

A földi élet törzsfájának rekonstuálása genomikális változások alapján 1

Ari Eszter

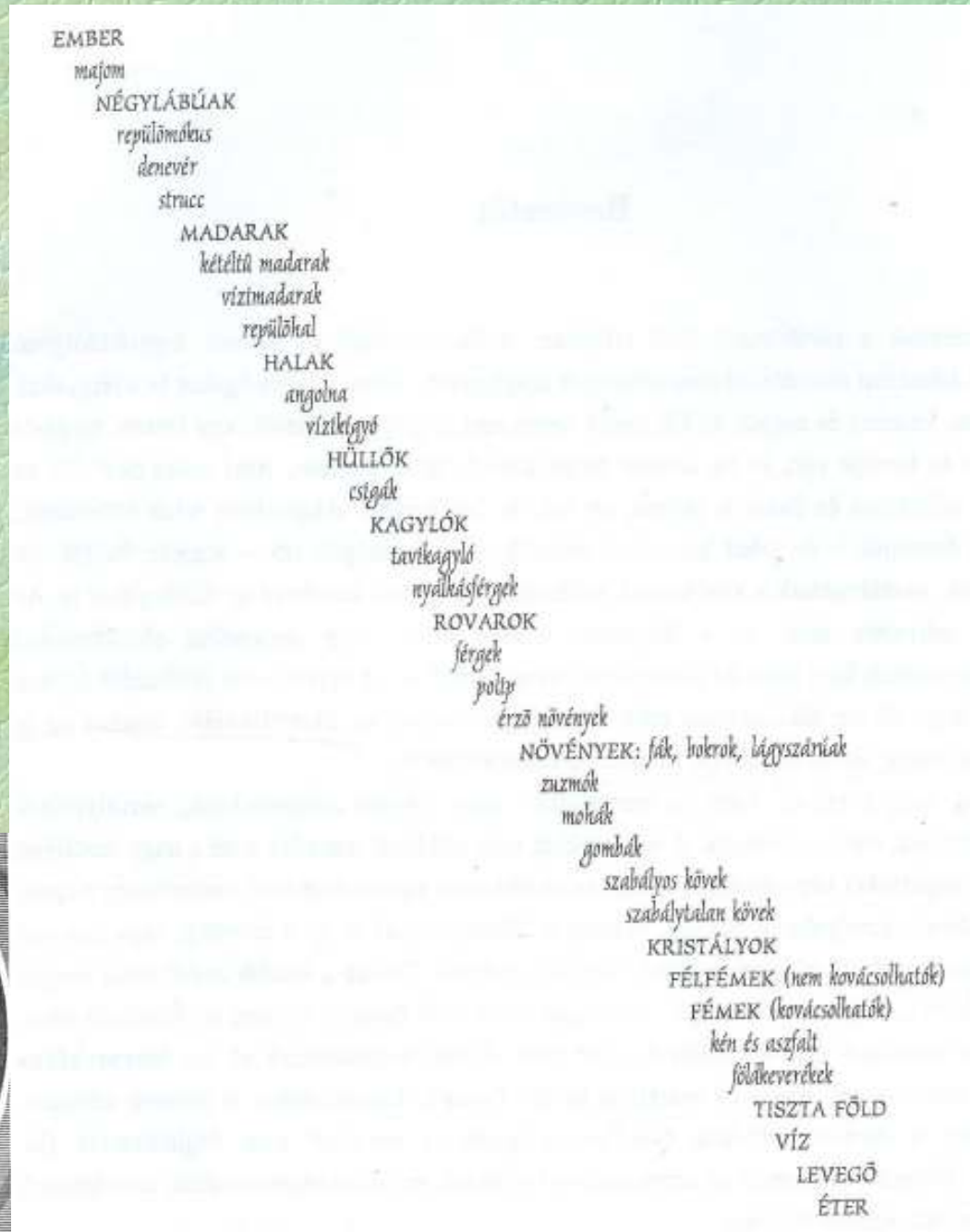
ELTE eScience RET & Genetikai Tanszék

A földi élet törzsfája

- Az élővilág rendszerezésének a földi élet törzsfáján, vagyis az egyes fajok és taxonok leszármazási viszonyain kell alapulnia.
- A törzsfaszerkesztés nem egyszerű feladat, mert múltbéli folyamatokat kell rekonstruálni mai ismereteink alapján.
- Ma már meglehetősen közel vagyunk az élővilág törzsfájának megalkotásához és a hozzá igazodó rendszertan kidolgozásához.
 - a sejtbiológia és a molekuláris genetika rengeteg adatot szolgáltat
 - fejlett matematikai módszerek és informatikai berendezések állnak rendelkezésünkre
- A legfrissebb eredmények azt sugallják hogy korábbi rendszertani ismereteinket felül kell vizsgálnunk, és egyes belénk rögződött beidegződésektől véglegesen meg kell szabadulnunk.

Az élővilág rendszerezésének történeti áttekintése

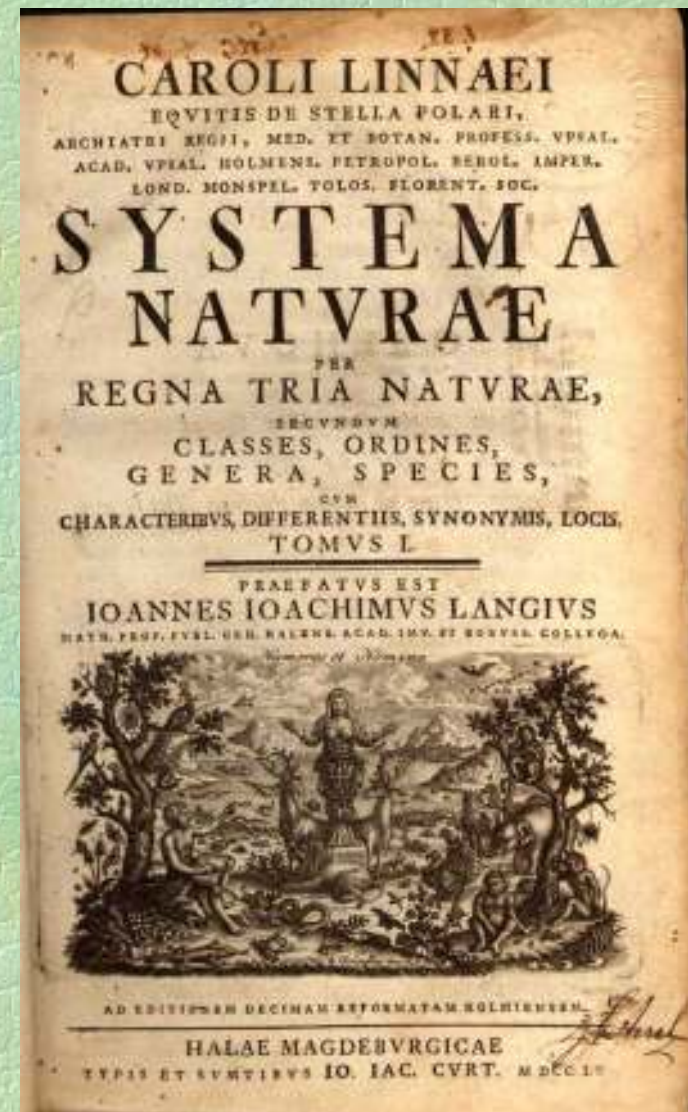
- Arisztotelész –
Charles Bonnet (XVIII.sz):
Exkluzív hierarchia: a
természet tárgyainak
fejlettségi sora



Az élővilág rendszerezésének történeti áttekintése

Carolus Linné (1707–1778)

- egységes nevezéktan
- binominális nomenklatúra
- inklúzív hierarchia:
 - *Regnum* ország
 - *Phylum/Divisio* törzs
 - *Classis* osztály
 - *Ordo* rend
 - *Familia* család
 - *Genus* nemzetség (növényeknél és gombáknál)
nem (állatoknál),
 - *Species* faj

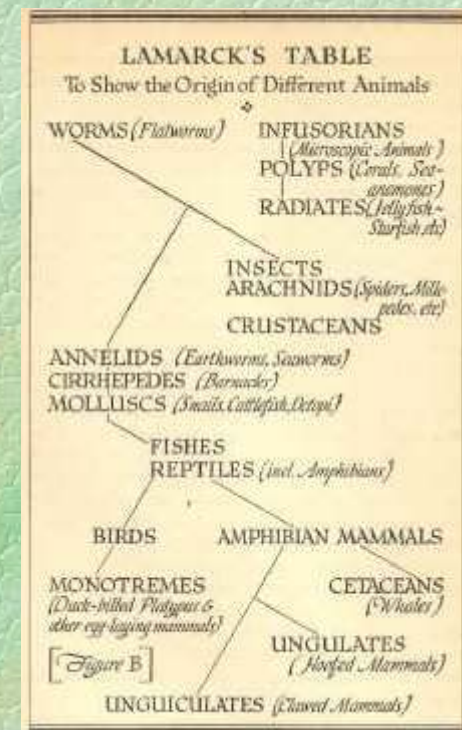


1. Kiadás 1735

10. Kiadás 1758 – a zoológiai nomenklatúra kiindulópontja

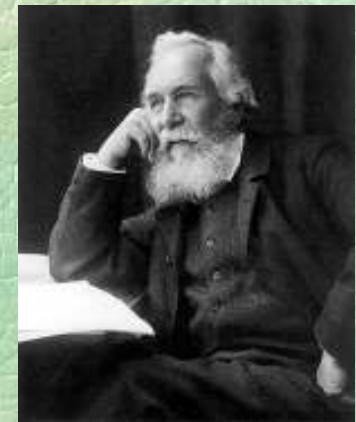
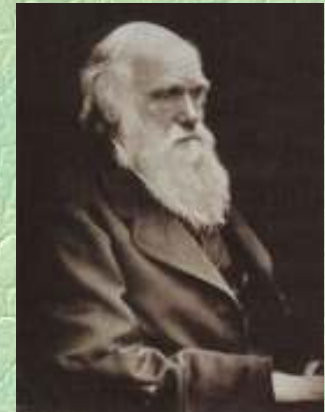
Az élővilág rendszerezésének történeti áttekintése

- Jean Baptiste Lamarck (1744–1829):
 - a fajok változatlanságába vetett hitet először vonta kétségbe
 - elsőként rajzolt törzsfát a biológia történetében, amivel elsősorban a gerincesek leszármazási kapcsolatait próbálta ábrázolni



Az élővilág rendszerezésének történeti áttekintése

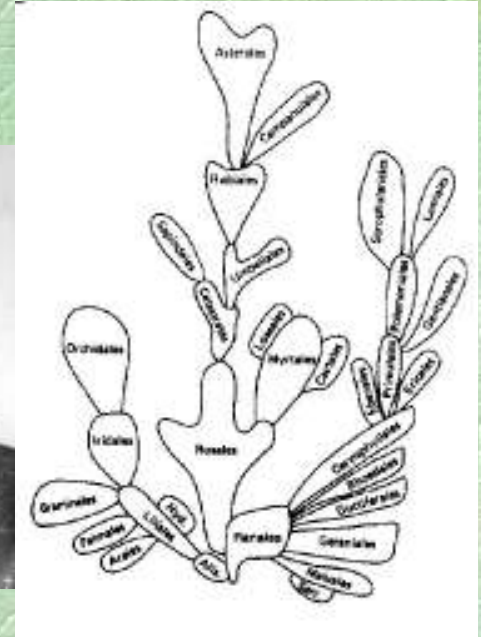
- Charles Darwin (1809–1882):
 - felvetette az evolúció elméletét és magyarázatot is adott rá
 - az élővilág rendszerezésében a leszármazást kell elsősorban figyelembe venni
- Ernst Haeckel (1834–1919): az élő szervezetek összes nagy csoportját egy közös törzsfában tüntette fel



Az élővilág rendszerezésének történeti áttekintése

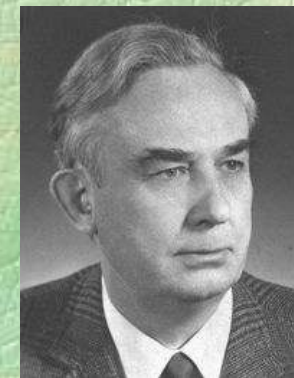
▪ Charles Bessey (1845–1915):

- újítása a tulajdonságok korábbi (azaz ősi) és evolúciósan később megjelent állapotainak megkülönböztetése
- zárwatermők első törzsfája



▪ Willi Hennig (1913–1976):

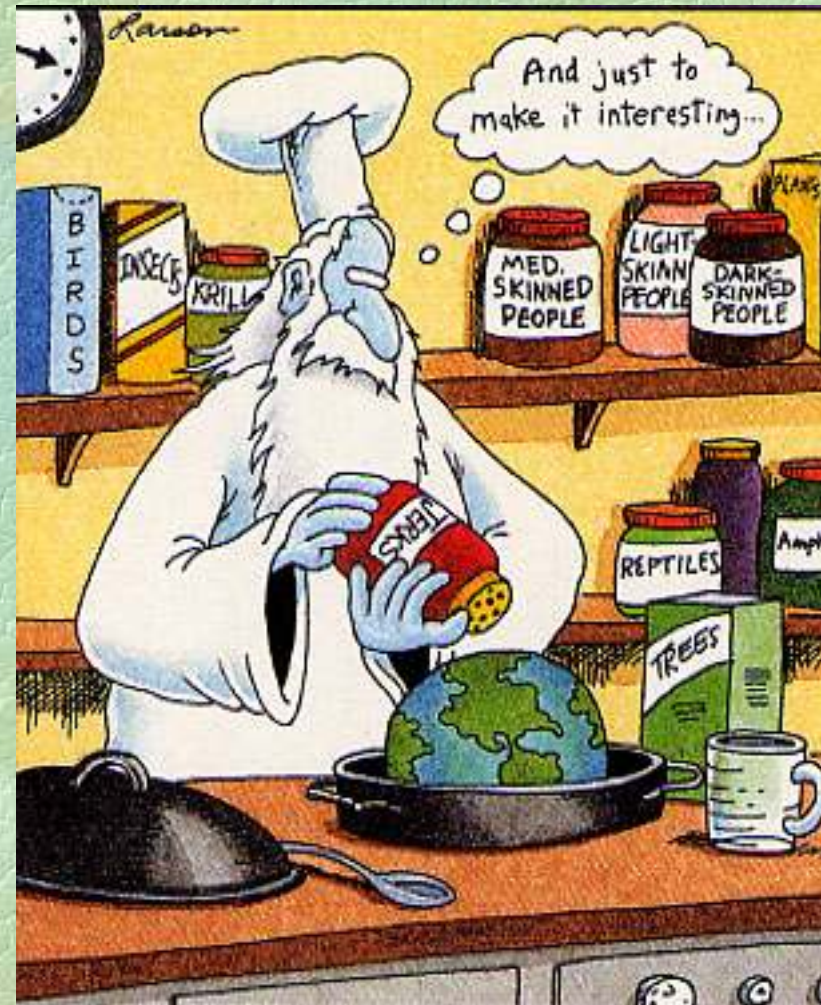
- a törzsfát a *közös ős* koncepciójának érvényesítésével kell felrajzolni
- monofiletikus csoportok
- a parszimónia elve:
egy csoport leszármazási viszonyainak feltárásában az a legjobb hipotézis, ami a legkisebb számú változást tételezi fel



A földi élet törzsfája

Tree of life project

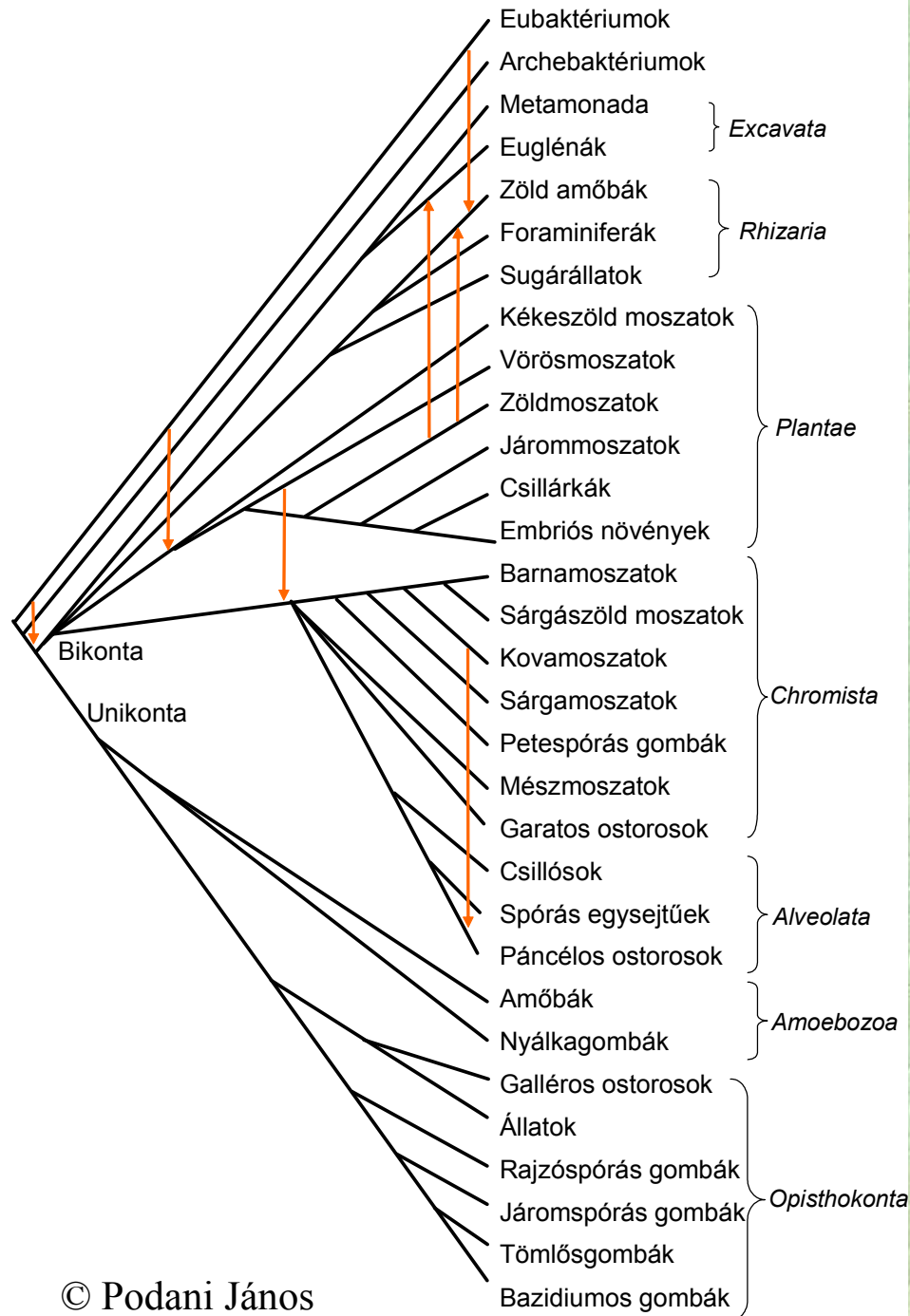
- <http://www.tolweb.org/tree/>
- A földi élet minden fajának leszármazása genetikailag egyetlen közös ősrre vezethető vissza



5 ország vs 3 domén

1. ország: Sejtmag nélküli (prokarióta) egysejtűek
Valódi baktériumok (ide tartoznak a kékmoszatok is)
Archeák
2. ország: Sejtmagvas (eukarióta) egysejtűek
3. ország: Gombák
4. ország: Növények
5. ország: Állatok

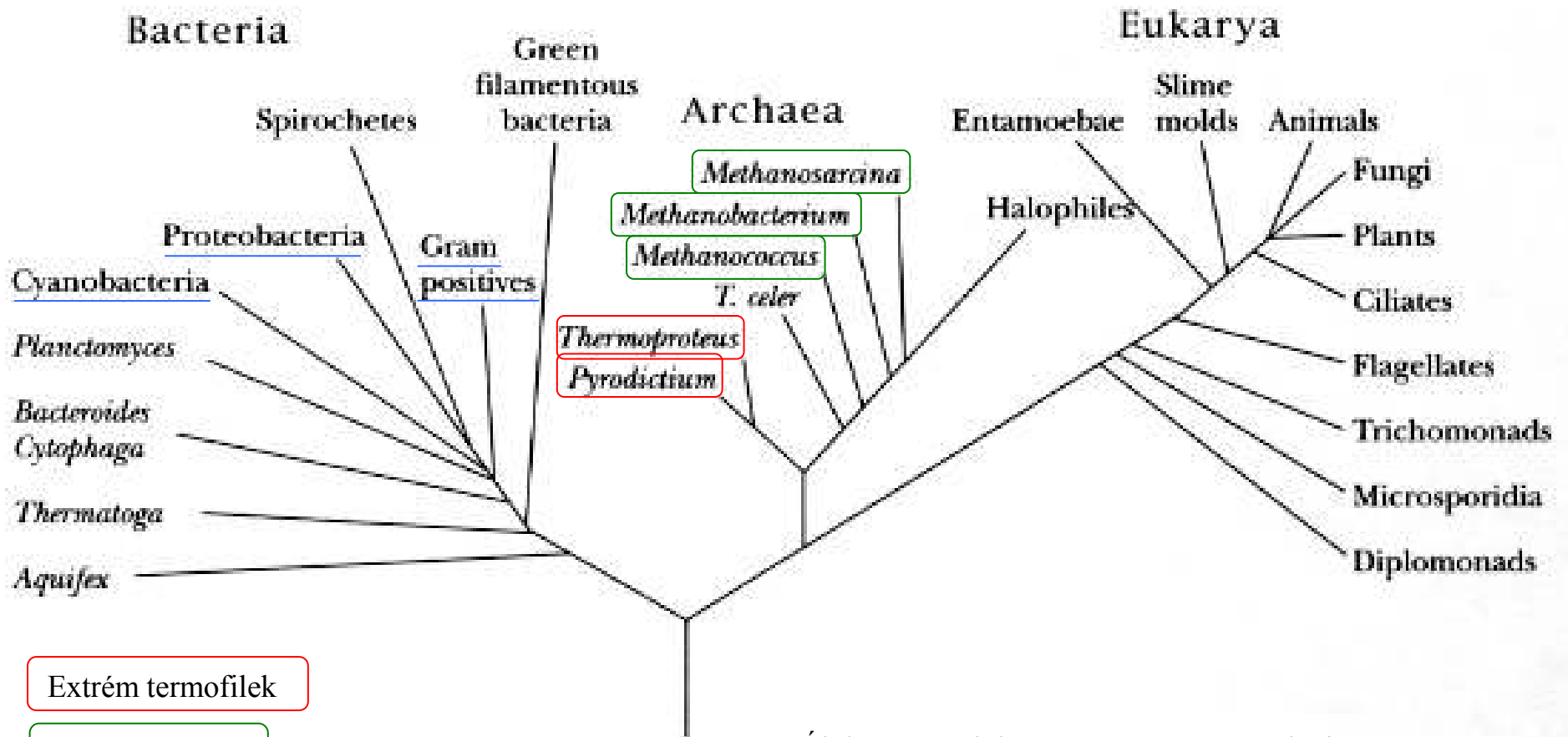
1. domén: Prokarióták – Archeák
2. domén: Prokarióták – Baktériumok - Woese, Kandler 1990
3. domén: Eukarióták
 - Állatok országa (*Animalia*)
 - Gombák országa (*Fungi*)
 - Növények országa (*Plantae*)
 - Véglények országa (*Protista*)



A földi élet törzsfája

- jelenlegi tudásunk összegzése
- egyes kevésbé ismert csoportok részletes elemzése még jelentősen megváltoztathatja a fa szerkezetét
- LUCA = Last Universal Common Ancestor

Prokarióták: Archaea és (Eu)Bacteria



Élőlénytörzsek leszármazása ssrRNS alapján

A prokarioták osztályozása

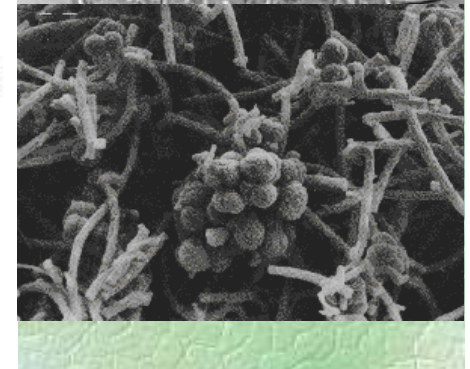
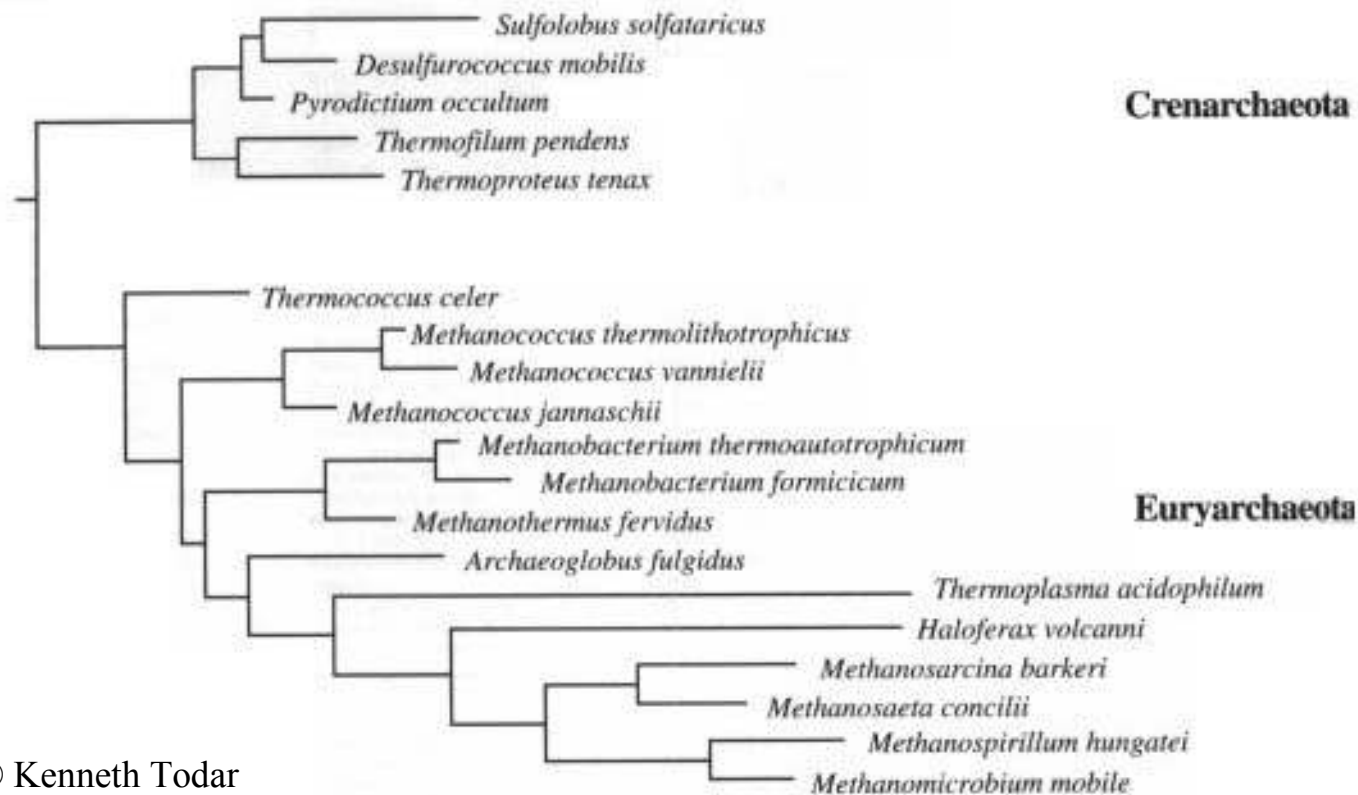
- hagyományosan
 - könnyen megfigyelhető fenotipusos bélyegeken pl:
 - Gram + –,
 - morfológia (coccus, bacillus, etc),
 - strukturális tulajdonságok (spórák, filamentumok, sejtfal, etc) és
 - fiziológiai tulajdonságokon pl:
 - anoxigenikus fotoszintézis
 - anaerobitás
 - metanogenezis etc
- alapszik
- Ma az osztályozásuk molekuláris alapokon nyugszik és főképp a riboszoma kis alegységének RNS szekvenciájára épül (ez minden celluláris organizmusban megtalálható).
 - Woese és Fox 1977 -> a prokarioták két nagy csoportra oszthatóak
- A prokarioták valójában parafiletikusak, mert az archebaktériumok az eukarióta szervezetekkel alkotnak monofiletikus csoportot.

Archaeák

- Ami a *Bacteriától* megkülönbözteti őket:
 - nincs murein a sejtfalukban
 - éterrel kapcsolt membrán lipid, etc
 - nagyarányban extremofilek
- Az ssrRNS-ük alapján 3 filogenetikailag elváló csoportjuk van:
 - *Crenarchaeota*
 - *Euryarchaeota*
 - *Korarchaeota*
- Fiziológiai tulajdonságaik alapján képzett csoportjaik:
 - metanogének (metánt állítanak elő)
 - extrém halofilek (erősen NaCl-os környezetben élnek)
 - termofilek (magas hőmérsékleten élnek)

Archaeák

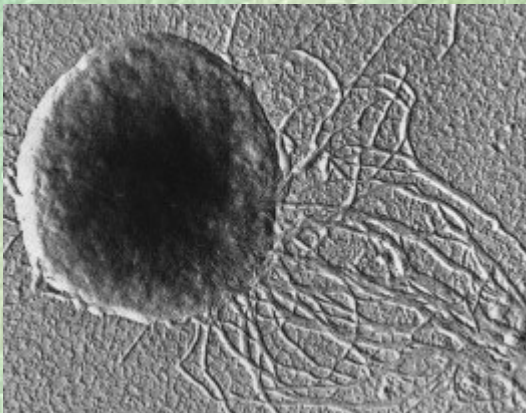
- *Crenarchaeota*:
 - sok közülük hipertermofil kénbaktérium
- *Euryarchaeota*:
 - metanogének és extrém halofilek
- *Korarchaeota*:
 - csak a DNS-ük ismert, még nem sikerült izolálni vagy tenyészteni őket
 - hipertermofilek



Archaeák -> Euryarchaeoták -> Metanogének

- Obligát anaerobok, az O₂-nek való kitettséget rövid ideig sem bírják
- Élőhelyeik: tengeri és édesvízi aljzat, mocsár, mélytalaj, állati emésztőrendszer, szennyvíztelep
- H₂-ből és CO₂-ből nyerik az energiát és CH₄-et termelnek

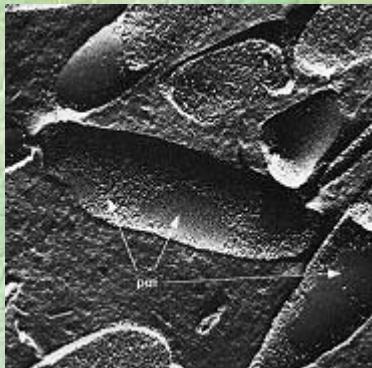
Methanococcus jannischii:



Archaeák -> Euryarchaeoták -> Extrémhalofilek

- Természetes élőhelyük: pl a Holt-tenger, a Nagysóstó, besűrűsödő tengervíz pocsolyák
- Növekedésükhöz magas sókoncentrációra van szükségük
- A Na^+ stabilizálja a sejtfalukat, riboszómáikat, enzimeiket

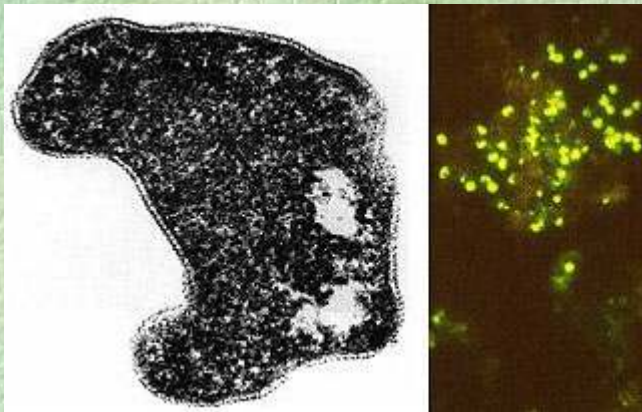
Halobacterium salinariumis:



Archaeák -> Euryarchaeoták -> (Extrém)termofilek

- Polifiletikus csoport
- akár 80-105°C-on nőnek!
- A legtöbbnek kén kell a növekedéshez
- Vannak köztük
 - anaerobok (légzésükben a kén az elektron akceptor az O₂ helyett)
 - olyanok amelyek a kén oxidációjából (-> SO₄) nyerik az energiát és alacsony (>2) PH értékű környezetben élnek
- Természetes élőhelyeik: vulkánok, melegvíz források, gejzírek, etc
- *Thermus aquaticus*: a PCR-hez használt **taq polimeráz** enzim belőle származik

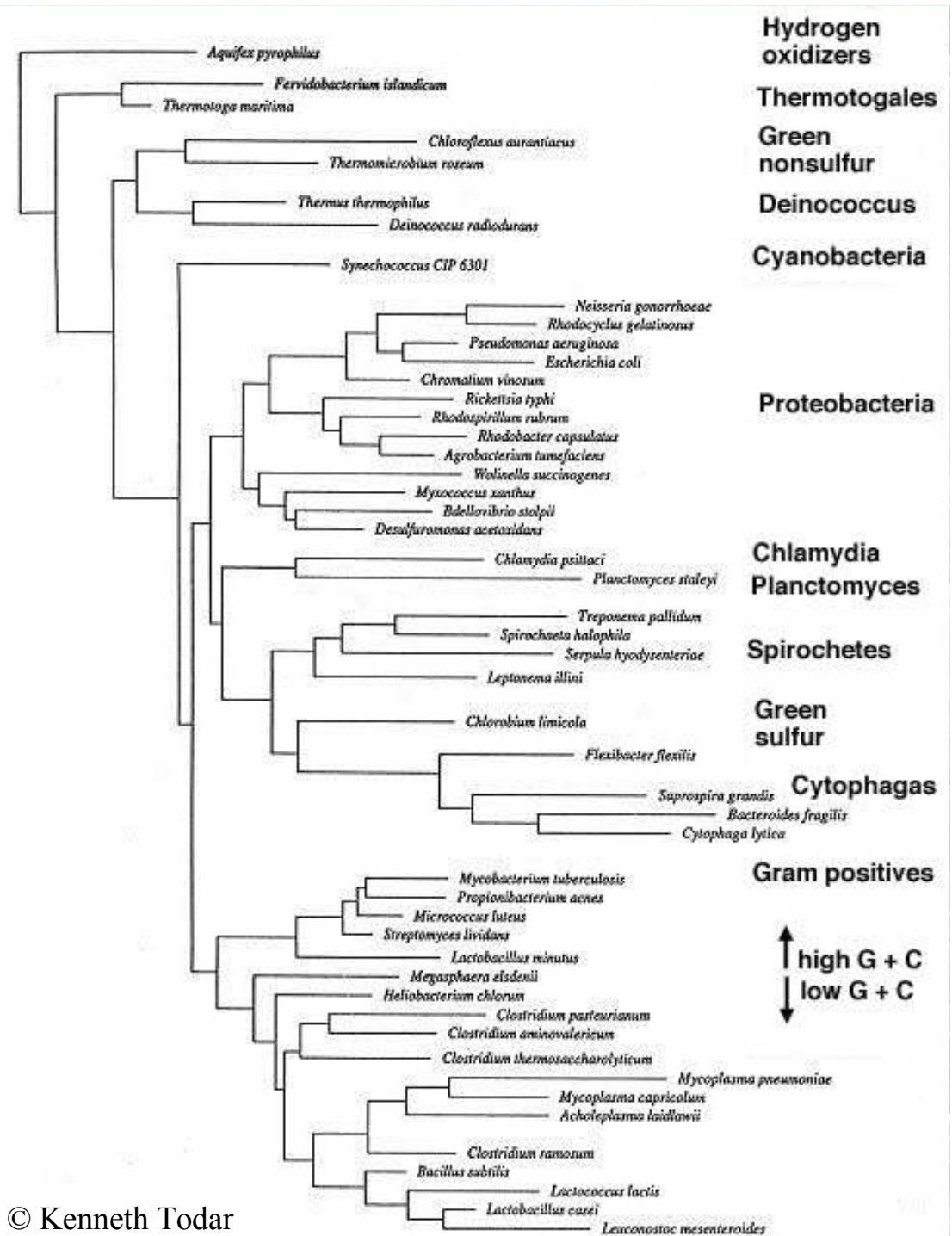
Sulfolobus acidocaldarius:



Bacteriák

- 16-23 csoportra (*Phylum*) oszthatóak
- Az egyes *Phylum*ok fenotipusosan nem egységesek

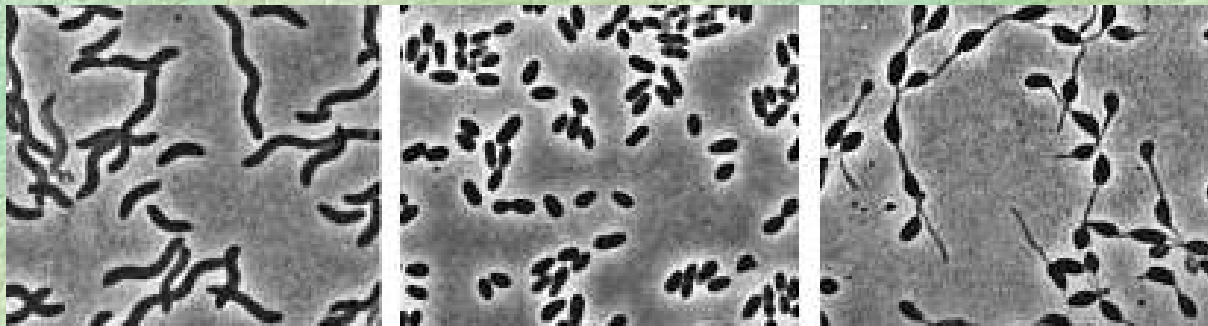
- Aquificae (hyperthermophilic chemolithoautotrophs)
- Thermotogae (hyperthermophilic, obligately anaerobic, fermentive heterotrophs)
- Thermodesulfobacteria (thermophilic, sulfate-reducing bacteria)
- Chrysiogenetes (a chemolithoautotrophic bacterium)
- Nitrospira (includes nitrite-oxidizers, thermophilic sulfate reducers, and acidophiles)
- Deferribacteres (a group of aquatic, anaerobic bacteria)
- Chloroflexi (green nonsulfur bacteria)
- Thermomicrobia (hyperthermophilic chemoheterotrophs)
- Fibrobacteres (cellulose digesting, anaerobic rumen bacteria)
- Proteobacteria (purple bacteria and relatives)
- Planctomycetes (bacteria with peptidoglycan-less cell walls and budding reproduction)
- Chlamydiae (obligate intracellular parasites of eukaryotic cells)
- Spirochaetes (spiral-shaped chemoheterotrophs)
- Bacteroidetes (a diverse group including pathogens, commensals, and free-living organisms)
- Chlorobi (green sulfur bacteria)
- Actinobacteria (high G+C Gram positives)
- Deinococcus-Thermus (a group of extremophiles)
- Cyanobacteria (oxygenic photosynthetic bacteria and chloroplasts)
- Firmicutes (low G+C Gram positives)
- Fusobacteria (anaerobic heterotrophs, many involved in human infections)
- Verrucomicrobia (terrestrial, aquatic, some associated with eukaryotic hosts)
- Acidobacteria (acidophilic bacteria common in soils)
- Dictyoglomi (thermophilic chemoorganotrophs)
- Gemmatimonadetes (Gram-negative bacteria lacking DAP in their cell envelope)



Bacteriák -> Fotoszintetikus bíbor és zöld baktériumok

- Anoxigénikus fotoszintézis folytatnak, mely nagyban eltér a növényitől:
 - nem termelnek O_2 -t
 - anaerob környezetben nőnek
 - nem a víz, hanem a H_2 , H_2S vagy a kén az elektron akceptor
- Fotoszintetikus pigmentjük eltér a cianobaktériumokétól
- Sokan közülük ként tárolnak
- Az endoszimbionta elmélet szerint a nem-kén bíbor baktériumokkal közös az őse a mitokondriummá lett prokariótának

Bíborbaktériumok:



Bacteriák -> Cyanobacteria

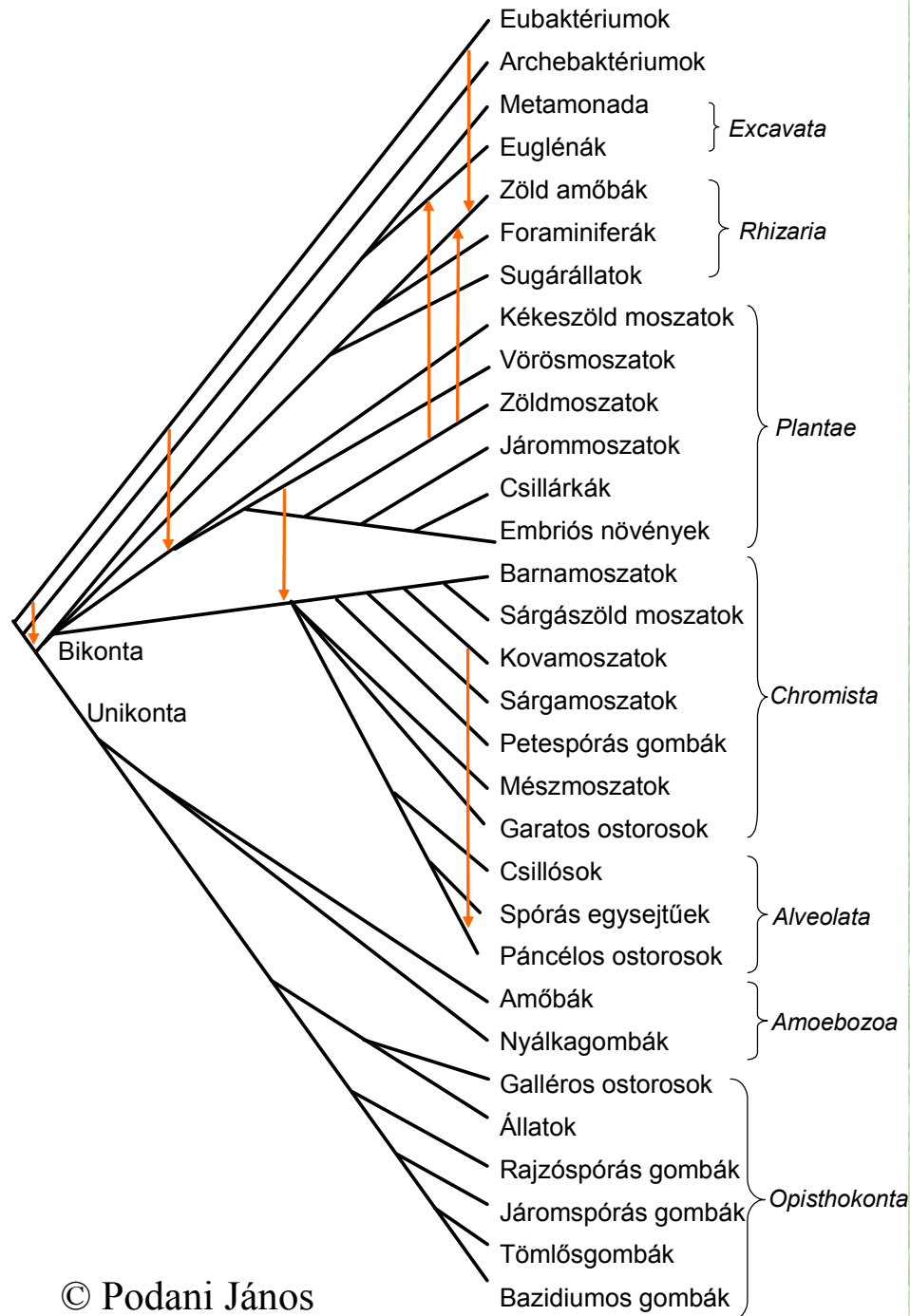
- Fontos ökológiai szerep a globális szén, oxigén és nitrogén körforgásban és egyensúlyban
- Fotoszintetikus pigmentjeik: klorofill *a*, karotinoidok, *phycoerythrin* és *phycobillinek* – nagy hullámhossz tartományt képesek hasznosítani
- Komplex citoplazmatikus membránrendszerük van
- Ősi *Cyanobaktériumok* endoszimbiózisából keletkeztek a növények zöld színtestei
- Sejtfaluk többnyire pigmentált (sárga, barna, sötétkék, lila, etc)
- Hatalmas fajsámuk ellenére csupán 200 szabadonélő, nem szimbionta fajuk ismert
- Filamentumokkal összetartott kolóniákat alkothatnak
- Többségük Gram –
- Vannak köztük nitrogénfixálók
- Gombákkal alkotott szimbiózisuk a zuzmó



Spirochaeták

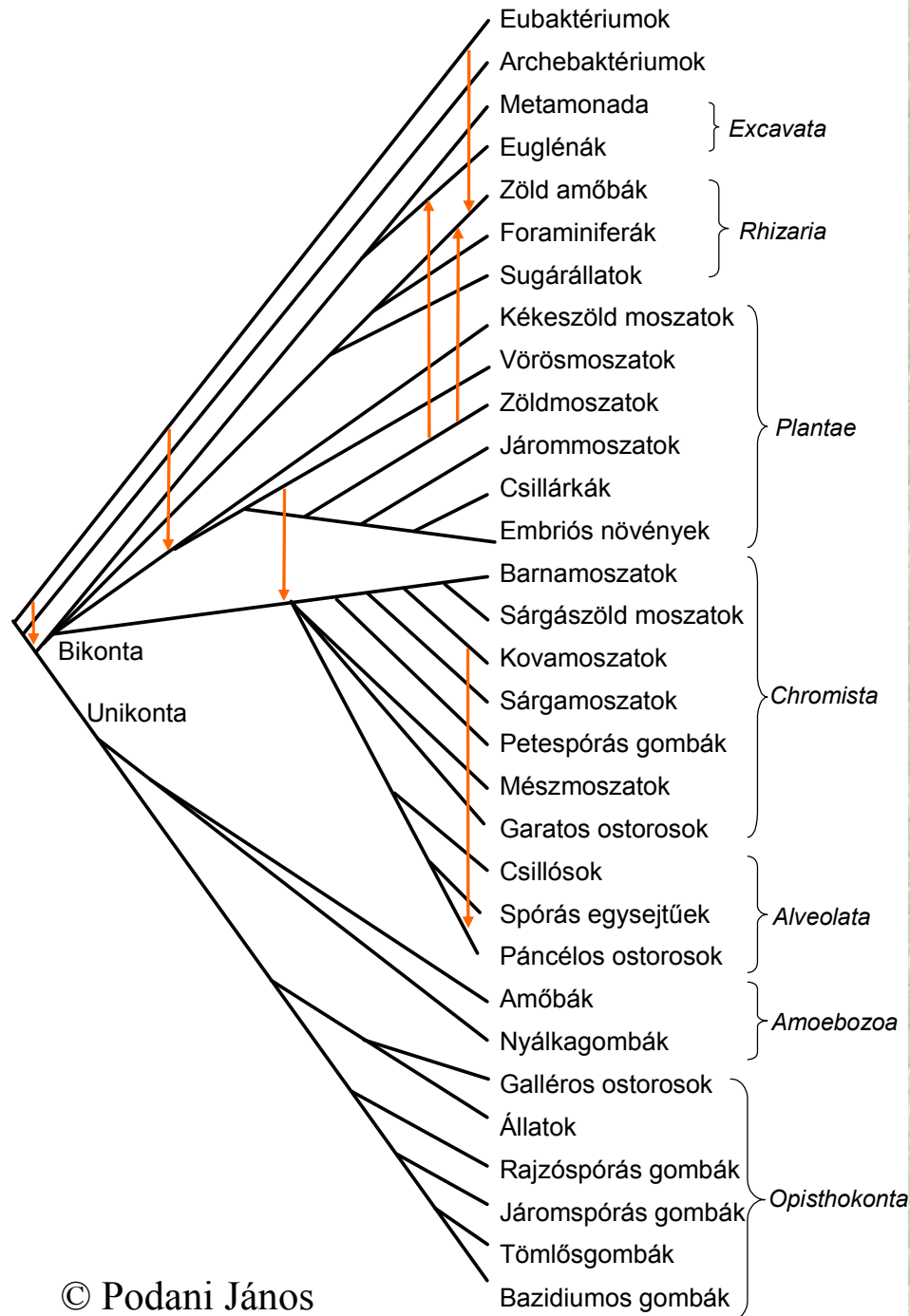
- Filogenetikailag elkülönülő csoport, újabb filogenetikai elemzések szerint nem a bakteriumkhoz tartoznak, hanem az Archaeákhoz állnak közelebb (Brown, 2001)



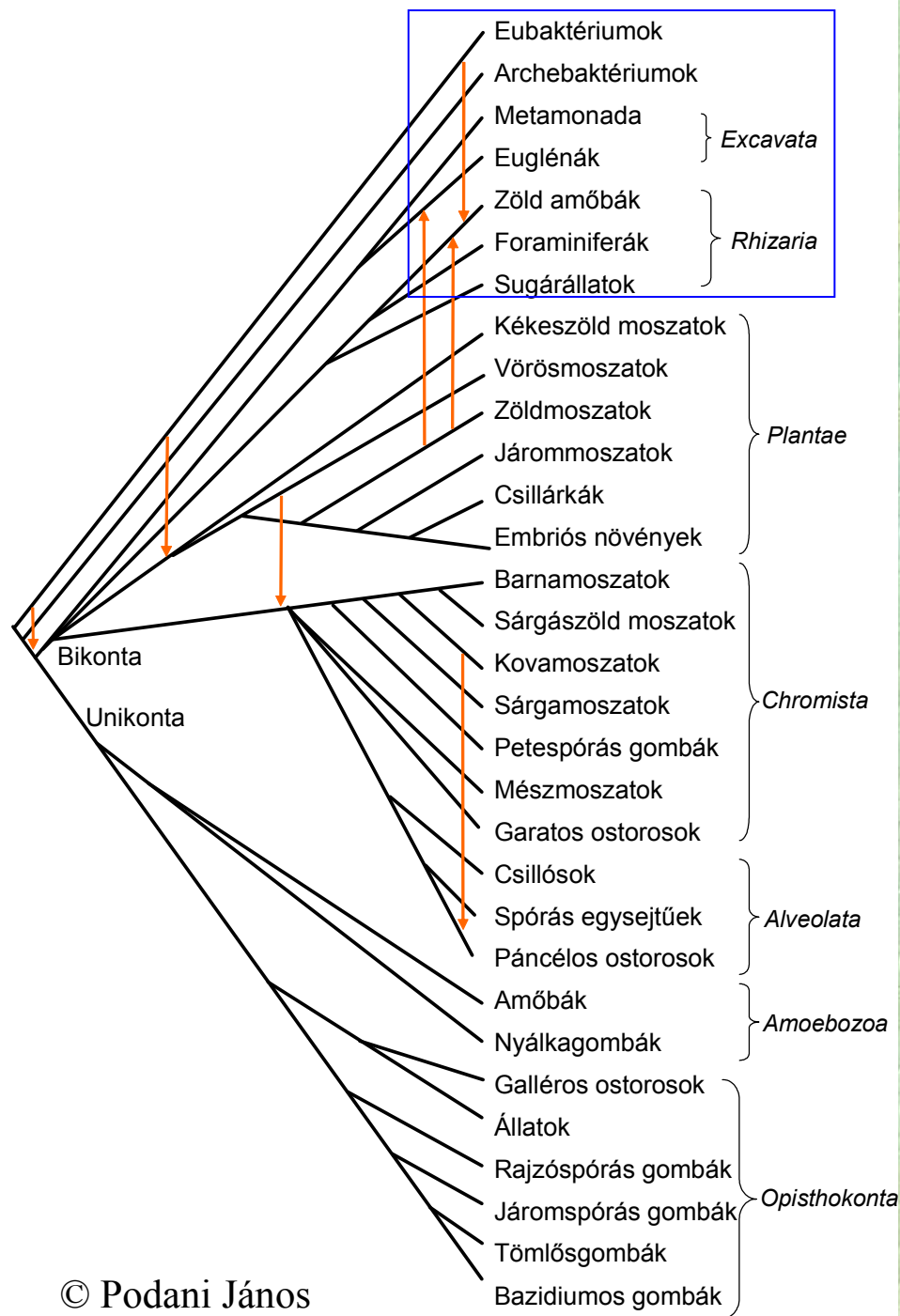


Az Eukarióták evolúciója

- Monofiletikus csoport
- Az eukarióta evolúció kezdeti lépései, a fa első elágazásai valószínűleg sohasem lesznek rekonstruálhatók teljes bizonyossággal
- Mai ismereteink szerint öt fő evolúciós vonal eléggé egyértelműen felismerhető
- De az eukarióta törzsfa alján lévő dichotómia mellett is egyre több bizonyíték szól.



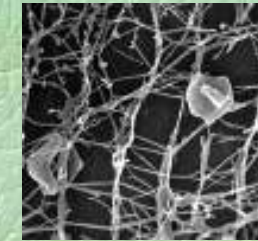
- Cavalier-Smith: az eukarióta evolúció kezdeti lépéseit a mikrotubulusok, a centriólumok, a csillók és az ostorok szerkezete és elhelyezkedése meglehetősen tükrözi.
- Az ősi eukariótáknak egy ostora lehetett, és ez az ősi állapot jellemzi – ide értve az egyetlen centriólumot is – az **Unikonta** (egyostorosok) kládját (pl. állatok, gombák).
- A másik fő vonalon, ahova a növények is tartoznak, megjelent a kétostoros állapot (két centriólummal), ennek megfelelően ezt a kládot **Bikonta** néven különíthetjük el.



© Podani János



Eubaktériumok:
Pseudomonas aeruginosa



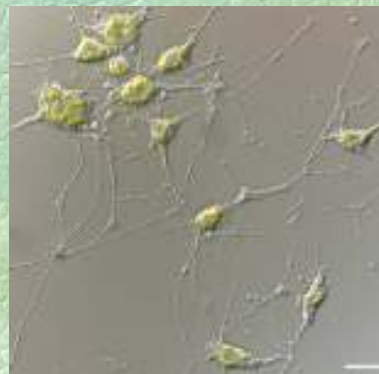
Archebaktériumok:
Pyrodictium sp.



Metamonada:
Giardia sp.



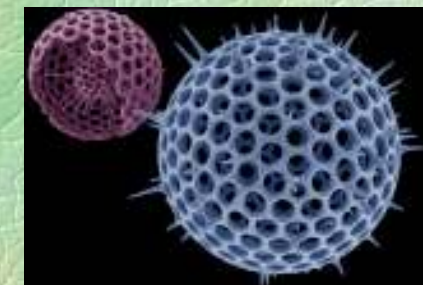
Euglénák: *Euglena viridis*



Zöld amóbák
(*Chlorarachniophyta*)



Foraminiferák

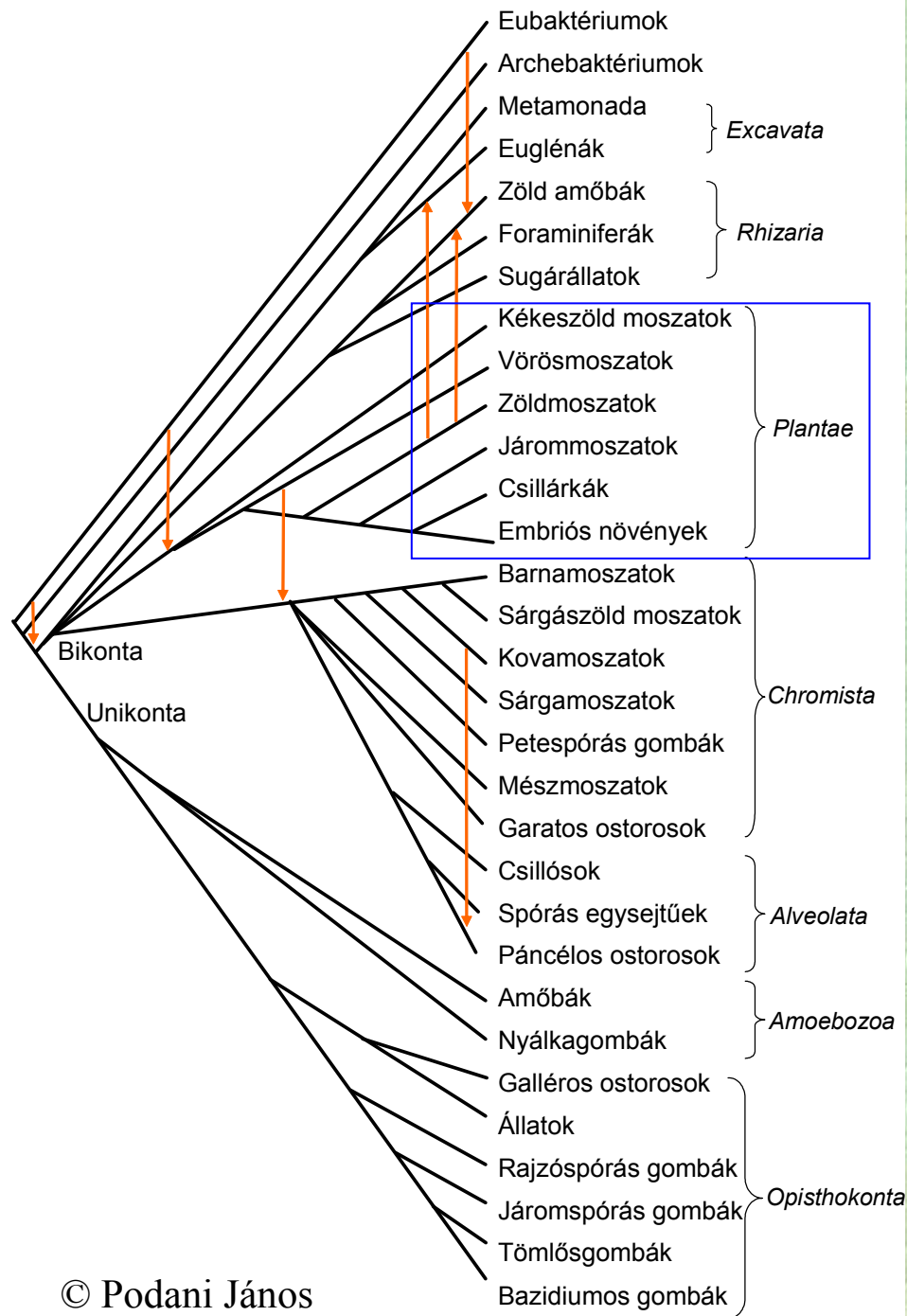


Sugárállatok (*Radiolaria*)

■ *Paulinella chromatophora* (zöld amőba):



- két darab plasztisza közvetlenül egy cianobaktérium, a *Synechococcus* beolvadásából ered.
- A plasztiszokból fotoszintetikus termékek mennek át a gazdasejtbe, vagyis az elsődleges endoszimbiózis egy különleges, második esetéről van szó!
- A cianobaktérium plasztisszá válása nemrégiben mehetett végbe, hiszen egy másik *Paulinella*-faj teljesen mentes a szintestektől, viszont táplálékul főképpen a *Synechococcus* kékmoszatokat fogyasztja!



© Podani János



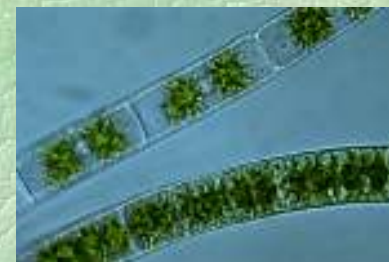
Kékeszöld moszatok
 (*Glaucophyta*)



Vörösmoszátok
 (*Rhodophyta*)



Zöldmoszatok
 (*Chlorophyta*):
Ulva lobata



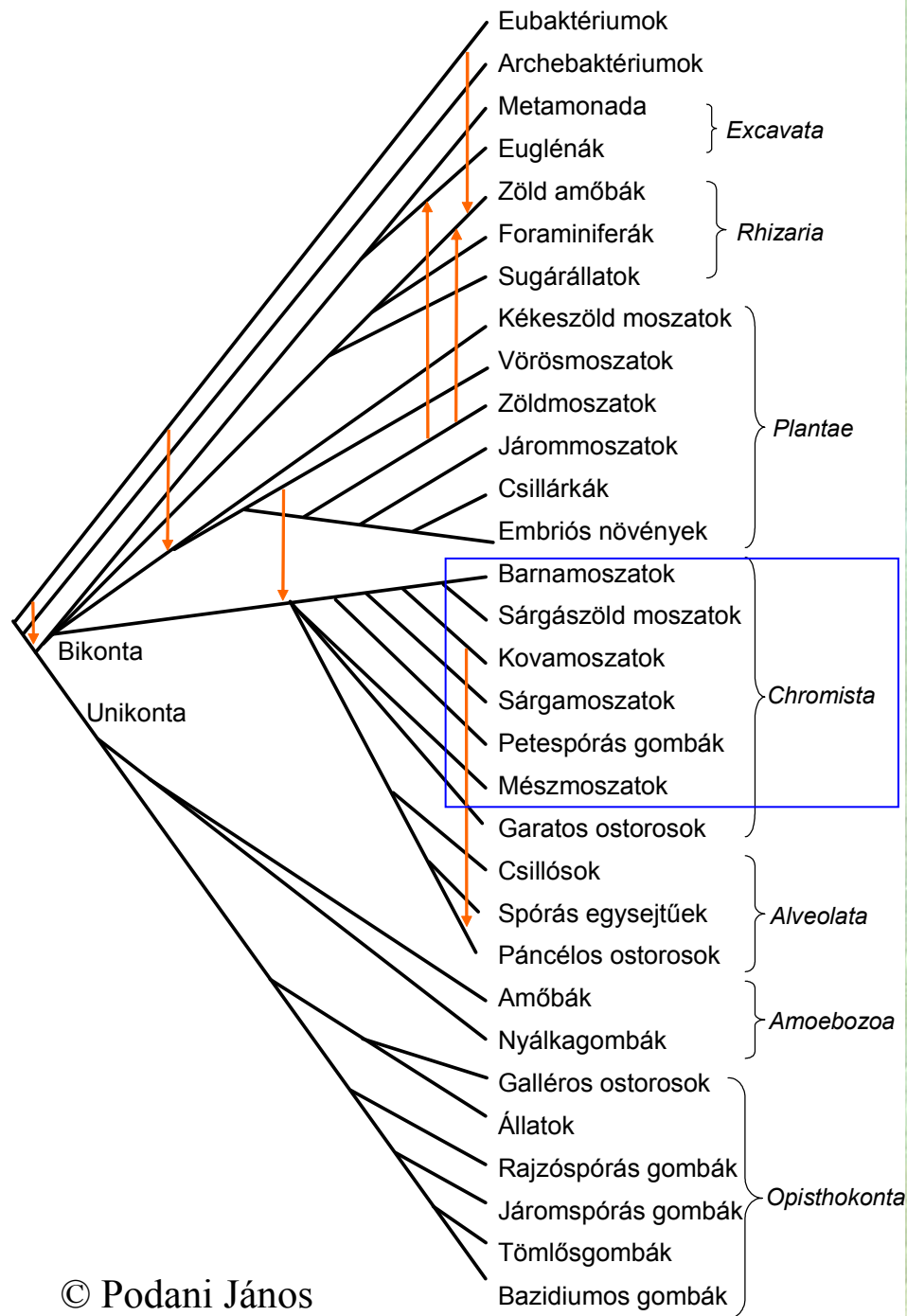
Járommoszatok
 (*Zygnematales*):
Zygnema sp.



Csillárcák
 (*Chara*)



Embriós növények
 (*Embriophyta*):
Lycopodium sp.



Barnamoszatok
(*Phaeophyta*): *Fucus sp.*



Sárgászöld moszatok
(*Xanthophyta*)



Kovamoszatok
(*Bacillariophyta*)



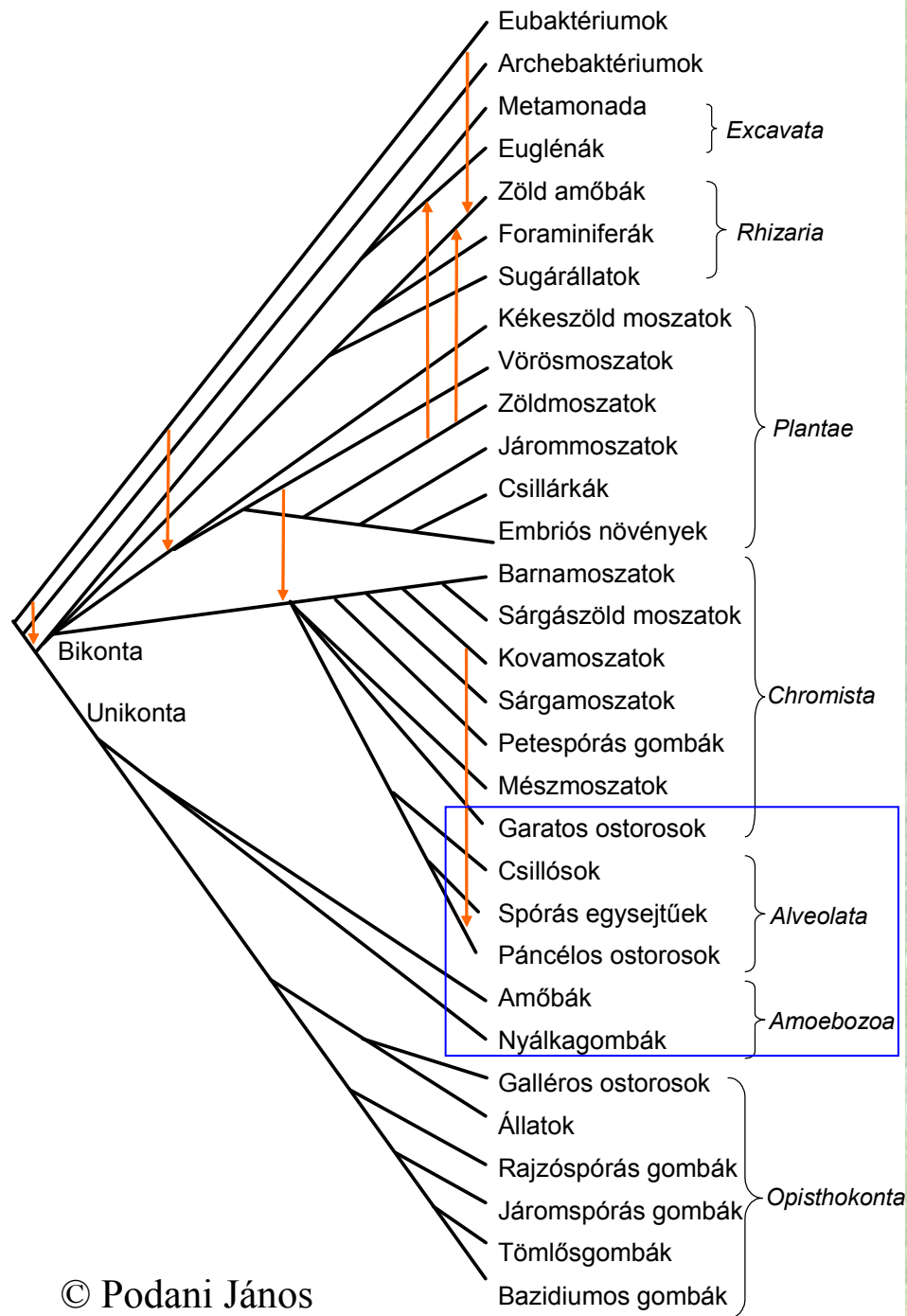
Sárgamoszatok
(*Chrysophyta*)



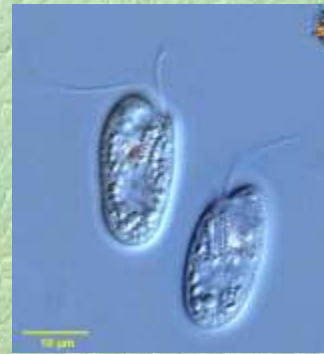
Petespórás gombák
(*Oomycota*):
Peronospora sp.



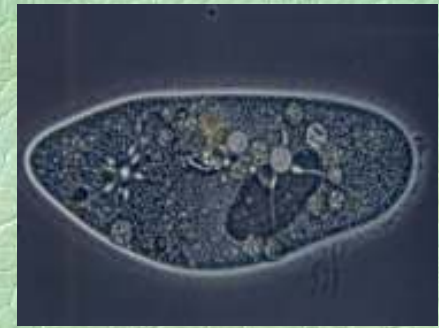
Mészmoszatok
(*Haptophyta*):
Emiliania huxleyi



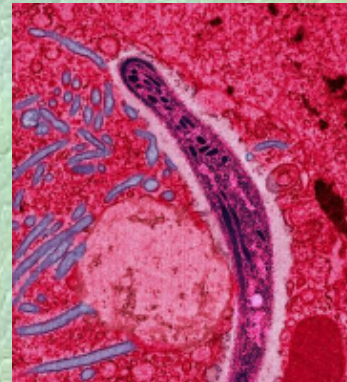
© Podani János



Garatos ostorosok
(*Cryptophyta*):
Chilomonas sp.



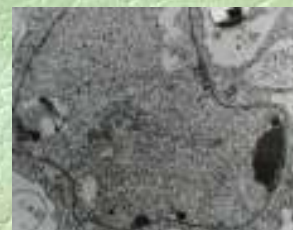
Csillósok (*Ciliata*):
Paramecium
caudatum



Spórás egysejtűek
(*Apicomplexa*):
Plasmodium sp.



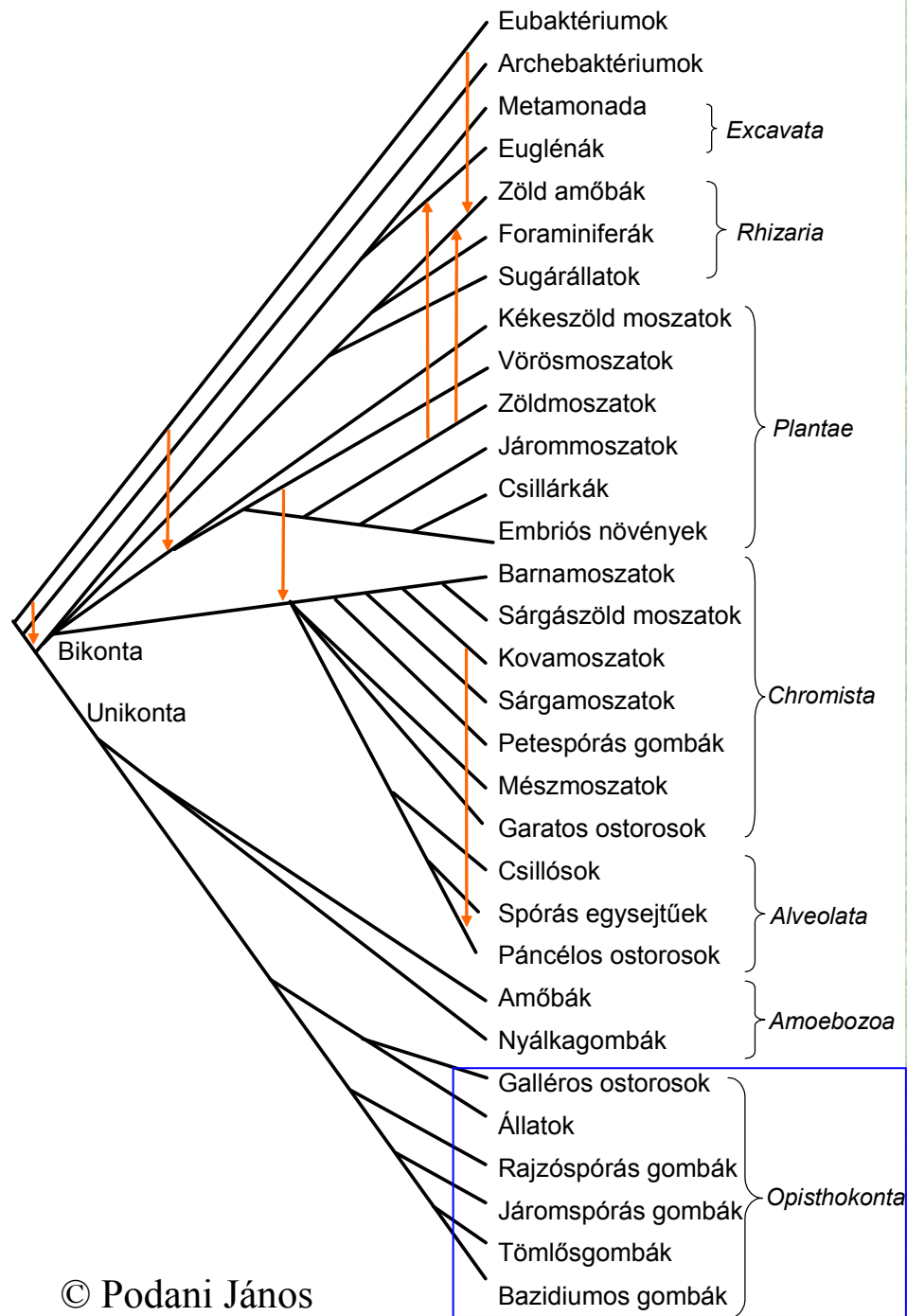
Páncélos ostorosok
(*Dinophyta*):
Pyrocystis lunula



Amóbák:
Entamoeba sp.



Nyálkagombák
(*Myxomycota*):
Hemitrichia clavata



Galléros ostorosok
(*Choanozoa*)



Állatok (*Animalia*)



Rajzospórás gombák
(*Chytridiomycota*)



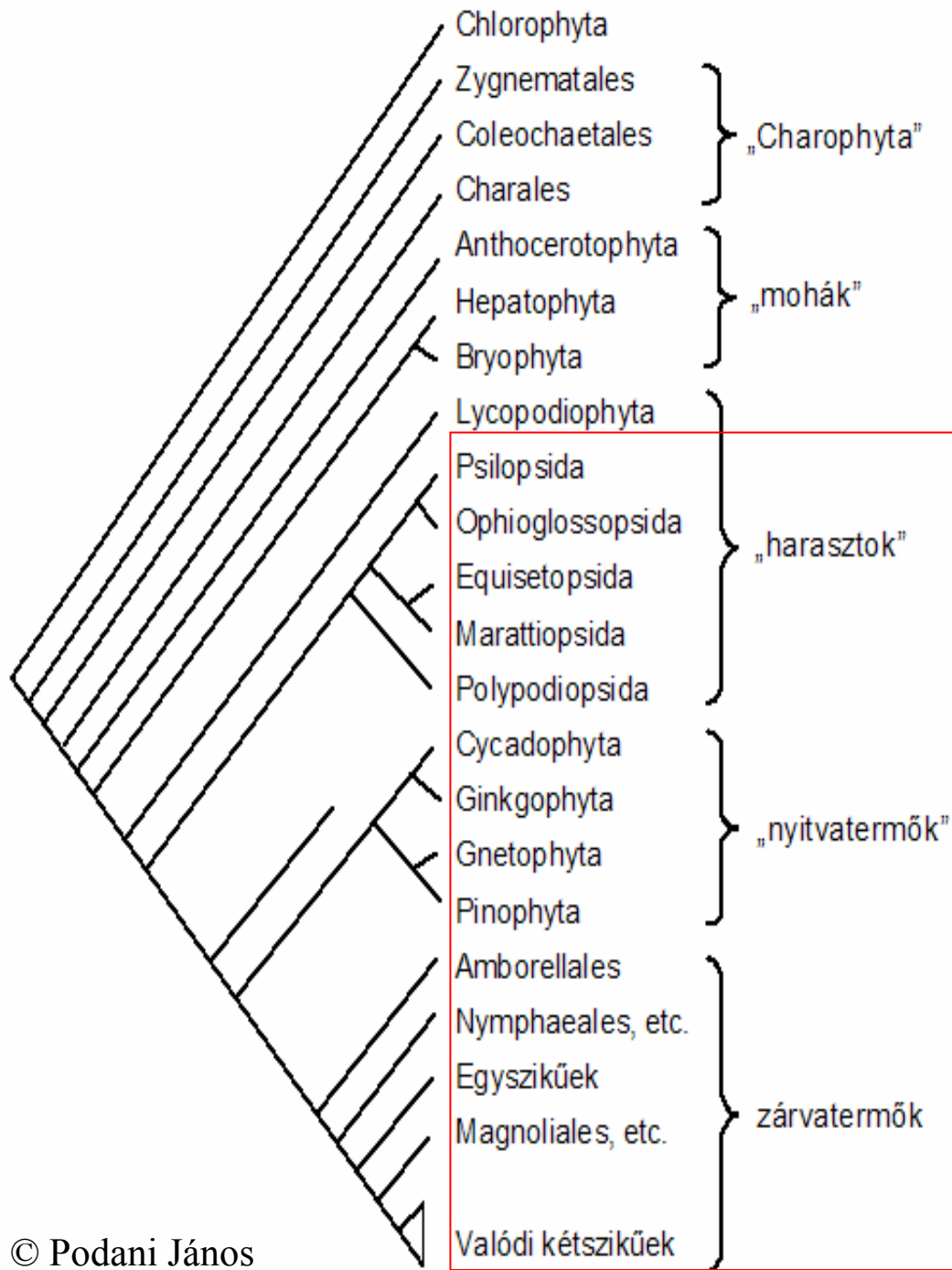
Járomspórás gombák
(*Zygomycota*): *Mucor sp*



Tömlősgombák
(*Ascomycota*):
Morchella esculenta



Bazidiumos gombák
(*Basidiomycota*):
Amanita phalloides



zöldmoszatok
 járommpszatok

csillárcák
 becősmohák
 májmohák
 lombosmohák
 korpafüvek
 ősharasztok

zsúrlók
 marattiapáfrányok
 páfrányok

Euphyllophyta
 valódi levelűek

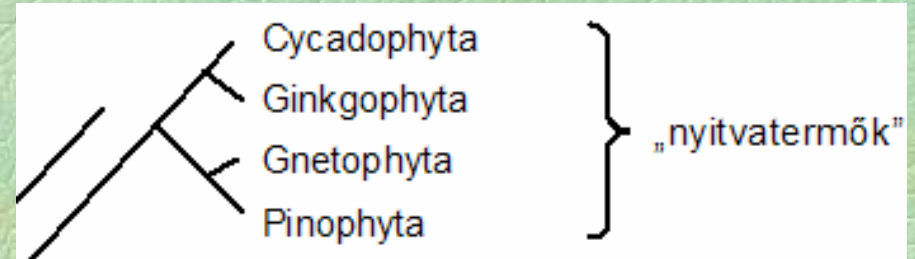
Az embriós növények leszármazása

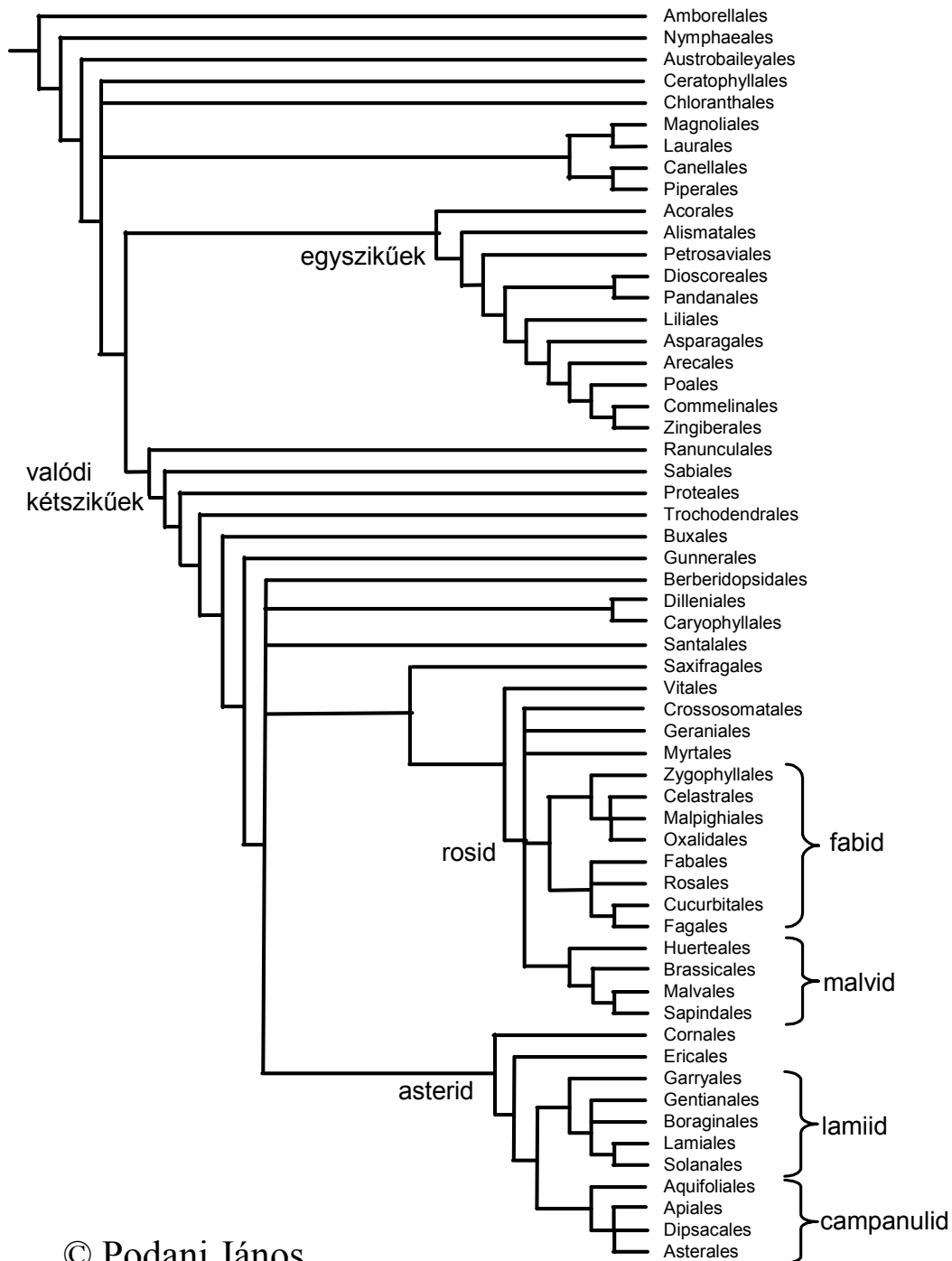
• parafiletikus
 csoportok:

- moha,
 haraszt,
 páfrány,
 nyitvatermők,
 kétszikűek

Nyitvatermők

- Parafiletikus csoport (ma élő képviselőik monofiletikusak)
- *Cycadophyta*, cikászok: sok ősi jelleg, kevés faj
- *Ginkgophyta*, ginkgófélék: egy faj
- *Gnetophyta*, leplesmagvúak: *Gnetales*, *Welwitschiales*, *Ephedrales*
- *Pinophyta*, toboztermők v. fenyőfélék: fajgazdag csoport





A zárvatermő növények (*Angiospermatophyta*)

- monofiletikusak
- nincs egyszikű – kétszikű dichotómia

Köszönöm a figyelmet!

