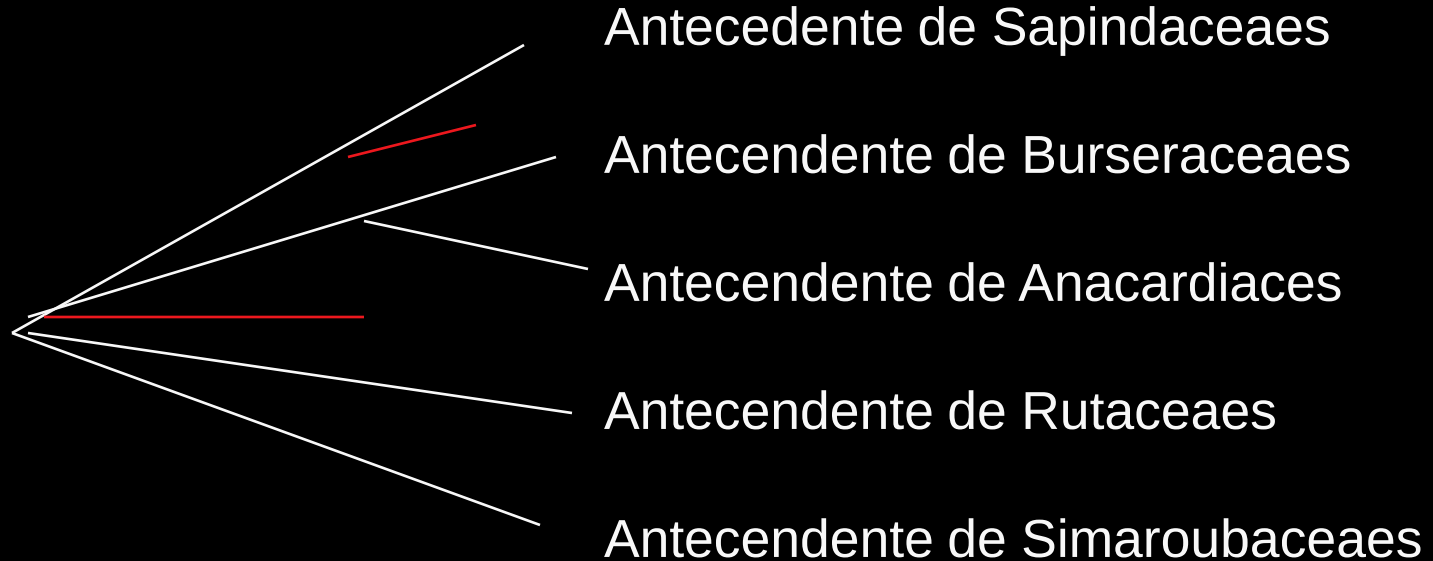
serjania curassavica
© 2004 pictured by antonie van den bos
for aycronto.com

Paullinia cupana (Guarana)

SAPINDACEAE Jussieu, nom. cons. [Back to Sapindales](#)

Trees, or lianes with branch tendrils; quebrachitol [cyclitol], toxic saponins, cyclopropane [non-protein] amino acids +, ellagic acid 0 (+); cork also outer cortex (pericyclic - Dodonaea); (secondary thickening anomalous - lianes); latex of sorts not uncommon; (vessel elements with scalariform perforations; petiole bundle with cortical or adaxial bundles); cuticle waxes 0 (platelets, rodlets); leaves spiral or opposite, even-pinnate or ternately or palmately (bi)compound (simple), leaflets opposite or not, articulated, ptyxis also conduplicate-plicate, margins entire to toothed (rachis winged; petiolar stipules +), colleters common; inflorescence panicle, the flowers often in clusters, imperfect; pedicels articulated, flowers often strongly obliquely or vertically [Aesculus] monosymmetric, 4-5-merous, [K5 C4; K4 C4, etc], C (0, 5+), often clawed, hairy, and with various $\pm$ complex appendages, disc outside A, A (4-[Glennia])8(-16), often hairy, G [(2) 3(-6)], 1-2(-several) variously curved sessile often apotropous ovules/carpel, funicular obturator +, micropyle endo(bi)stomal, styles separate or style single, short, (hollow), stigma strongly 3-lobed or not, dry or wet; fruit a capsule, or a schizocarp with 1-seeded samaras; seed often pachychalazal, chalazal/integumentary arils and sarcotesta common, testa vascularised, exotesta palisade (not), unligified, (mesotestal cell walls thickened and lignified; endotesta crystaliferous, exotegmen fibrous, lignified or not); endosperm 0, starchy, embryo curved, the radicle in a pocket of the testa, cotyledons spiral or not; n = esp. 10-12 [climbers] and 14-16 [non-climbers]; germination hypogeal or epigeal.

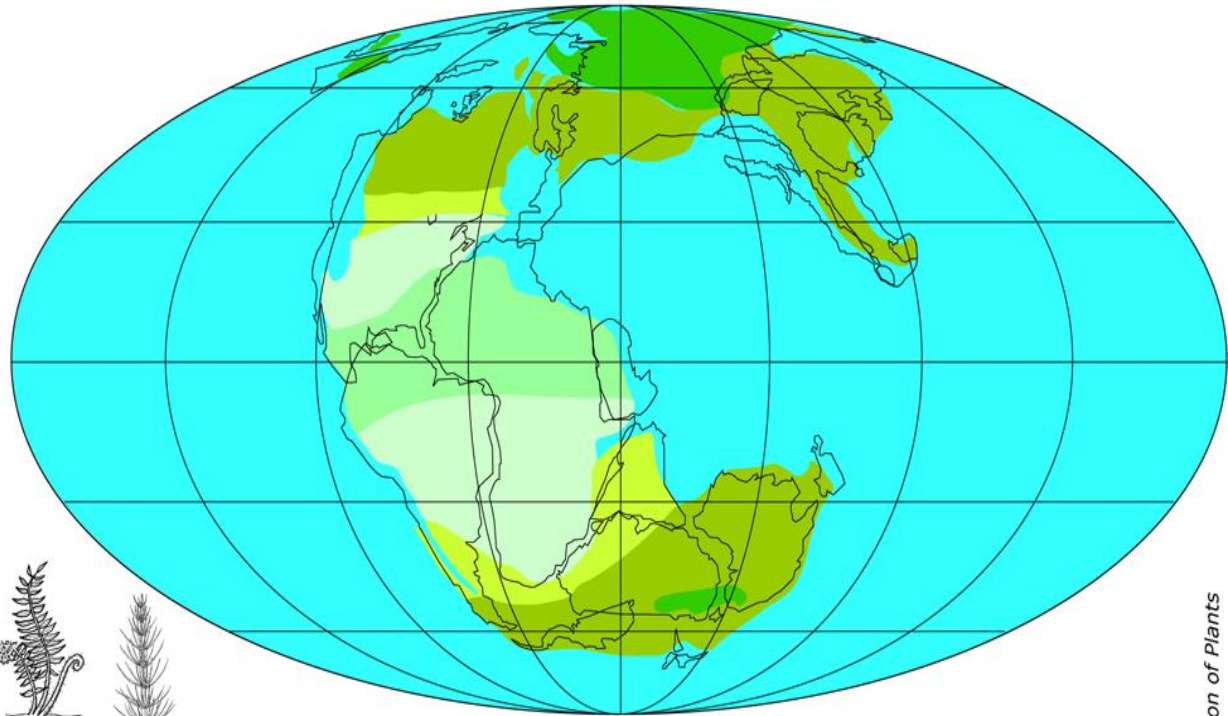
1. La mayoría de estos caracteres no son “sinapomorfias”. Mientras tanto, estos caracteres representan un rango limitado de toda la variación que existe dentro de las angiospermas.
2. No hay otro grupo monofilético (o familia) que tiene exactamente esta combinación de caracteres.



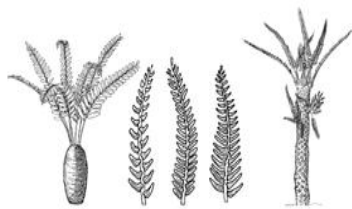
Imaginate que estas en un curso de botánica sistemática en un bosque de Sur America, pero hace 70-140 millones de años -- quizás tu estudiarías el género “Sapindalum” en un bosque lluvioso...

Los miembros de este “género” probablemente tendrían hojas compuestas

Early Jurassic (206-180 Ma)



Tropical
summerwet



Cycadales and Bennetitaes
(microphyllous)



Conifers
(microphyllous)



Ferns Sphenopsids

Subtropical
desert



Warm
temperate



Ferns



Sphenopsids



Cycadales and Bennetitaes
(macrophyllous)



Conifers
(macrophyllous)



Ginkgoales



Winterwet



Cycadales and Bennetitaes
(microphyllous)



Conifers
(microphyllous)

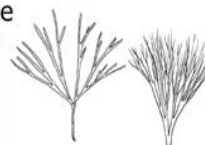


Ferns



Sphenopsids

Cool
temperate



Ginkgoales



Conifers
(macrophyllous)

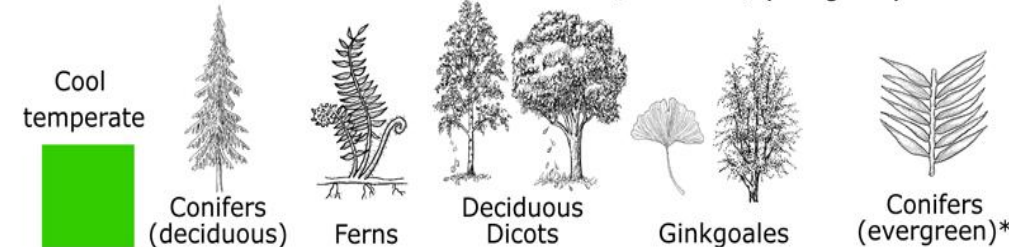
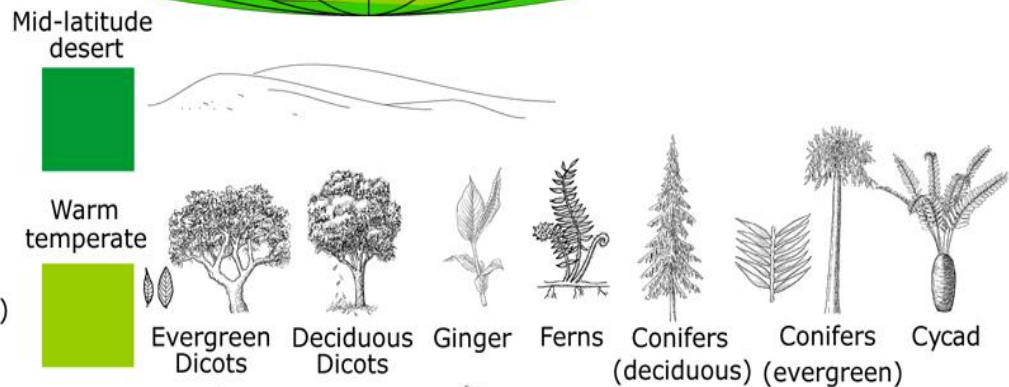
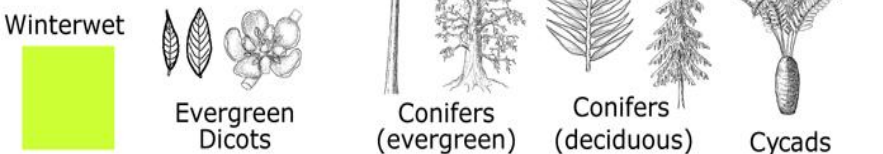
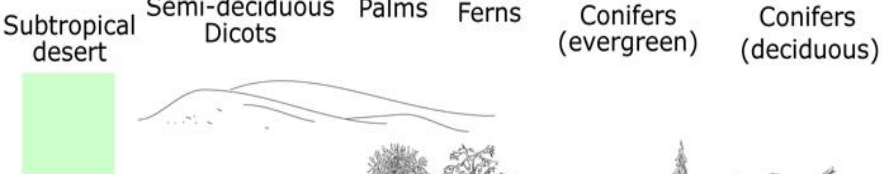
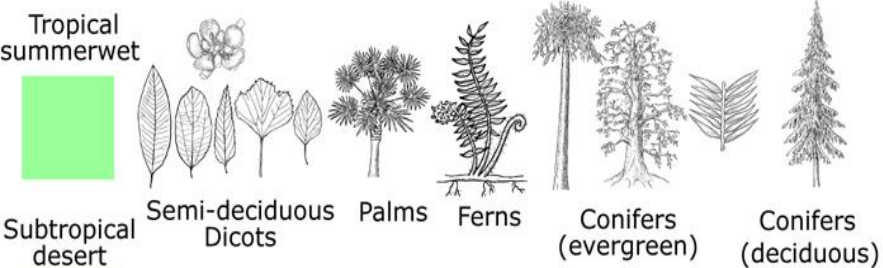
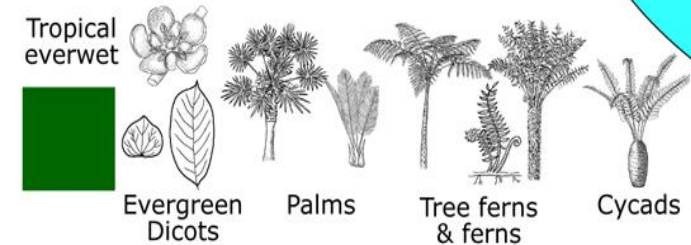
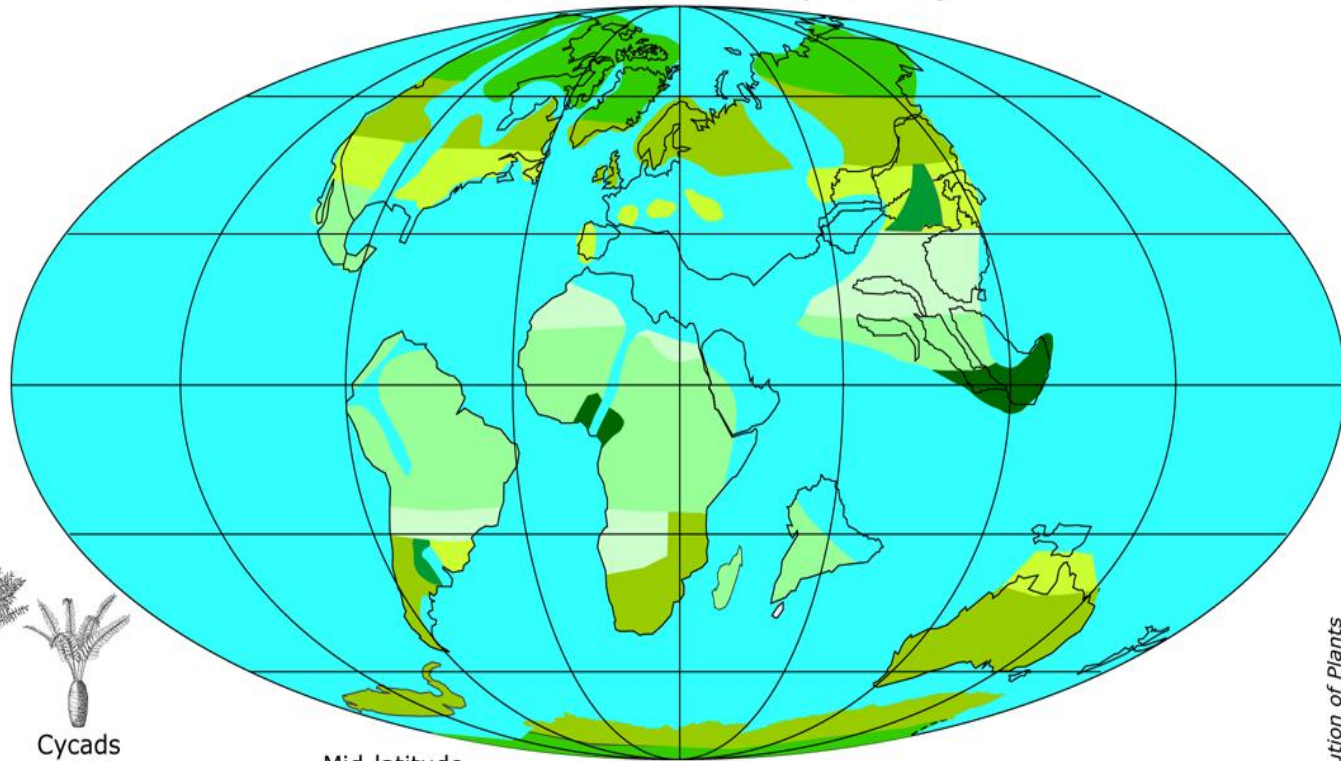


Ferns

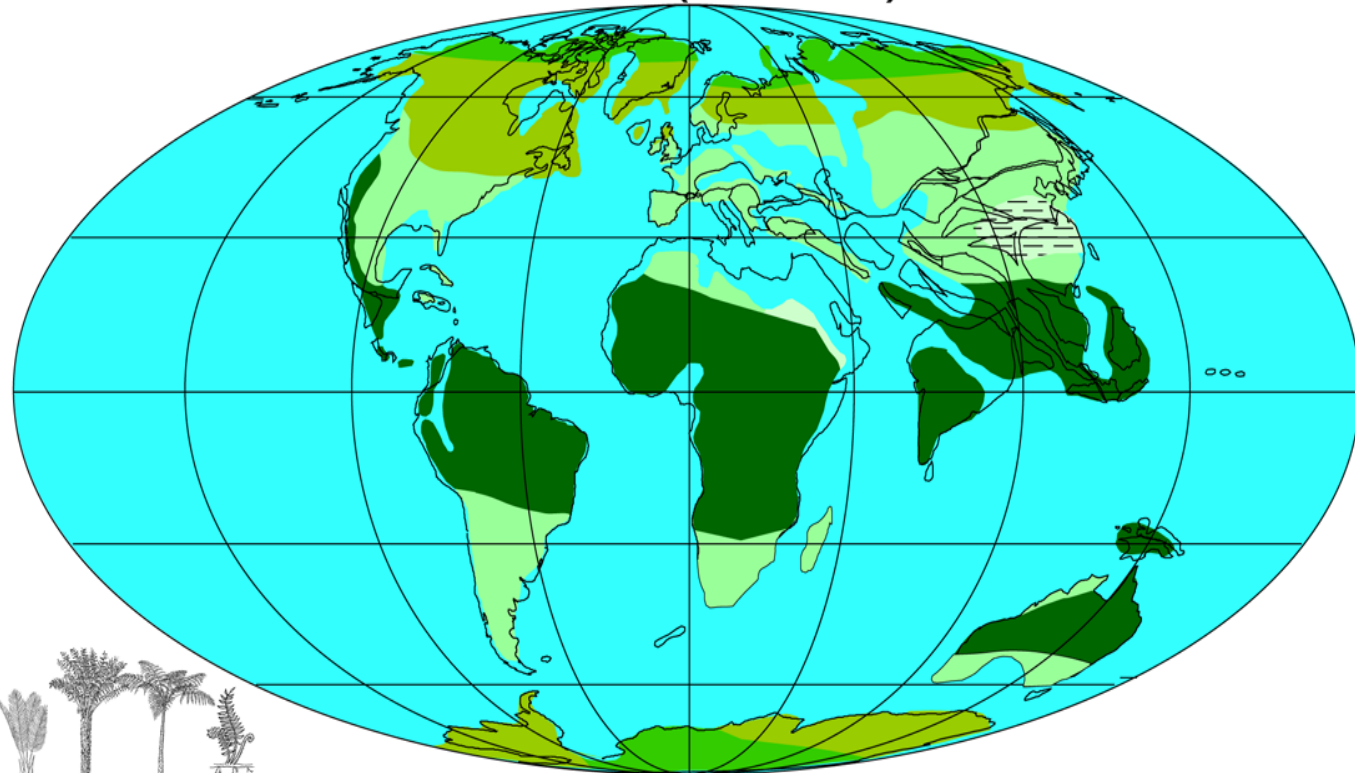


Sphenopsids

Late Cretaceous (70 Ma)



Eocene (60-50 Ma)



Tropical everwet



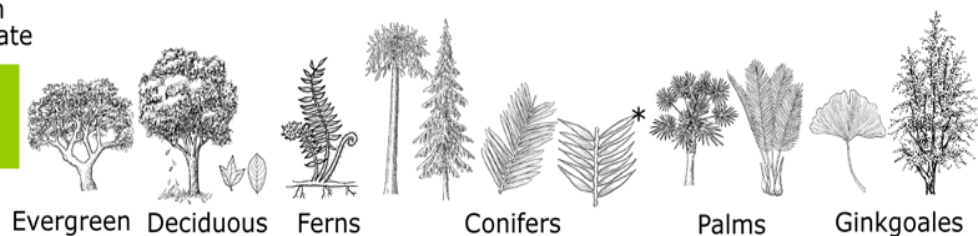
Evergreen Dicots

Lianas & vines

Palms

Tree ferns & ferns

Warm temperate



Evergreen Dicots

Deciduous Dicots

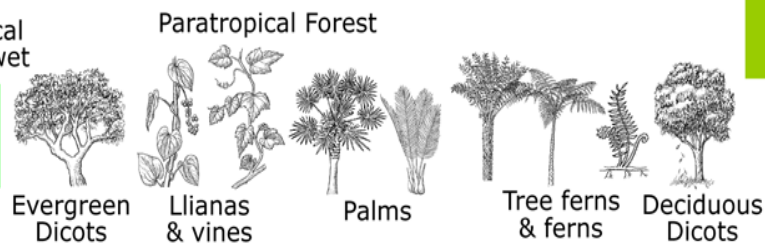
Ferns

Conifers

Palms

Ginkgoales

Subtropical summerwet



Evergreen Dicots

Lianas & vines

Palms

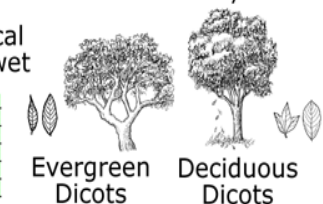
Tree ferns & ferns

Deciduous Dicots

Woody Savanna

Semi-desert

Subtropical summerwet



Evergreen Dicots

Deciduous Dicots

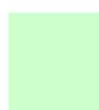


Gnetales

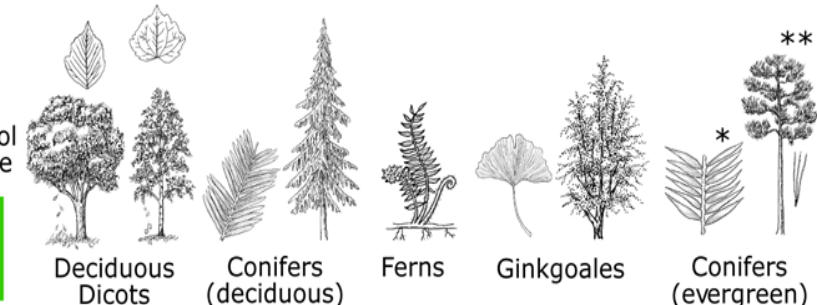


Angiosperm shrubs

Subtropical desert



Warm/Cool temperate



Deciduous Dicots

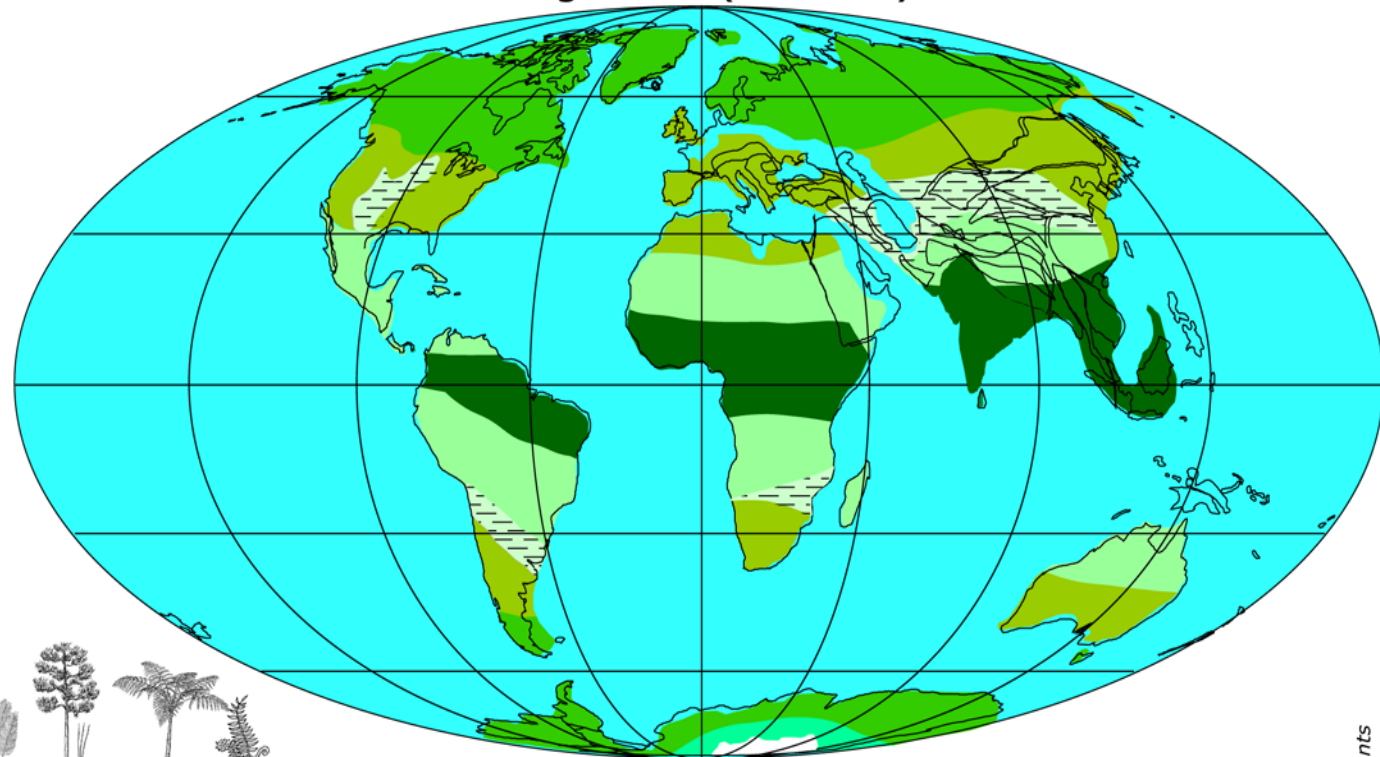
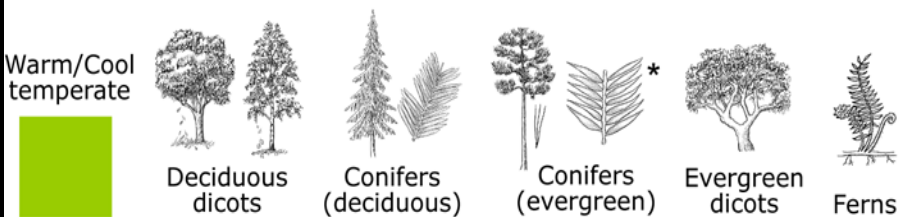
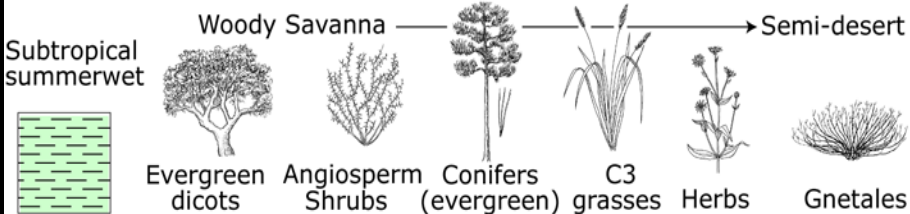
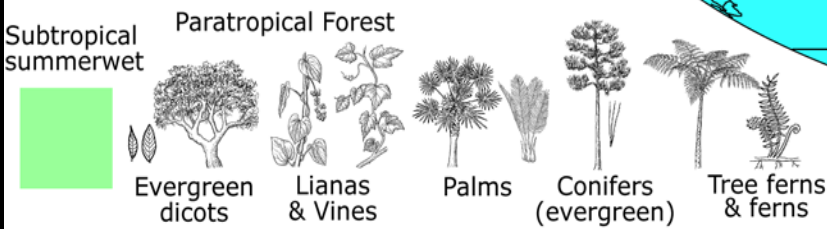
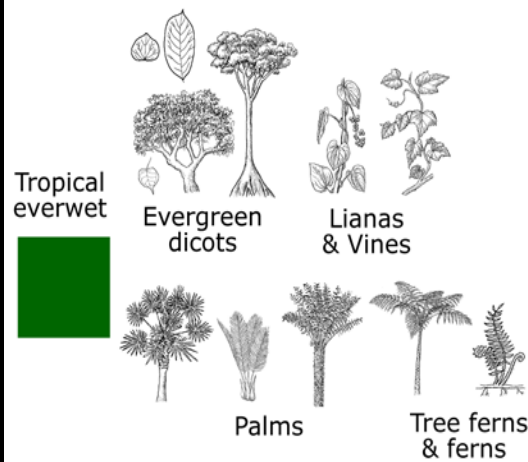
Conifers (deciduous)

Ferns

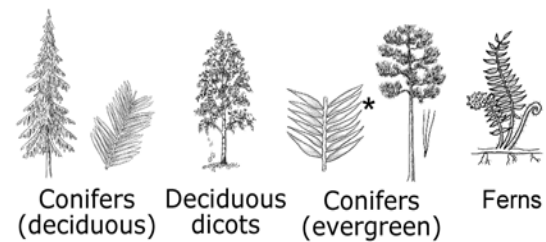
Ginkgoales

Conifers (evergreen)

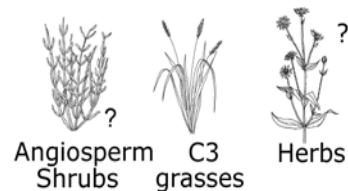
Oligocene (~30 Ma)



Cool/Cold temperate



Cold temperate/Arctic



Glacial



Miocene (11.2-5.3 Ma)

