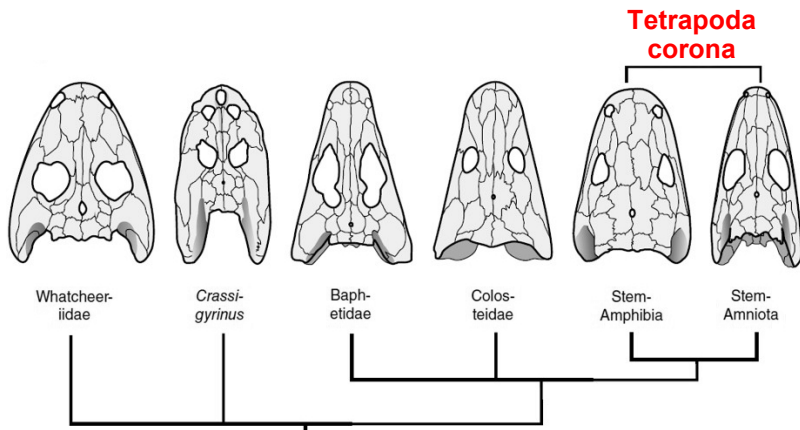


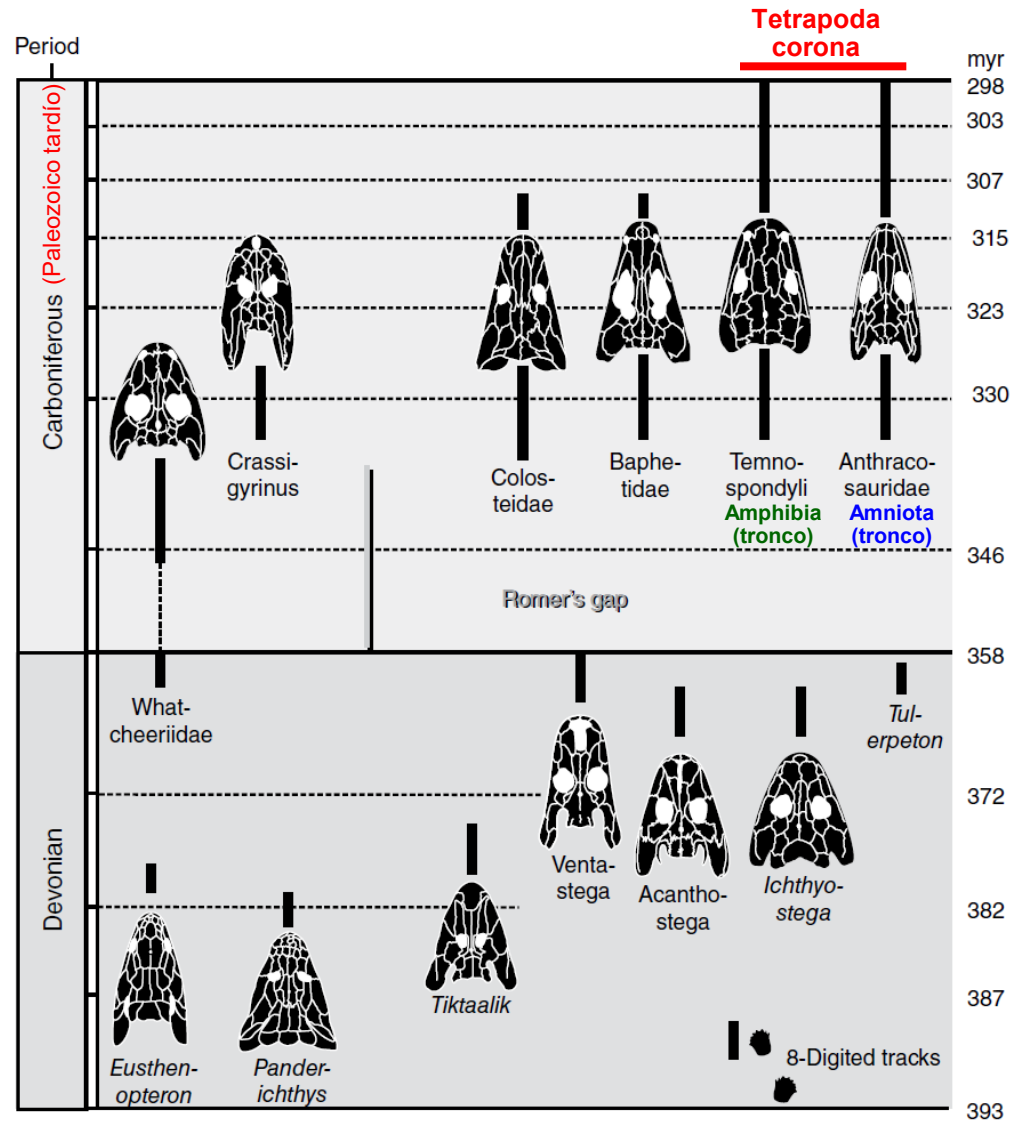
2.

Evolución, diversidad y morfología de Amphibia

Relaciones evolutivas entre tetrápodos tronco y tetrápodos corona

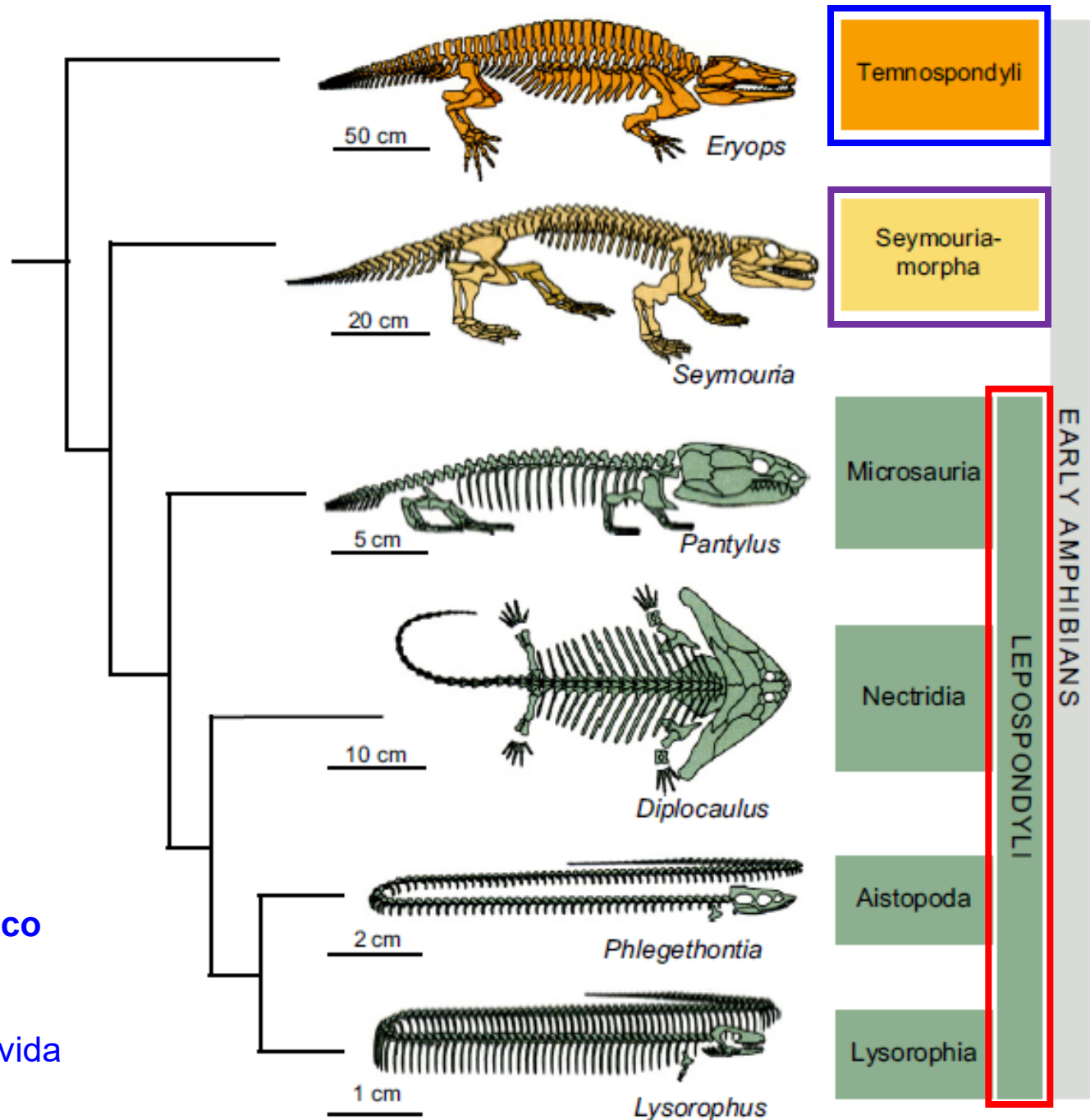


Rango estratigráfico (temporal)



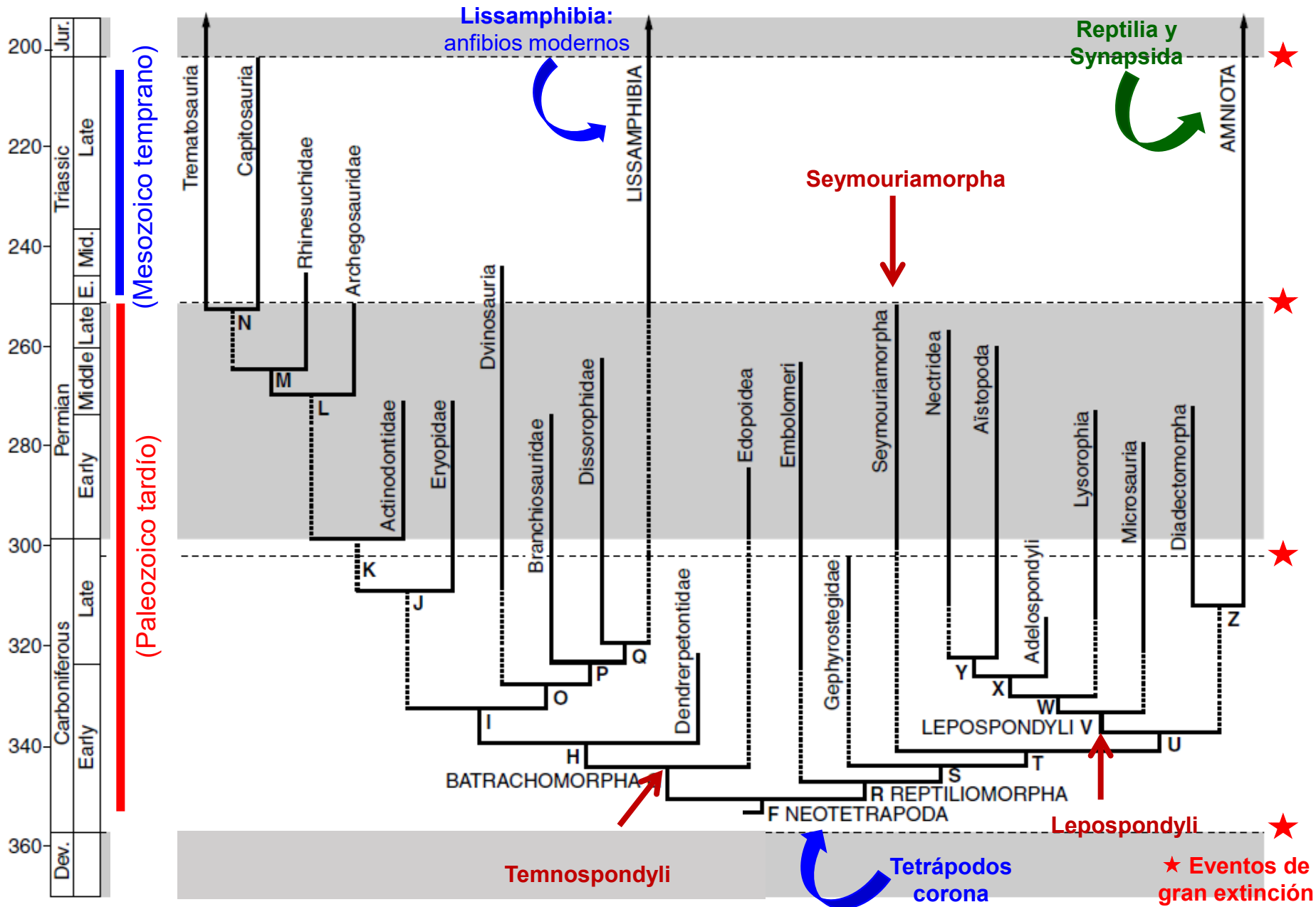
Schoch, R.R. 2014. Amphibian evolution. The life of early land vertebrates. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. 280 pp.

Primeros anfibios:
tres clados



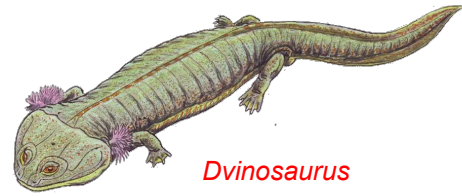
Grupo no monofilético

Concepto anfibios es
debido a su estilo de vida

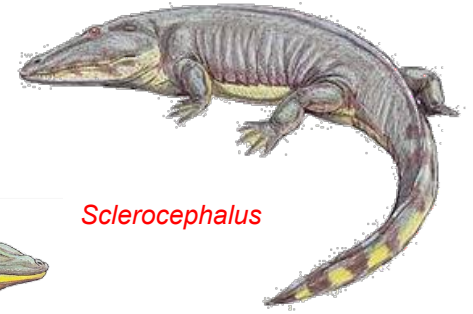


Temnospondyli (Batrachomorpha)

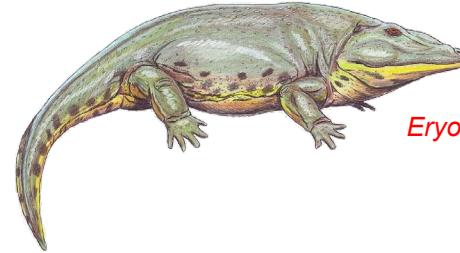
- +300 spp.
- 1-6 m de longitud
- Aspecto de salamandra
- **Grupo donde surgió Lissamphibia**



Dvinosaurus



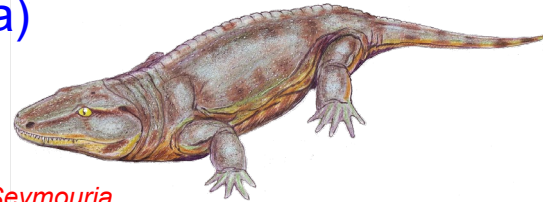
Sclerocephalus



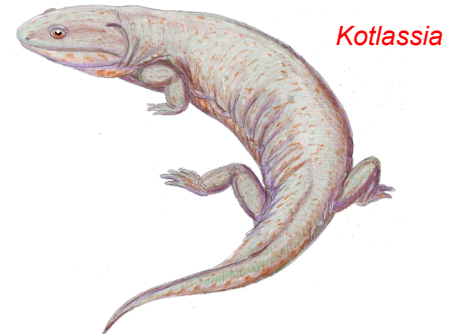
Eryops

Seymouriamorpha (Reptiliomorpha)

- 12 spp.
- 30-150 cm de longitud



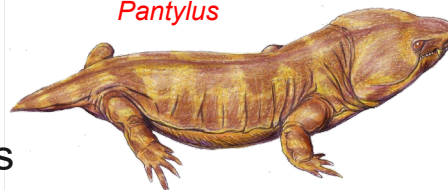
Seymouria



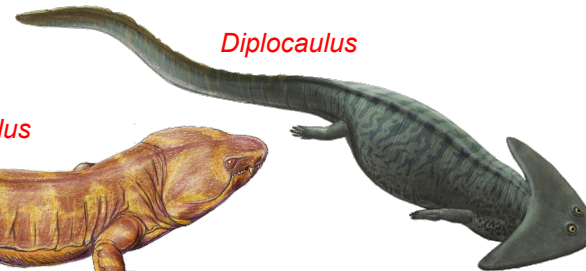
Kotlassia

Lepospondyli (Reptiliomorpha)

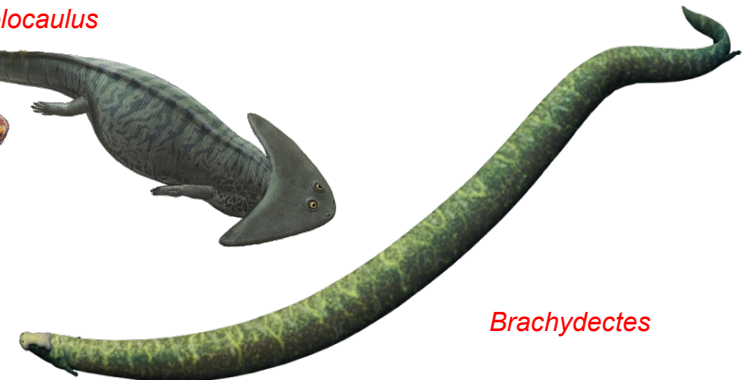
- 84 spp.
- 1-6 m de longitud
- Aspecto de salamandra
- Terrestres, acuáticos y anfibios



Pantylus

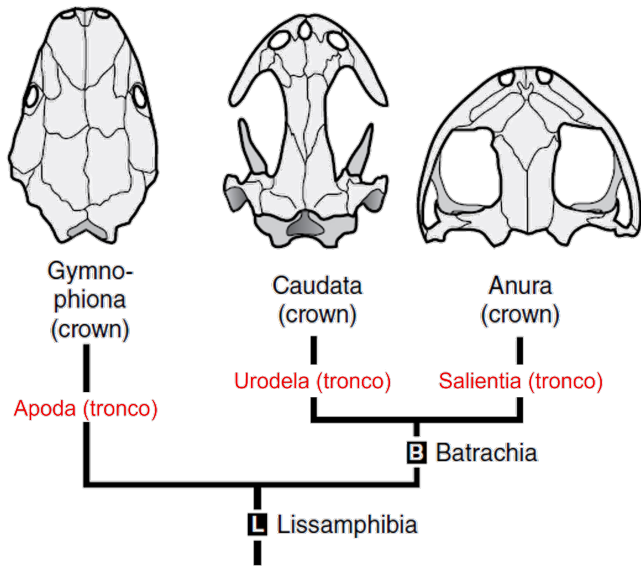


Diplocaulus



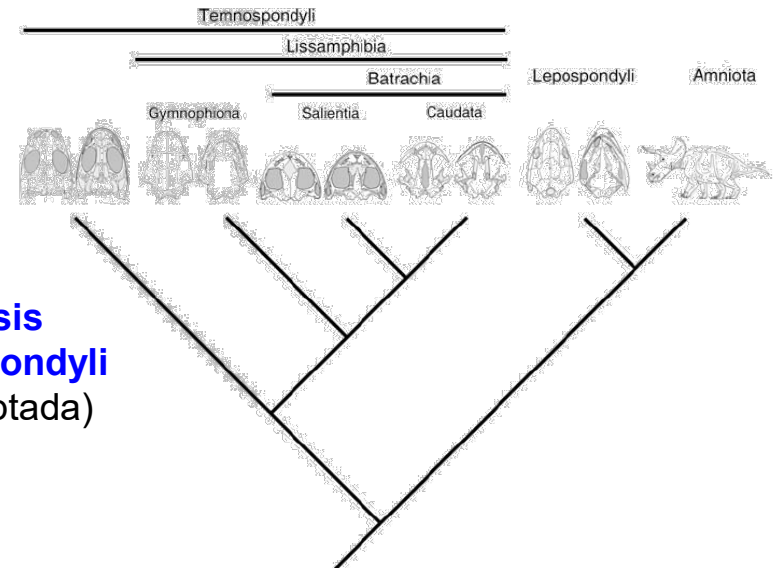
Brachydectes

Subclase Lissamphibia: anfibios modernos

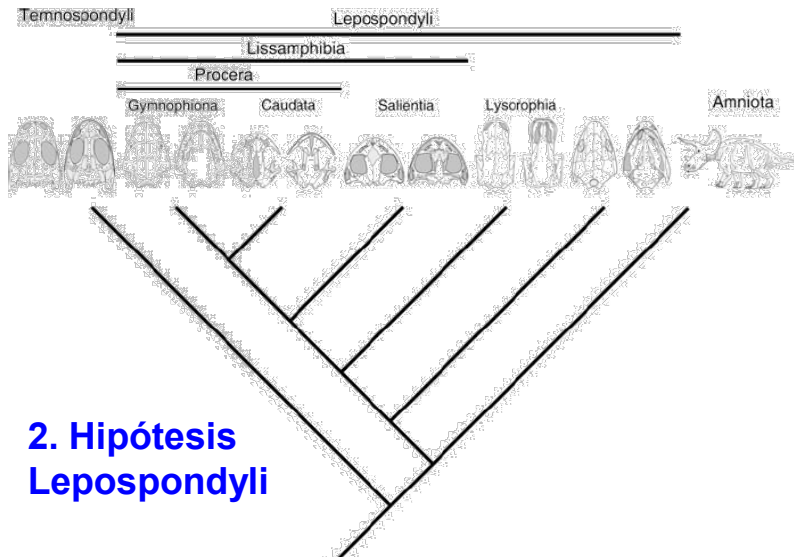


Tres hipótesis sobre origen de Lissamphibia

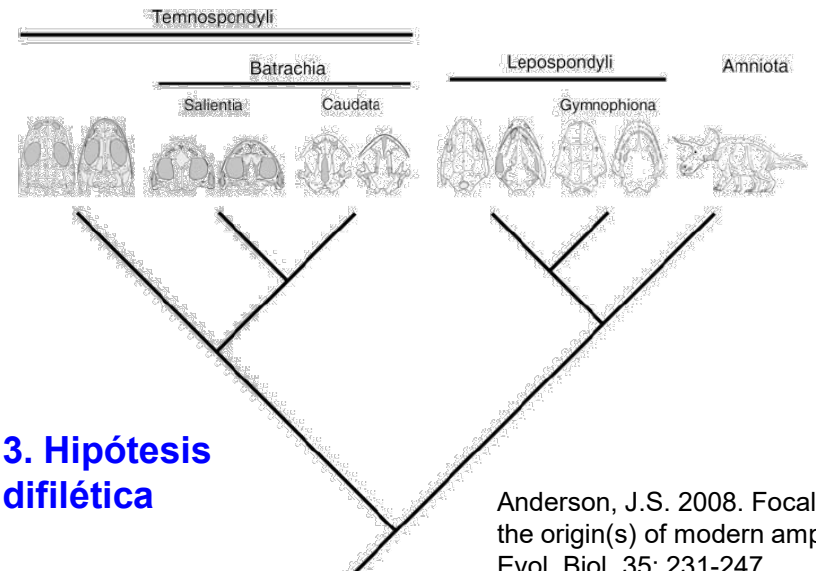
1. Hipótesis Temnospondyli (más aceptada)



2. Hipótesis Lepospondyli



3. Hipótesis difilética



Anderson, J.S. 2008. Focal review:
the origin(s) of modern amphibians.
Evol. Biol. 35: 231-247

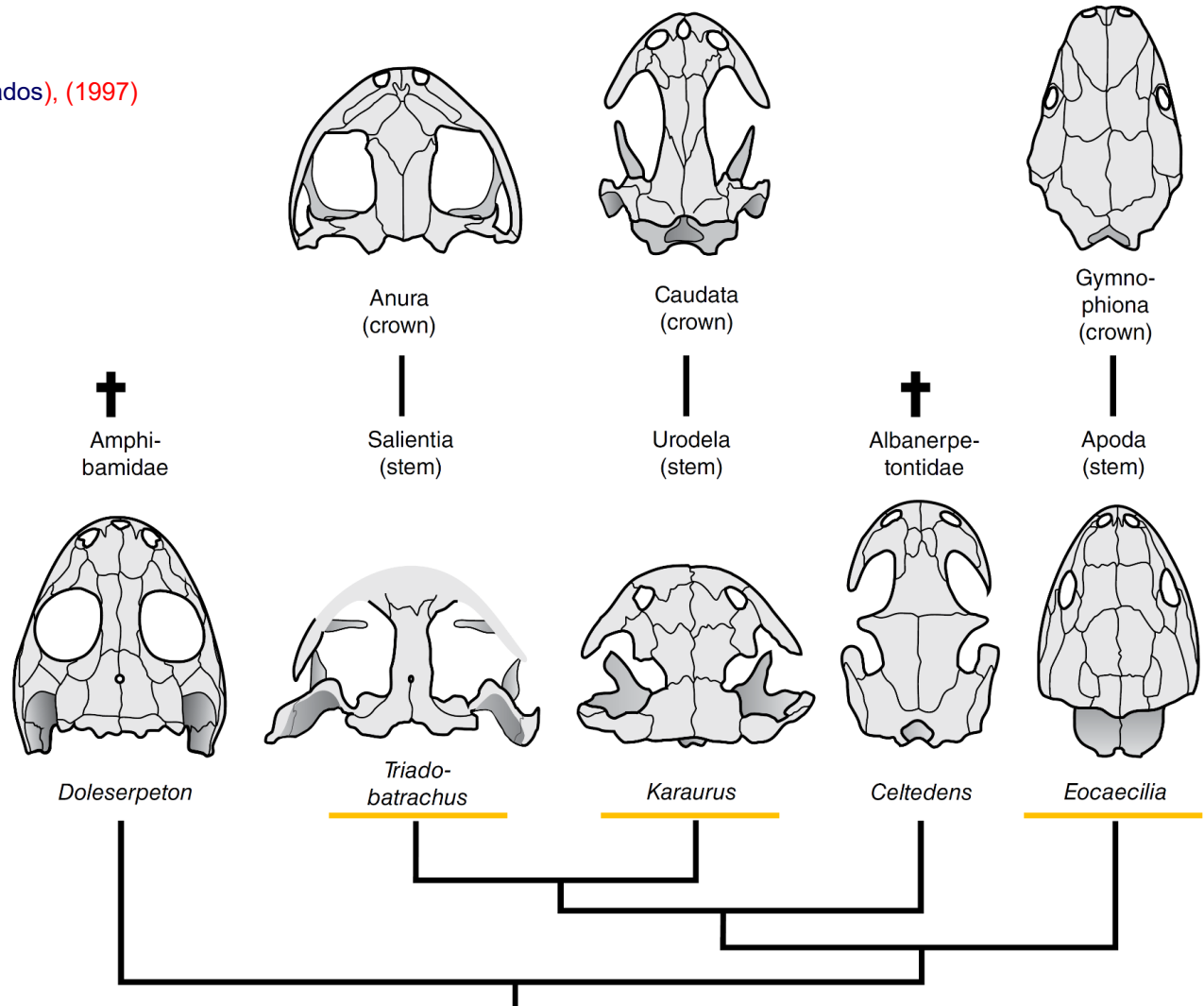
Hipótesis Temnospondyli (más aceptada)

Dissorophoidea (Temnospondyli)

Lissamphibia

Batrachia

Parsons & Williams (1963)
Bolt 1969 (*Doleserpeton* y dientes pedicelados), (1997)
Milner (1988, 1993)
Trueb & Coultier (1991)
Ruta & Coates (2003)

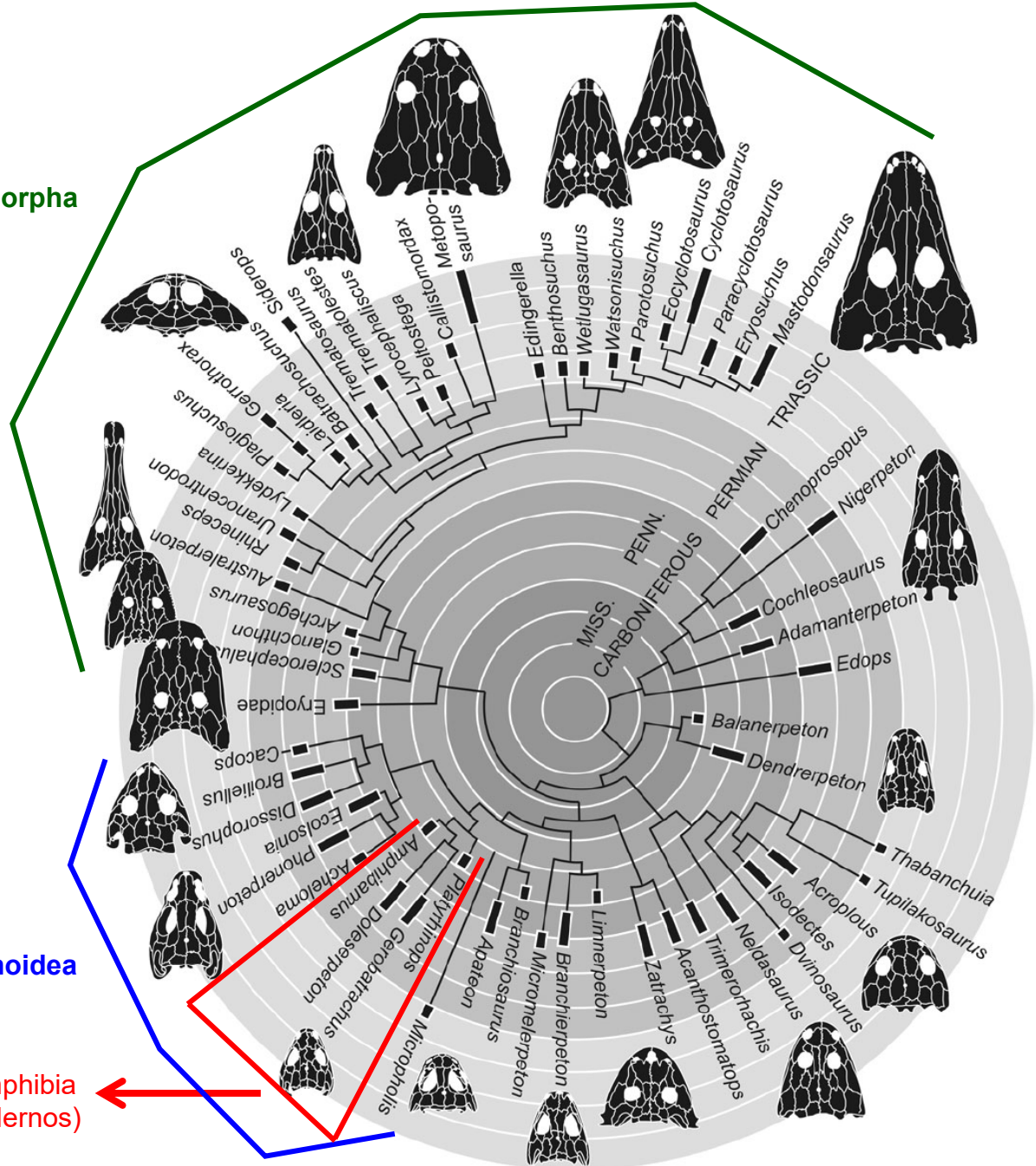


Schoch, R.R. 2014. Amphibian evolution. The life of early land vertebrates. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. 280 pp.

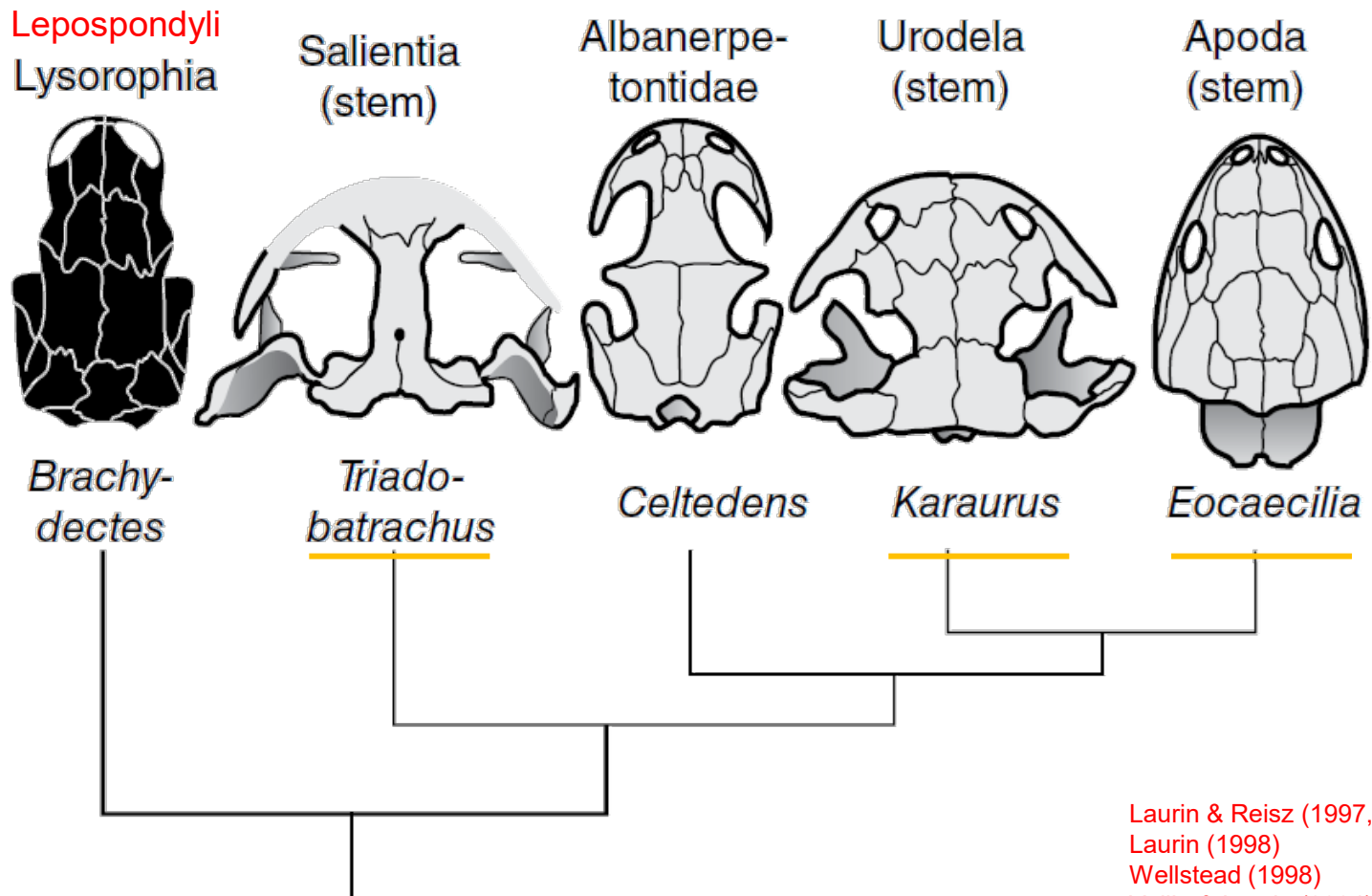
Temnospondyli



Hacia Lissamphibia
(anfibios modernos)

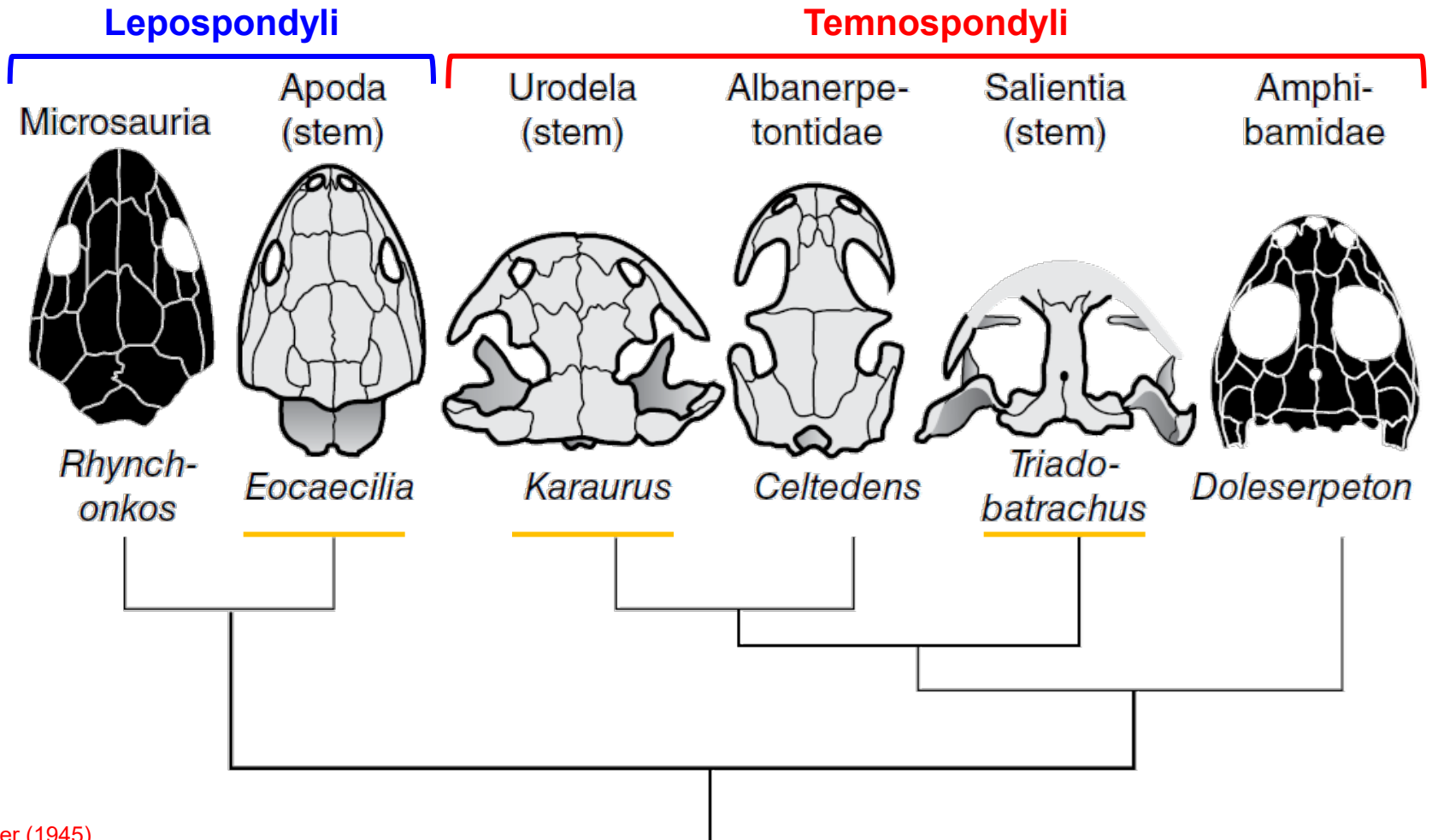


Hipótesis Lepospondyli



Laurin & Reisz (1997, 1999)
Laurin (1998)
Wellstead (1998)
Vallin & Laurin (2004)

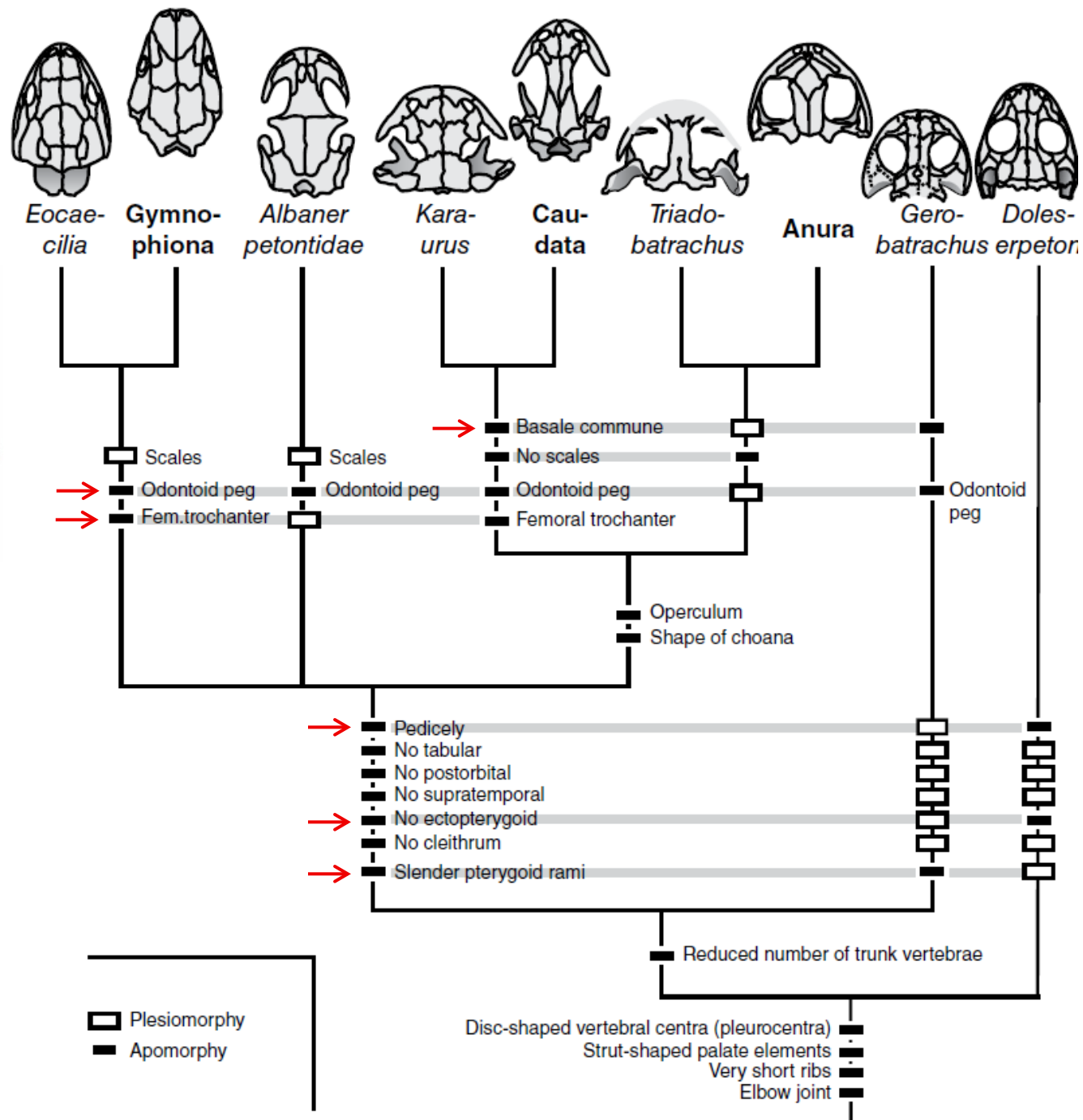
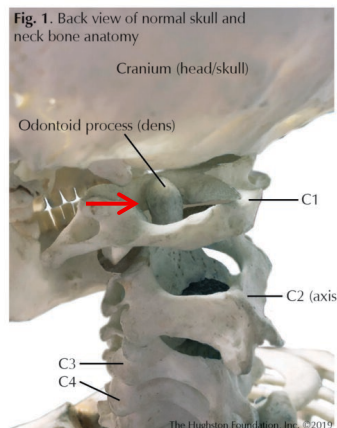
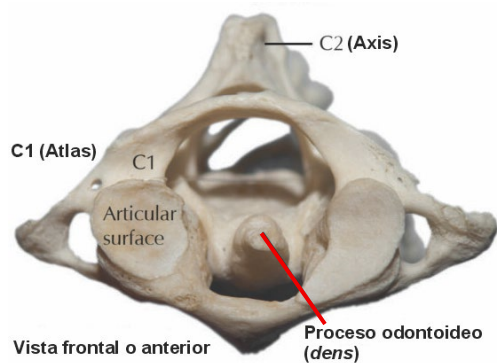
Hipótesis difilética



Romer (1945)
Carroll & Currie (1975)
Anderson (2007)
Carroll (2007)
Anderson *et al.* (2008)

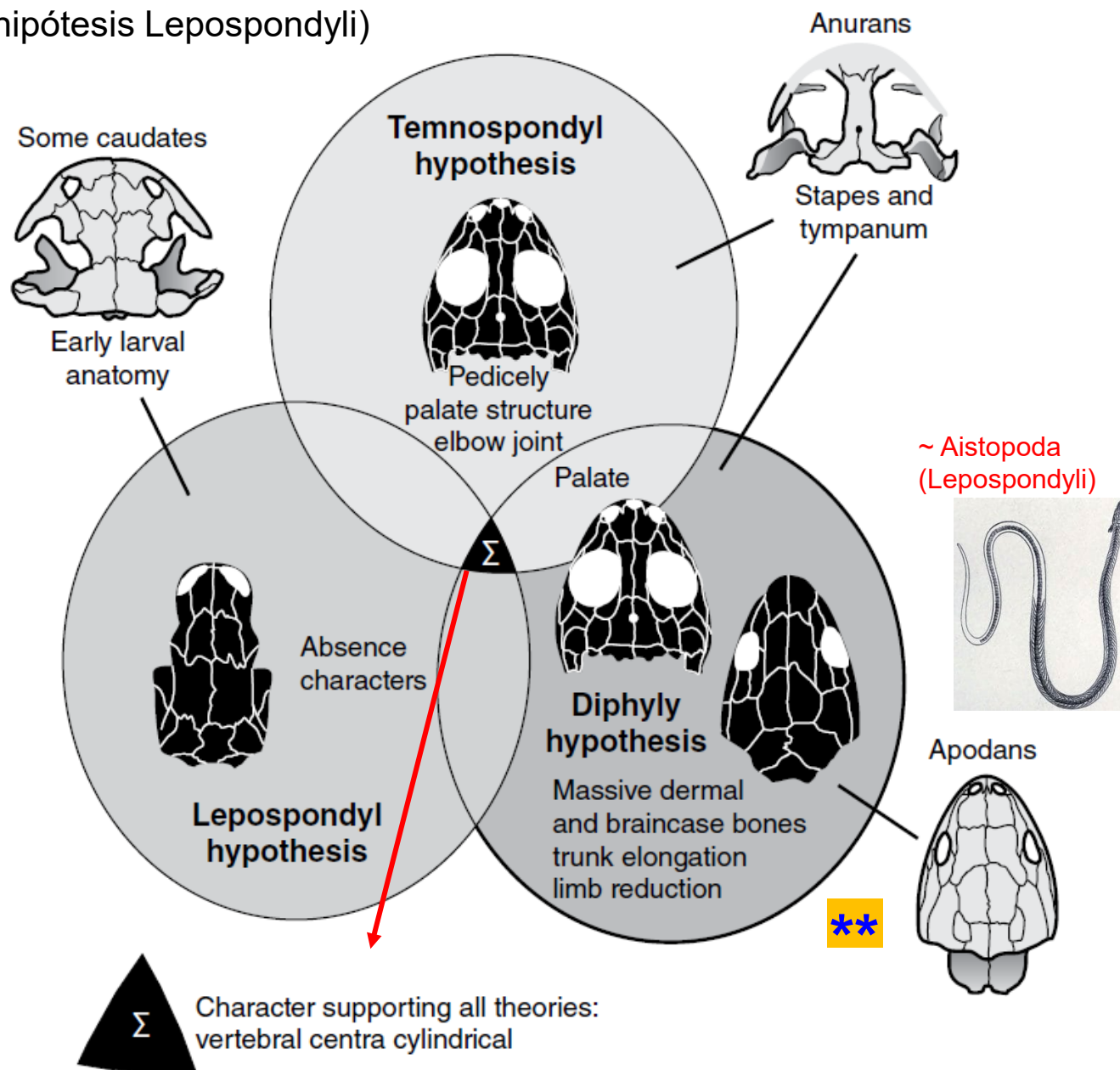
Schoch, R.R. 2014. Amphibian evolution. The life of early land vertebrates. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. 280 pp.

Soporte osteológico para la hipótesis Temnospondyli



Schoch, R.R. 2014. Amphibian evolution. The life of early land vertebrates. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. xi + 280 pp.

Caracteres que apoyan las distintas hipótesis (debilidad de hipótesis Lepospondyli)



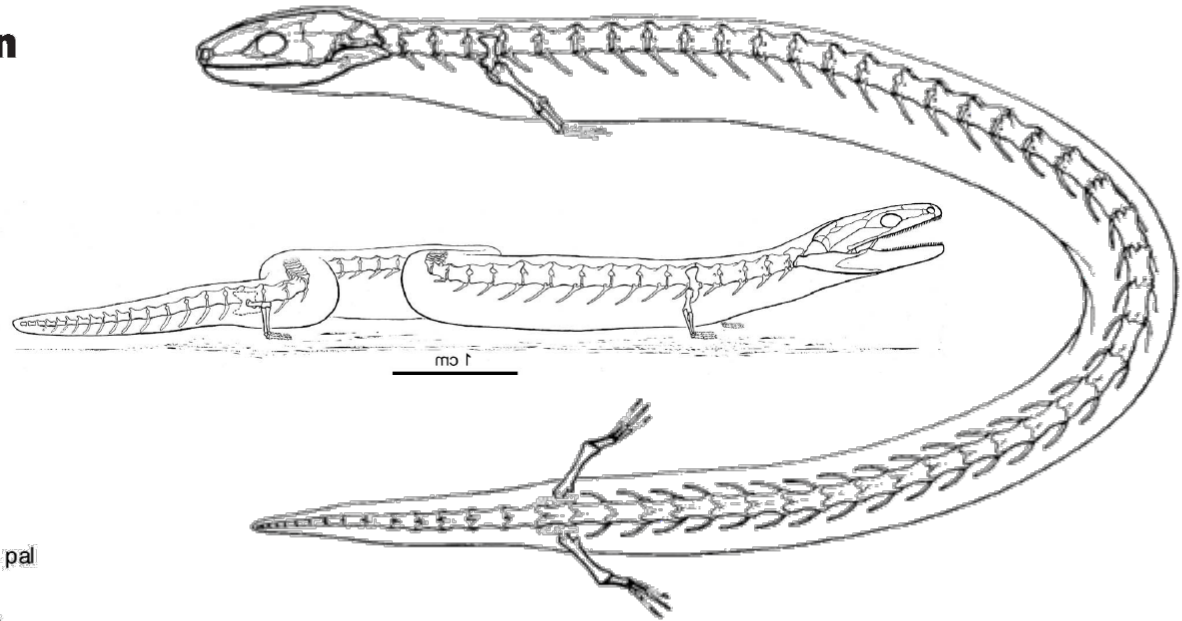
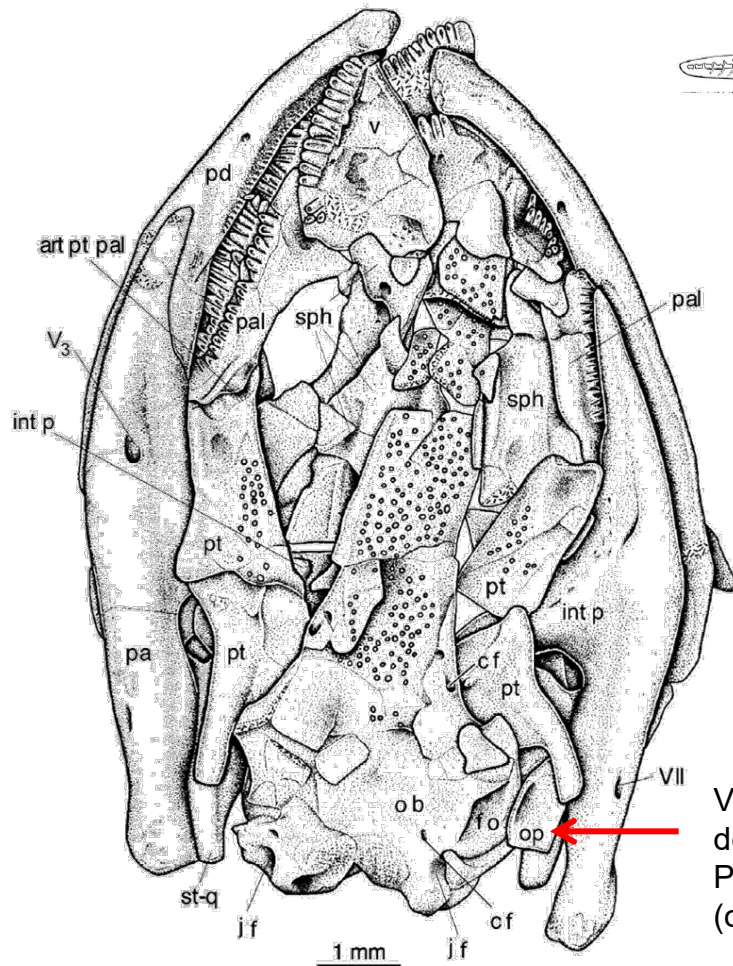
Schoch, R.R. 2014. Amphibian evolution. The life of early land vertebrates. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. xi + 280 pp.

** Datos que no apoyan hipótesis difilética

An Early Jurassic caecilian with limbs

Farish A. Jenkins Jr* & Denis M. Walsh†

NATURE · VOL 365 · 16 SEPTEMBER 1993



ANATOMY OF *EOCAECILIA MICROPODIA*, A LIMBED CAECILIAN OF THE EARLY JURASSIC

FARISH A. JENKINS, JR.,¹ DENIS M. WALSH,² AND ROBERT L. CARROLL³
Bull. Mus. Comp. Zool., 158(6): 285–366, August, 2007

Vista ventral del cráneo de *Eocaecilia*
Presencia del opérculo (op) (Jenkins *et al.* 2007)

Presencia de opérculo:

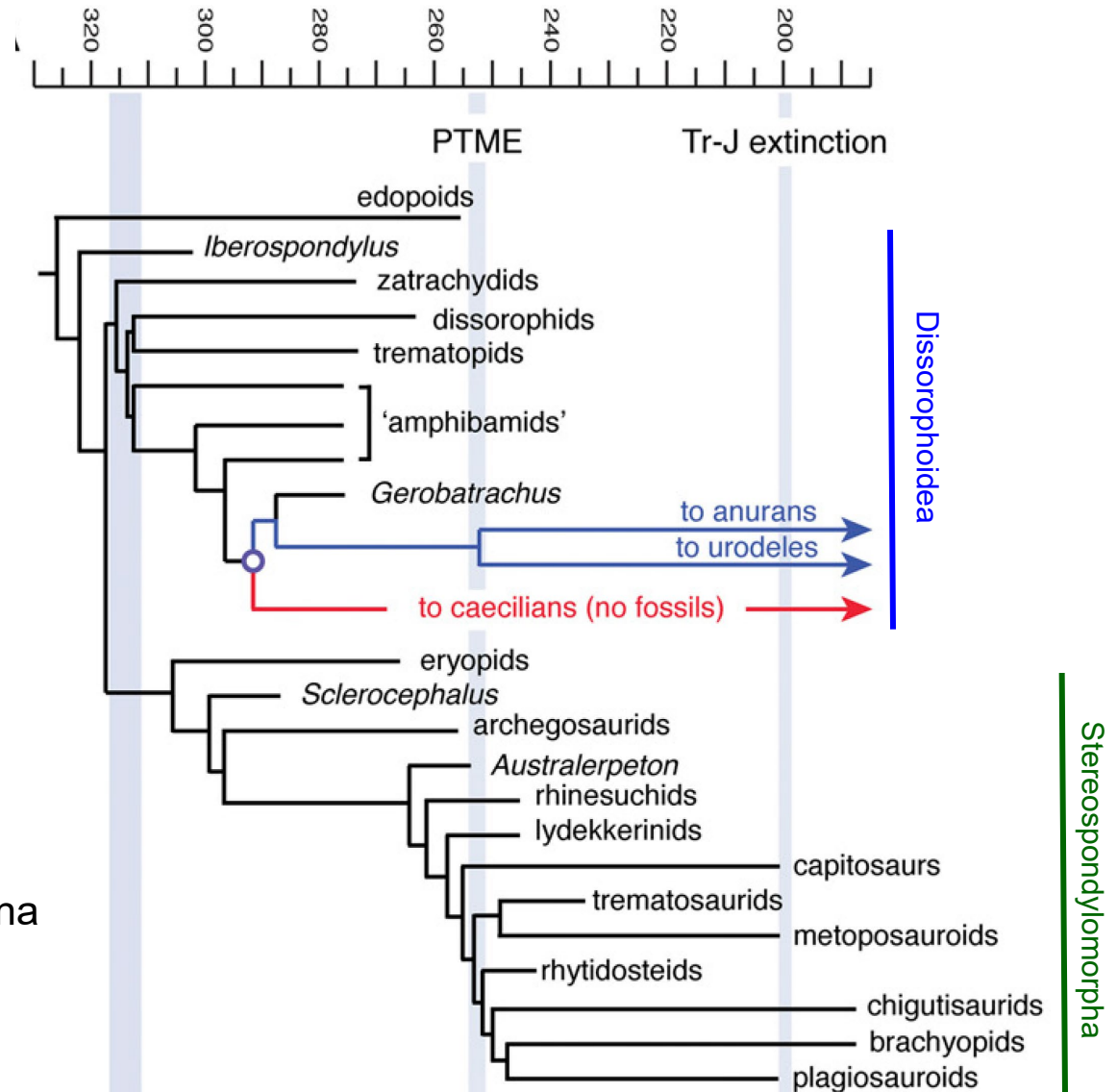
- Única Apoda (caecilia) con opérculo
- Lo poseen también los Batrachia
- Es una sinapomorfía de Lissamphibia

Sin discutir su origen Temnospondyli...

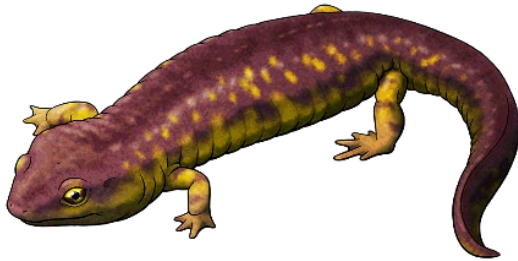
Pardo et al. (2017)
propusieron una nueva
hipótesis sobre las
relaciones entre salamandras,
anuros y caecilias

Pardo et al. 2017. Stem caecilian from
the Triassic of Colorado sheds light on
the origins of Lissamphibia. Proc. Natl.
Acad. Sci. USA 114: E5389-E5395

Recordando...
Hipótesis tradicional:
Lissamphibia
(Anura + Caudata) + Gymnophiona



Descripción de *Chinlestegophis jenkinsi* (relacionada con cecilias)



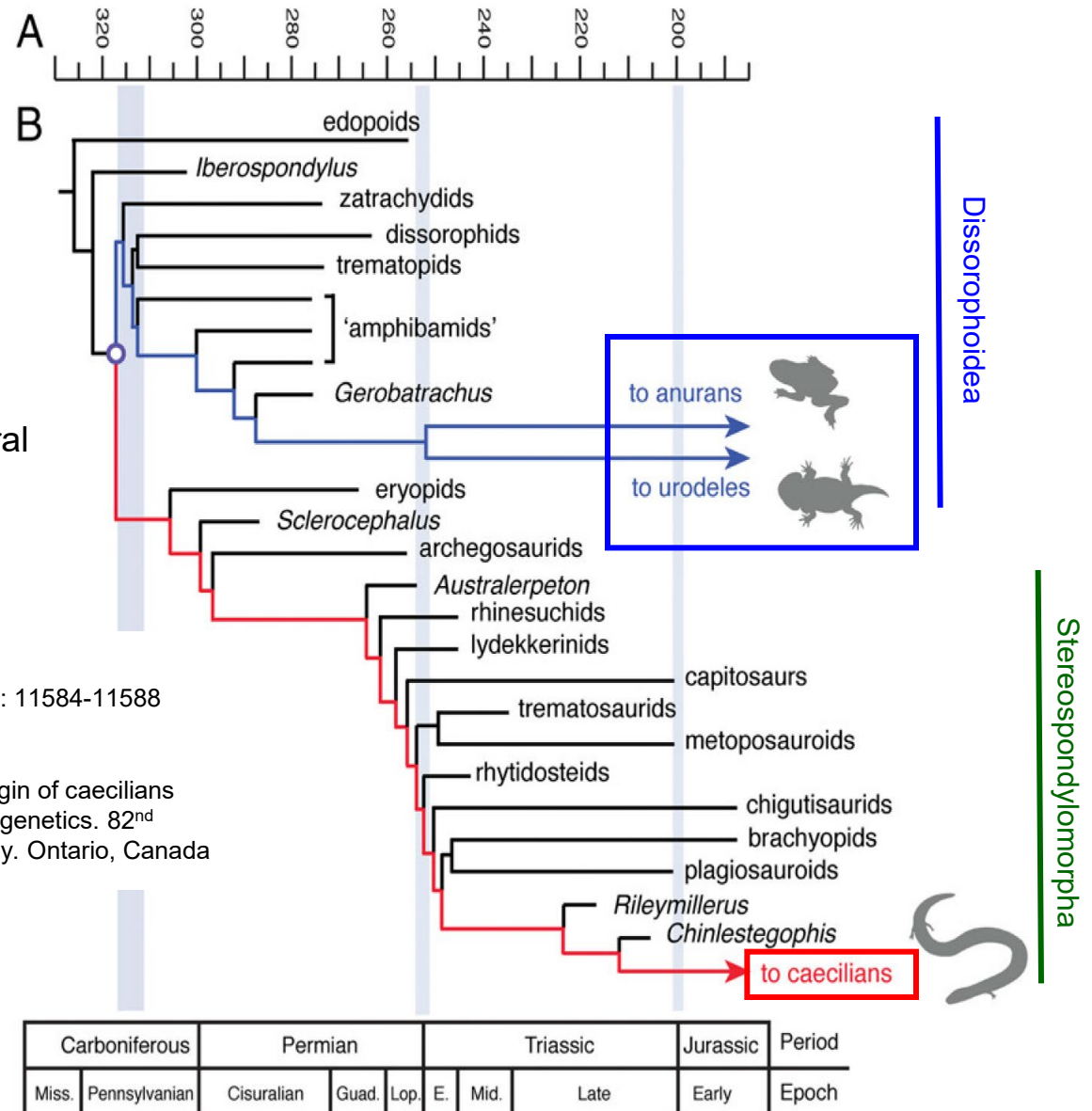
Hipótesis nueva

Lissamphibia = no es un grupo natural

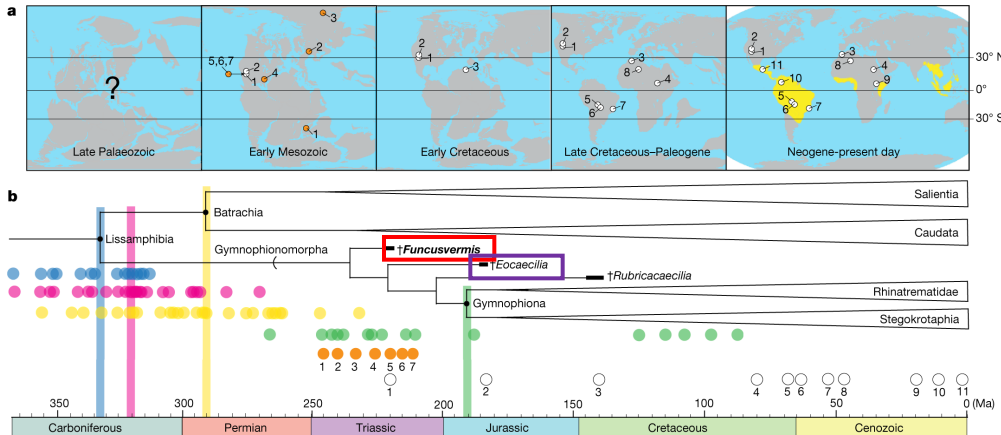
Pardo et al. (2017): poco apoyo para ser concluyente (varios trabajos)

- Santos et al. 2020. Biol. J. Linn. Soc. 131: 737-755
- Schoch et al. 2020. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 117: 11584-11588
- Daza et al. 2020. Science 370: 687-691
- Marjanović et al. 2022. *Chinlestegophis* and the origin of caecilians (Gymnophiona, Lissamphibia): a case study in phylogenetics. 82nd Annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology. Ontario, Canada

Pardo et al. 2017. Stem caecilian from the Triassic of Colorado sheds light on the origins of Lissamphibia. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 114: E5389-E5395



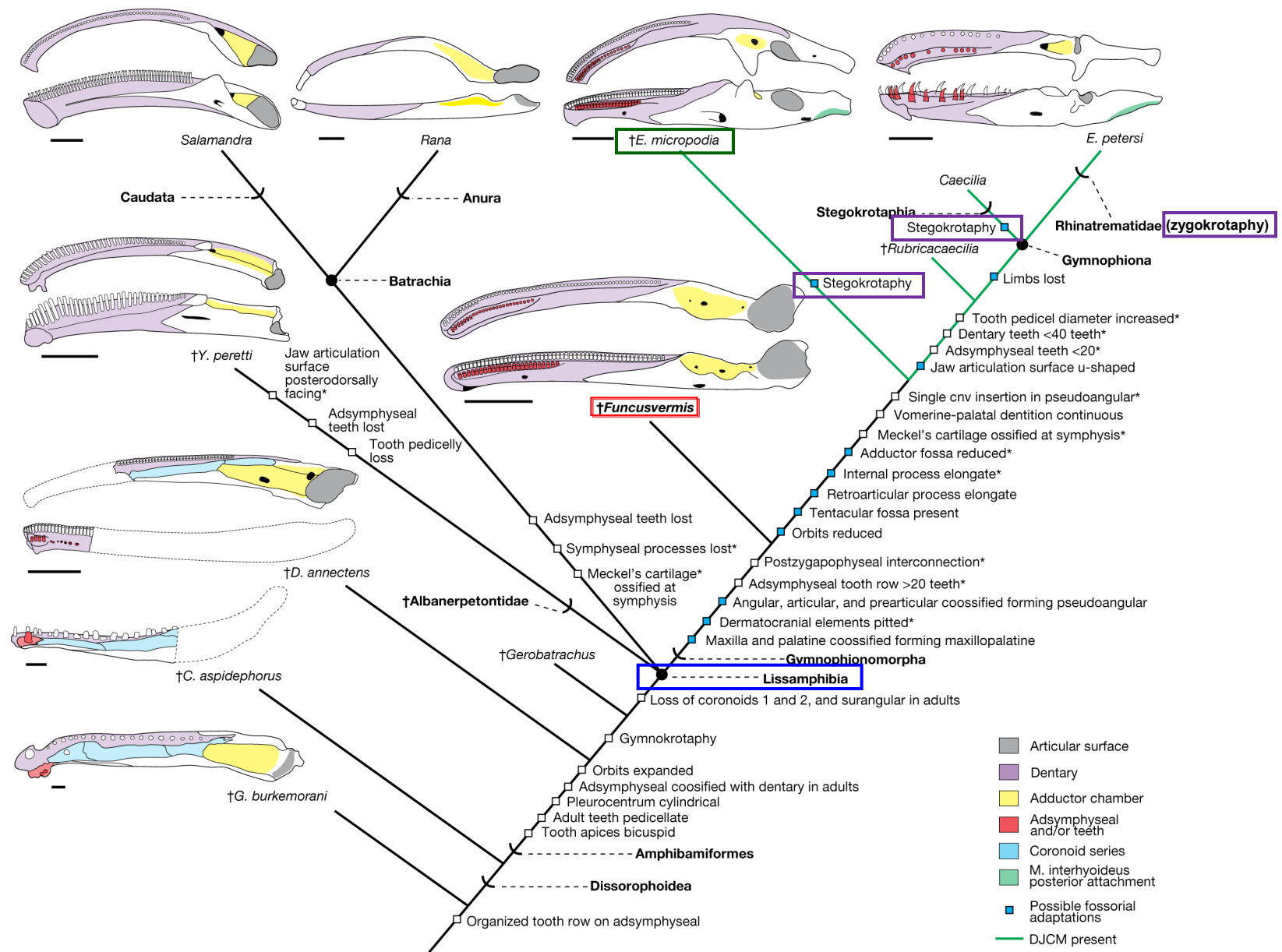
Funcusvermis gilmorei (Lissamphibia: Apoda) Kligman et al. (2023)



Funcusvermis gilmorei (periodo Triásico): 35 millones más antigua que *Eocaecilia micropodia* (periodo Jurásico)

Kligman, B.T., Gee, B.M., Marsh, A.D., Nesbitt, S.J., Smith, M.E., Parker, W.G. & Stocker, M.R. 2023. Triassic stem caecilian supports dissorophoid origin of living amphibians. *Nature* 614: 102-107





Historia evolutiva del *ramus mandibular* de Lissamphibia

Kligman et al. 2023. Triassic stem caecilian supports dissorophoid origin of living amphibians. Nature 614: 102-107

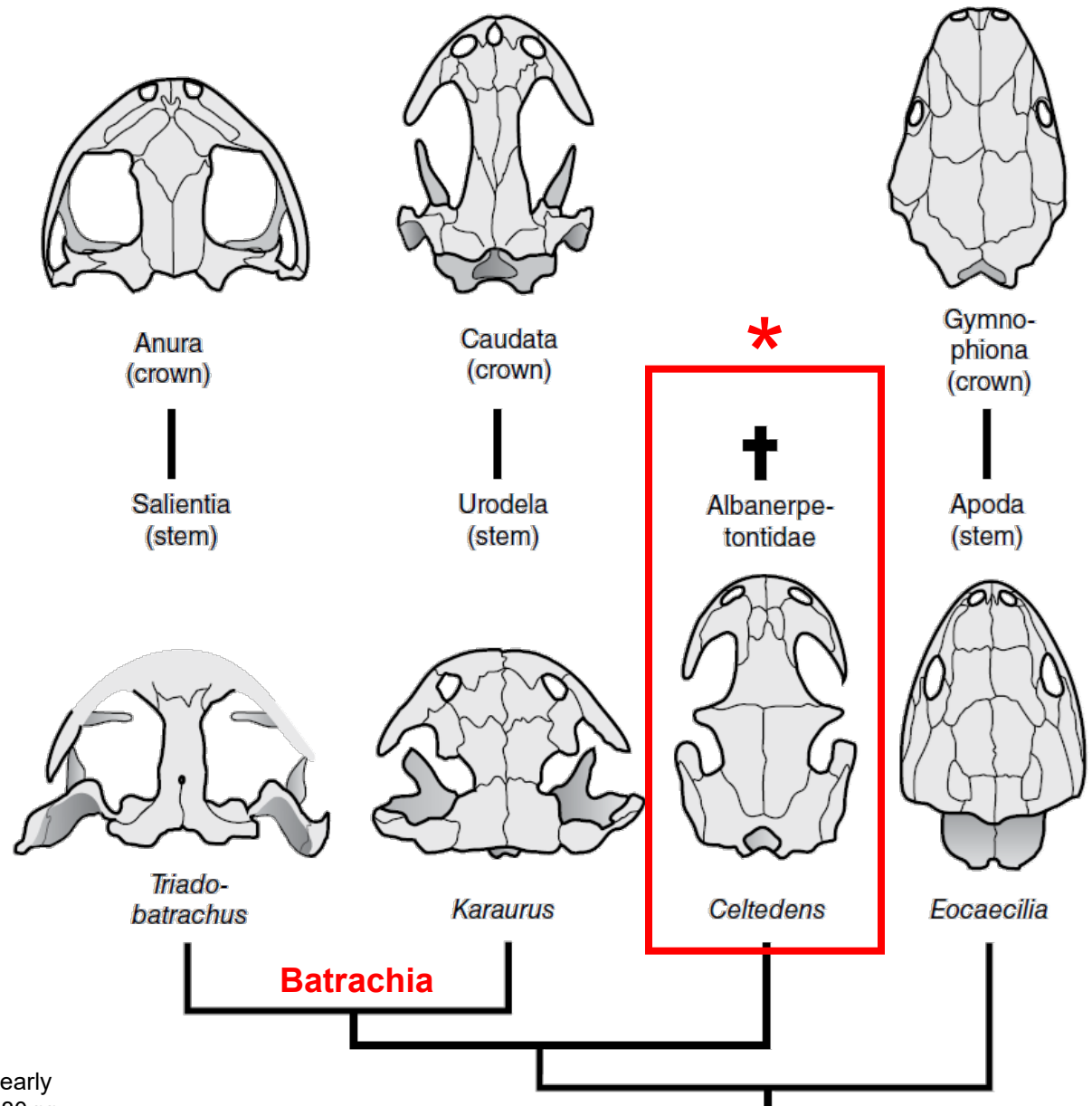
Lissamphibia: anfibios modernos

- Grupo altamente diverso: morfología, ecología, evolución
- Actualmente: 8909 spp.
(Frost 2025-Amphibian Species of the World, 12/08/ 2025)



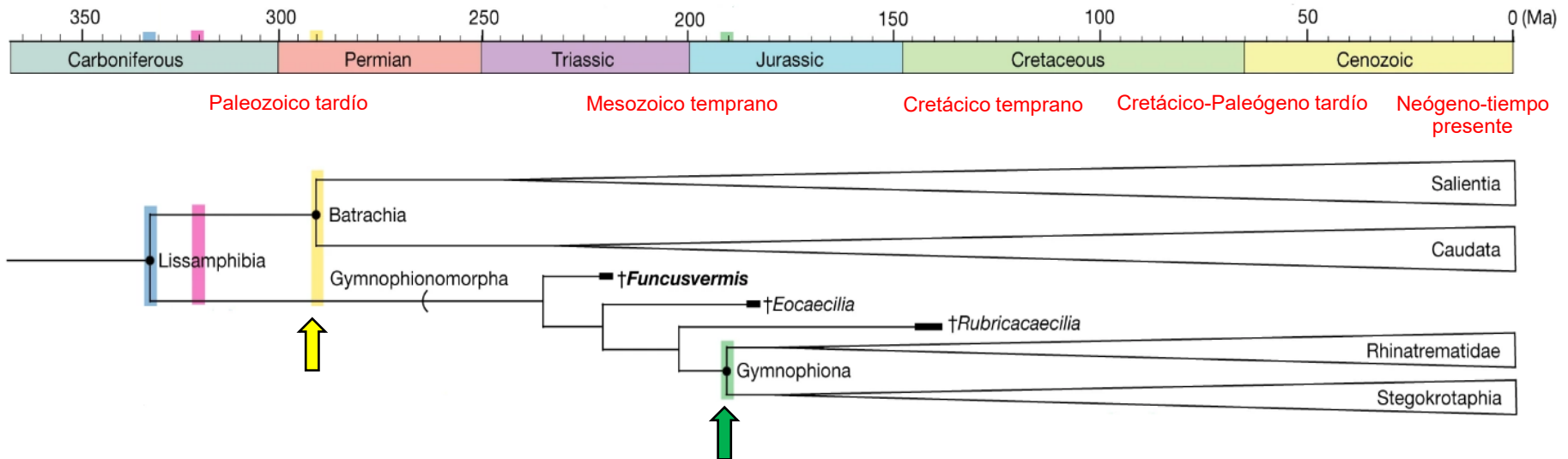
Lissamphibia: anfibios modernos

Cuatro clados* de anfibios descendientes de un ancestro común del Carbonífero tardío (~300 m.a.)

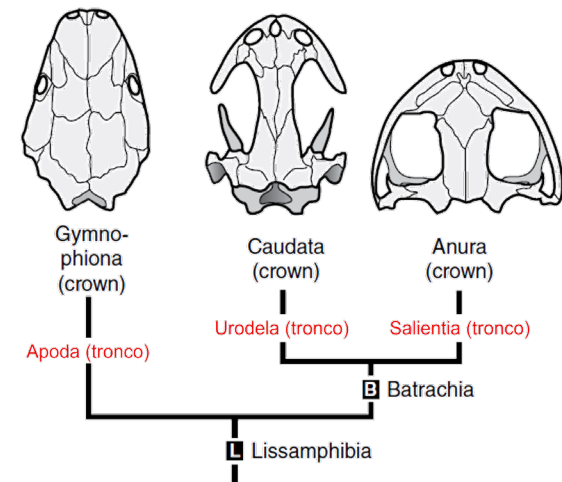


¿Qué es Lissamphibia?

- Linaje de anfibios descendientes de un ancestro común del Carbonífero temprano (~330 m.a.)



- **Lissamphibia**: linaje monofilético
 - Sinapomorfías que evidencian la ancestría común
- Cada clado, desde su divergencia, con características derivadas únicas (sinapomorfías)



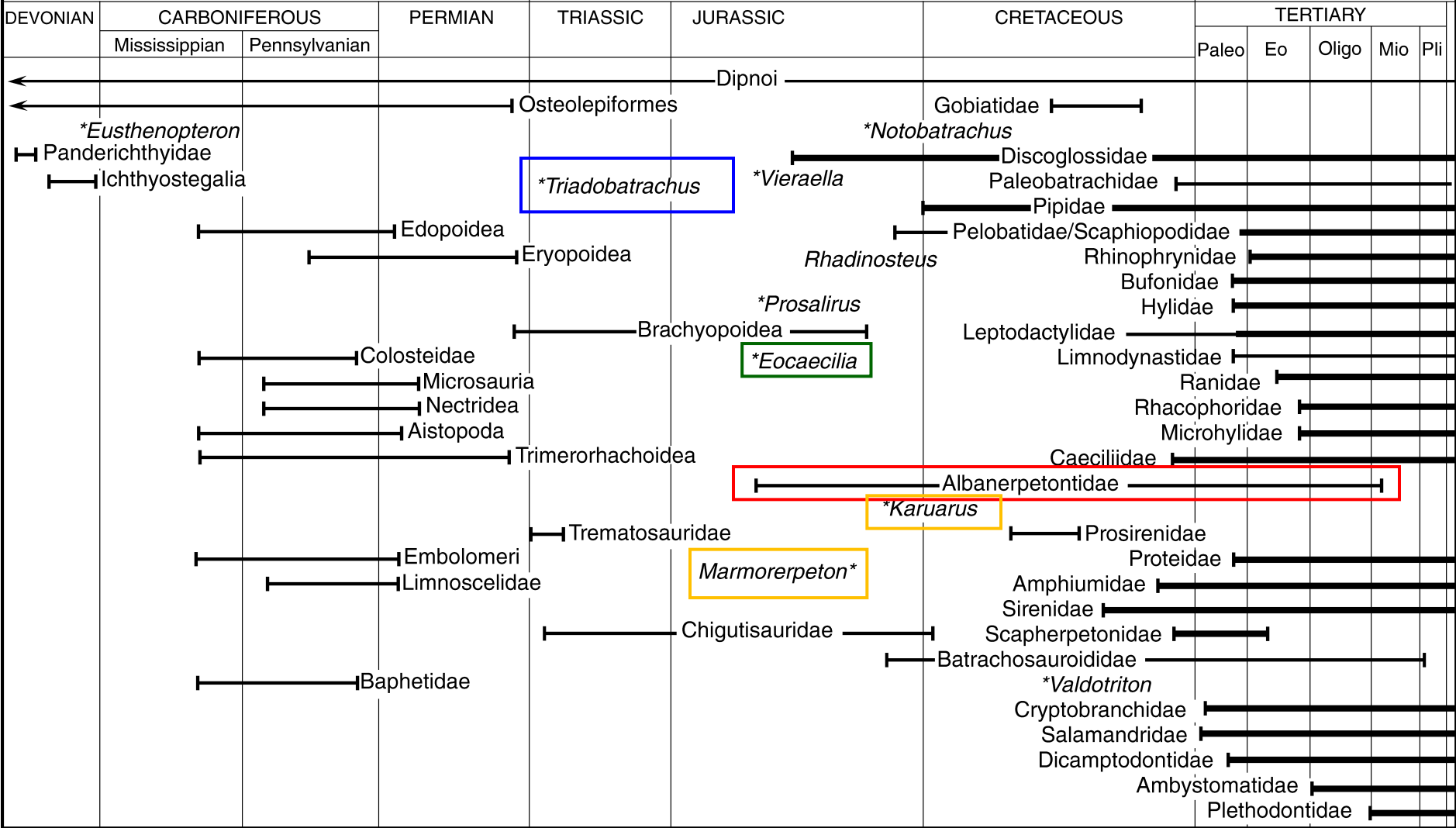
Millions of years before present

350 300 250 200 150 100 50 0

PALEOZOIC

MESOZOIC

CENOZOIC



Salientia

Urodela

Apoda

Allocaudata

Vitt, L.J. & Caldwell, J.P. 2014. Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles. Fourth edition. Elsevier, London. 757 pp.

Sachatamia albomaculata



Ambystoma jeffersonianum



Albanerpeton



Caecilia volcani

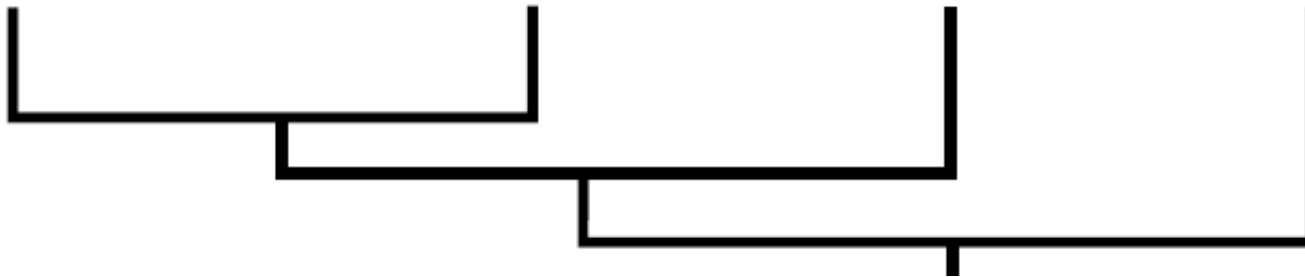


Salientia:
Anura

Urodela:
Caudata

† Allocaudata:
Albanerpetidae

Apoda:
Gymnophiona



A pesar de sus diferencias morfológicas

- Características morfológicas sinapomórficas
- Características generales que los unifican (no sinapomórficas)

Características generales

- Animales pequeños en comparación con la mayoría de tetrápodos paleozoicos
 - Mayoría ≤ 100 mm. **Excepciones***
- Ectotermos
- Integumento rico en glándulas
 - Piel permeable; órgano respiratorio accesorio (primario: pulmones)
 - Necesidad de humedad mediada por secreción glandular
- Esqueleto pobremente osificado
- Número reducido de huesos dérmicos craneales y de cintura pectoral comparado con tetrápodos basales)
 - **Cráneo:** <50% de huesos presentes en temnospóndilos



* *Andrias davidianus* (China, 1.8 m)



* *Andrias japonicus* (Japón, 1.5 m)

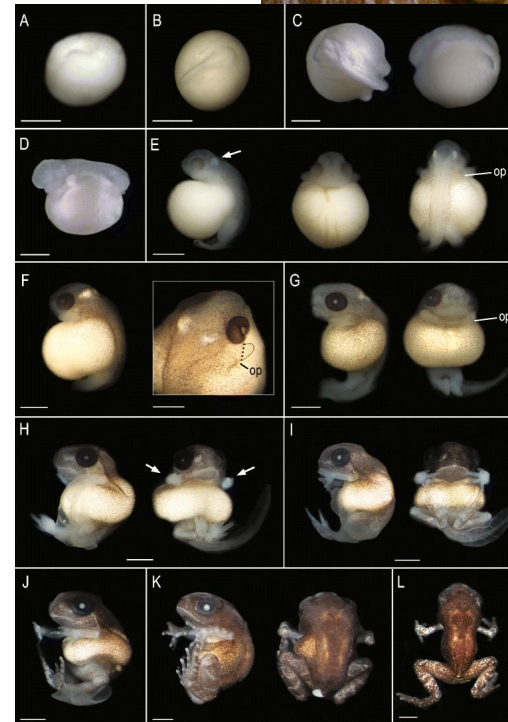
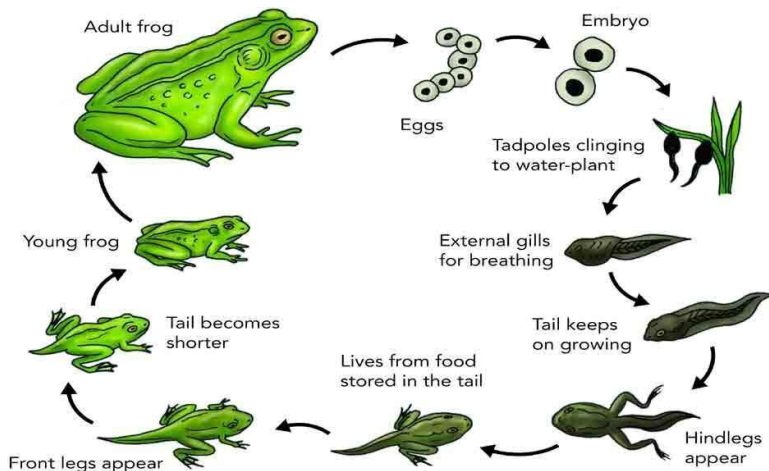
- Muchas características relacionadas con la reproducción y la ontogenia

- **Reproducción**

- Dependiente total (ancestral)
- Parcial del agua (derivada)
- Humedad: desarrollo directo (derivado)

- **Metamorfosis**

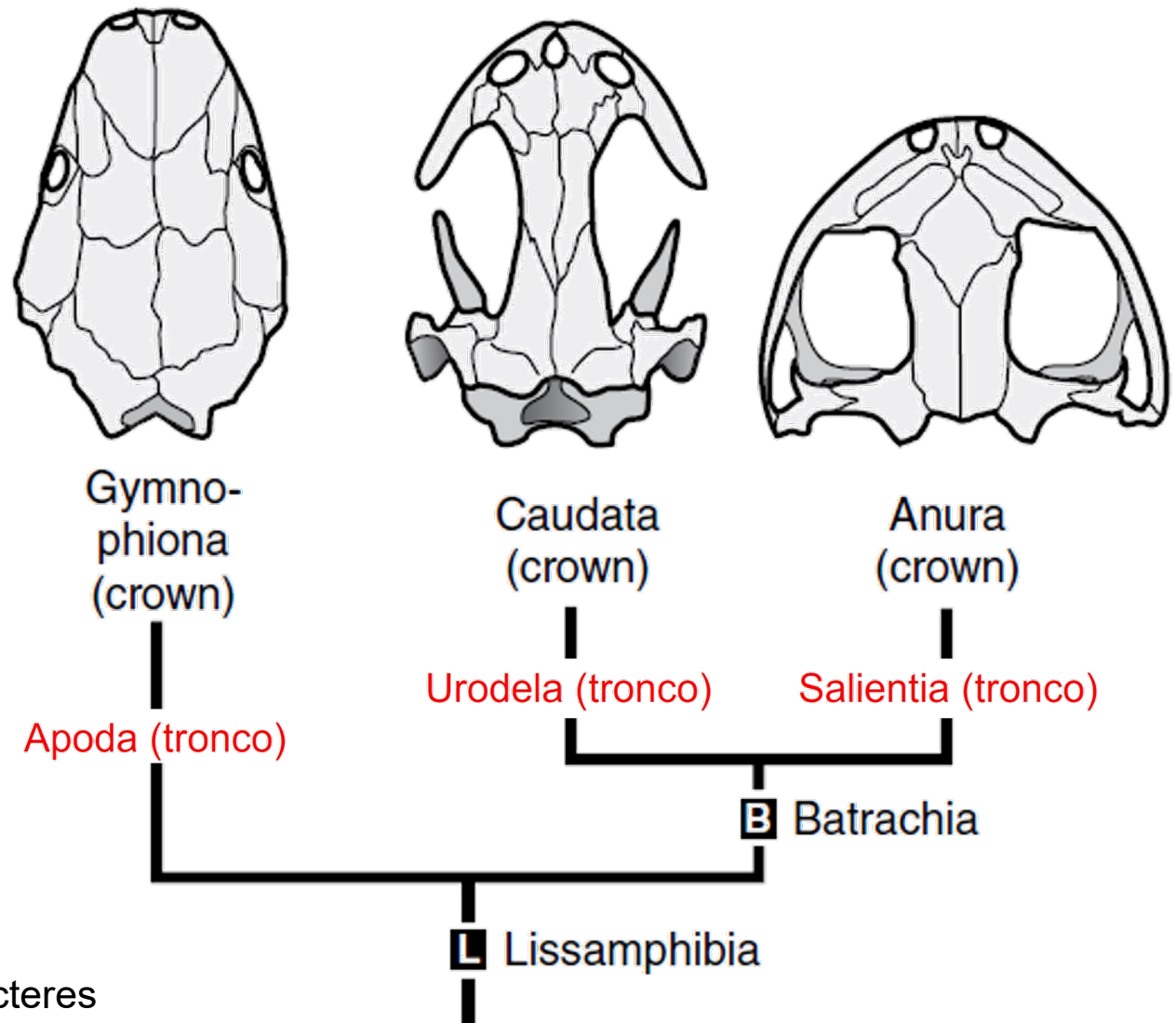
- Vida bifásica: larva acuática → adulto terrestre (ancestral)
- **Desarrollo directo** (derivado)



Desarrollo directo en
Arthroleptis wahlbergii

Monofilia de Lissamphibia

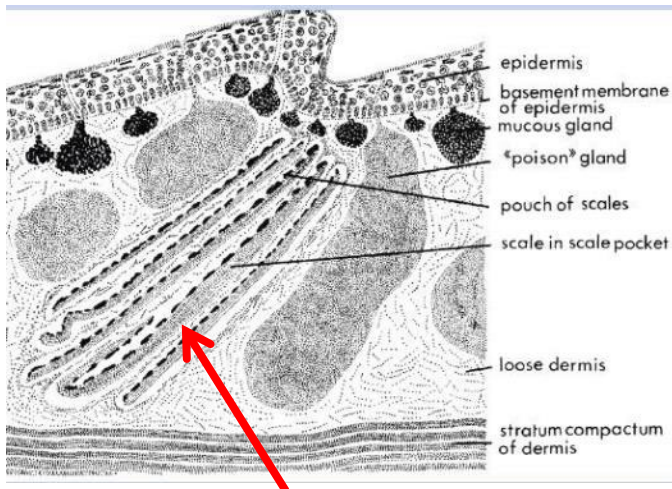
Partiendo de aquí...



Topología soportada en caracteres
osteológicos, de tejidos suaves y moleculares

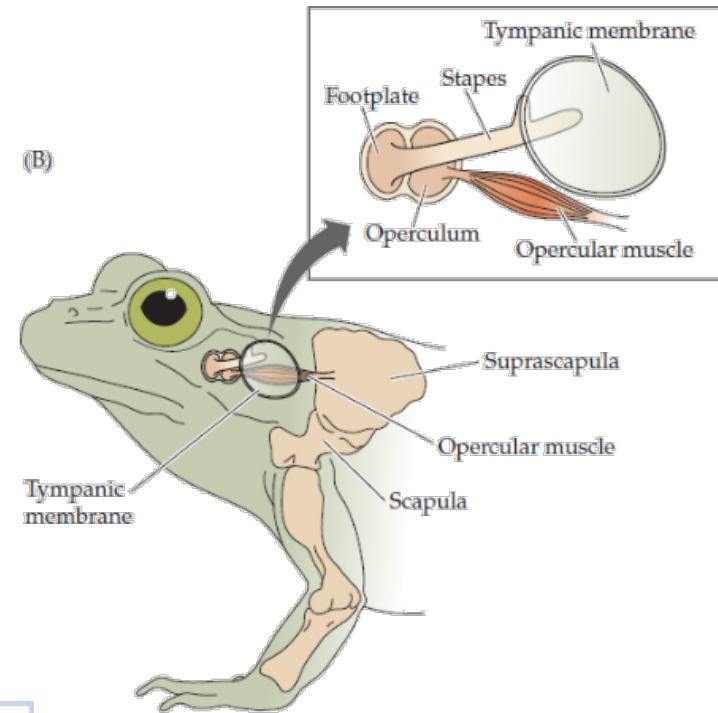
Siguiendo hipótesis tradicional...

- Presencia de aparato opercular (opérculo + músculo opercular)
- Escamas dérmicas ausentes (presentes en Gymnophiona – depositadas entre los anillos primarios)

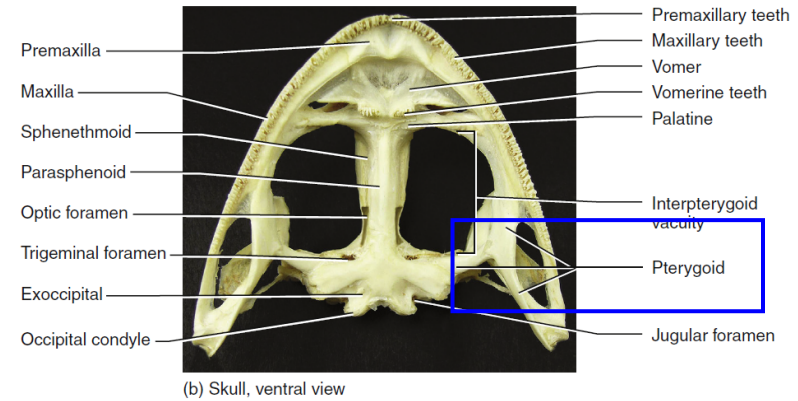
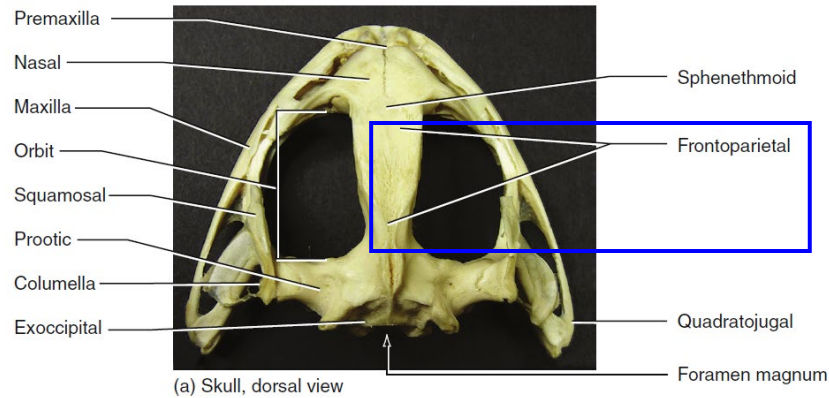


Escamas dérmicas en Gymnophiona

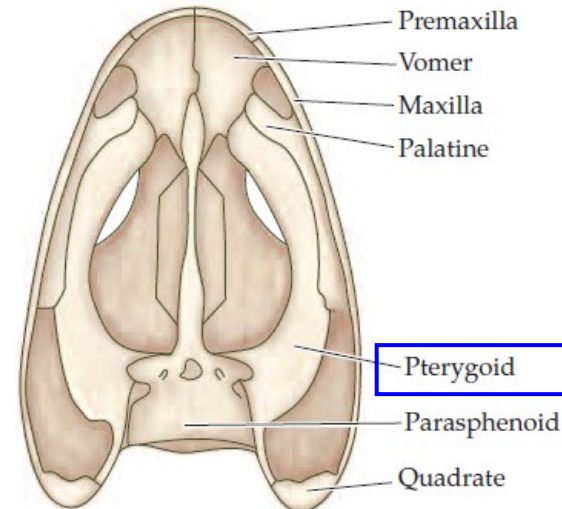
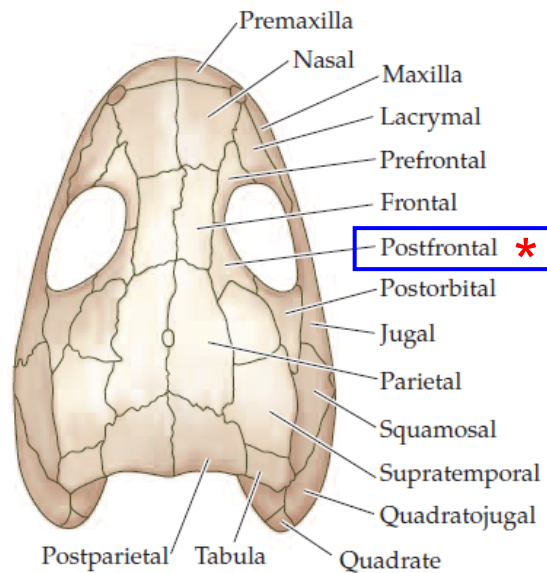
Batrachia: Salientia + Urodela



- Ausencia de huesos **posfrontal** (cráneo) y **ectopterigoide** (región posterior mandíbula superior); * **presentes en Gymnophiona**



Huesos craneales presentes en Anura

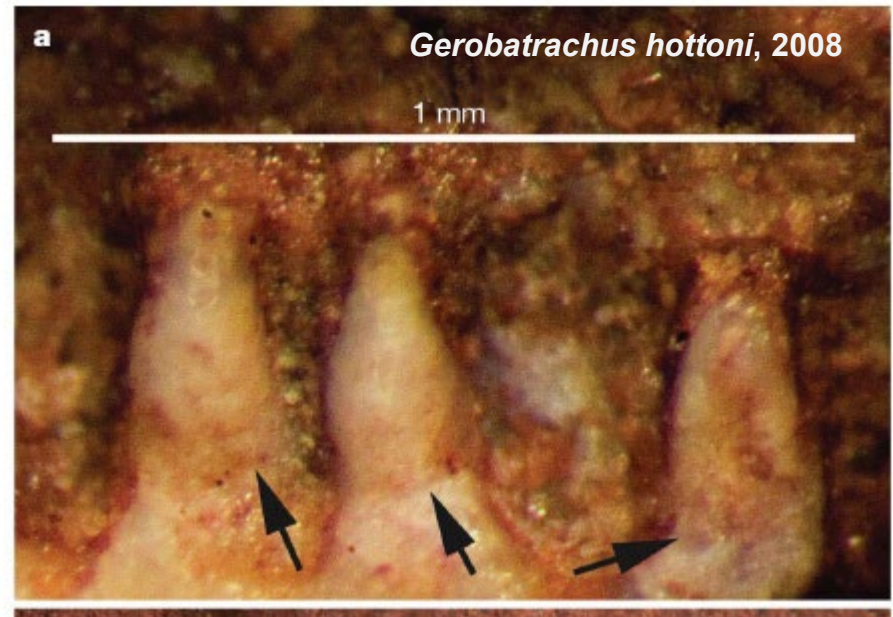
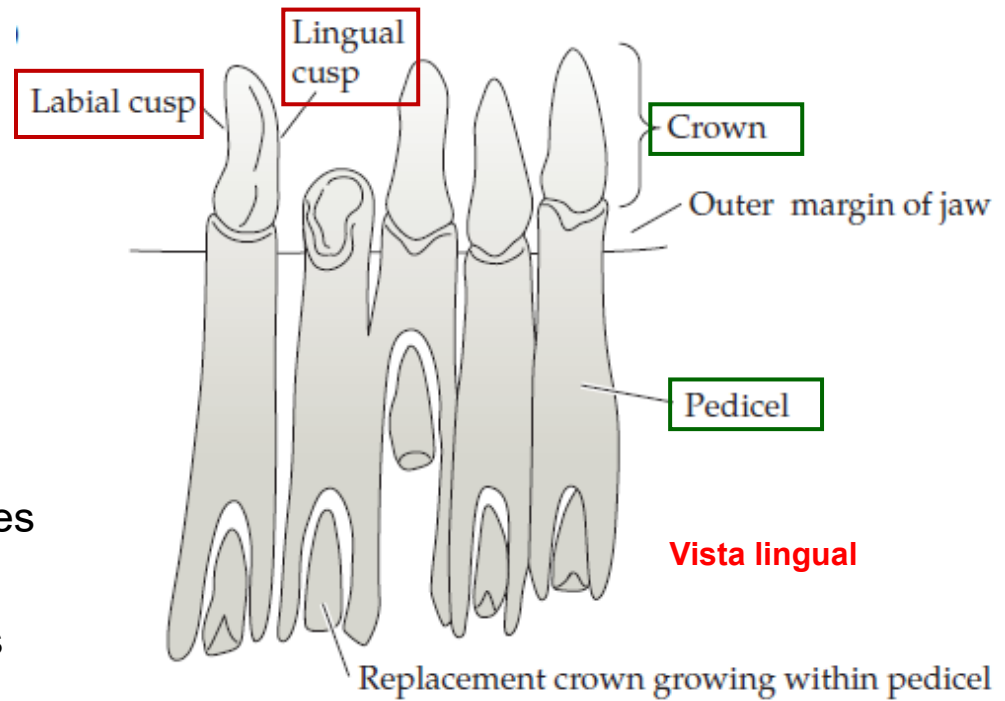


Huesos craneales presentes en Gymnophiona

Caracteres sinapomórficos de Lissamphibia

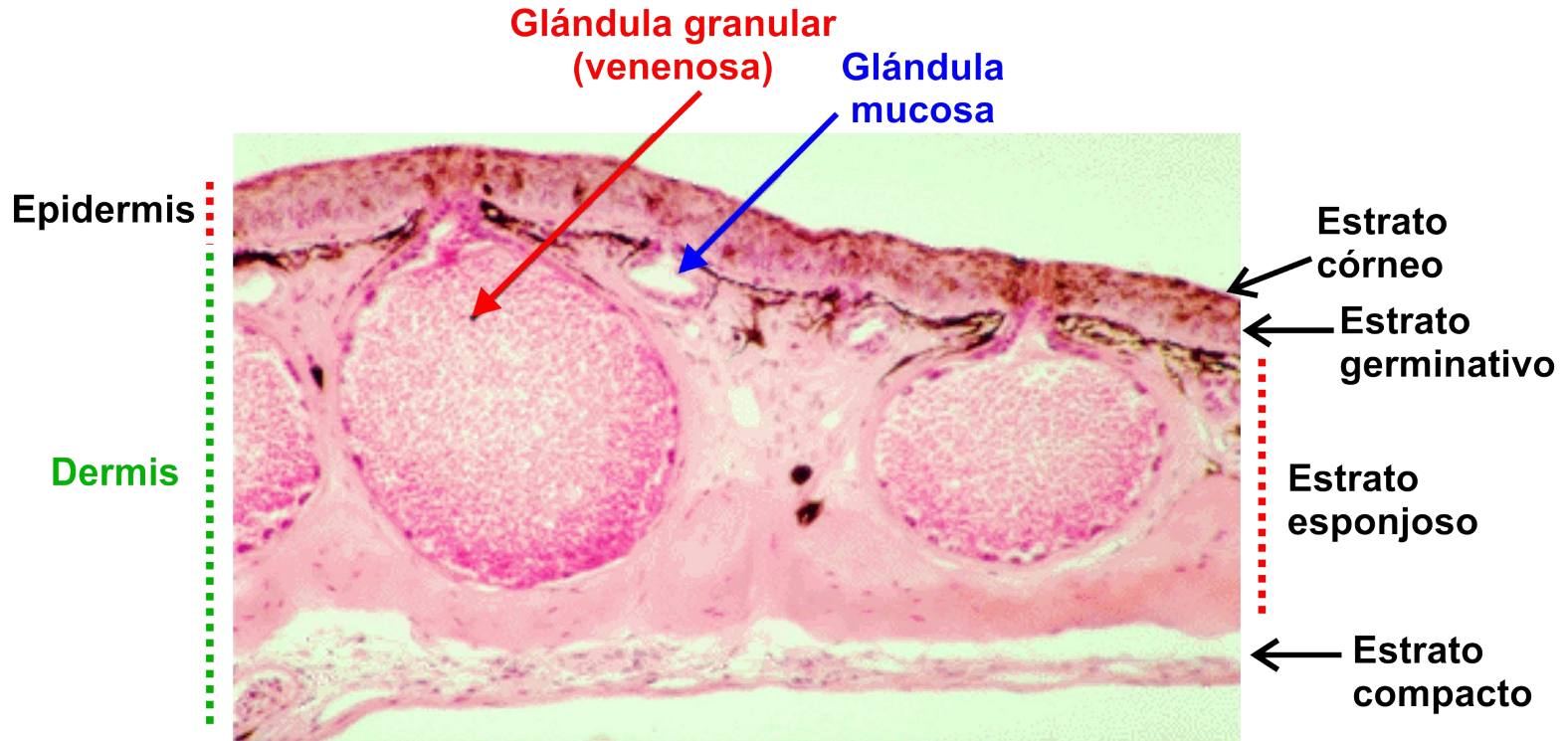
Dientes pedicelados y bicúspides

- **Pedicelo** (parte basal) y **corona** (distal dispuesta sobre el pedicelo); división fibrosa que los separa
- **Dos cúspides: lingual y labial**
- Desgaste del diente: corona se rompe y es reemplazada
- Único en lissamphibios y temnospóndilos



Integumento

Dos tipos de glándulas integumentarias

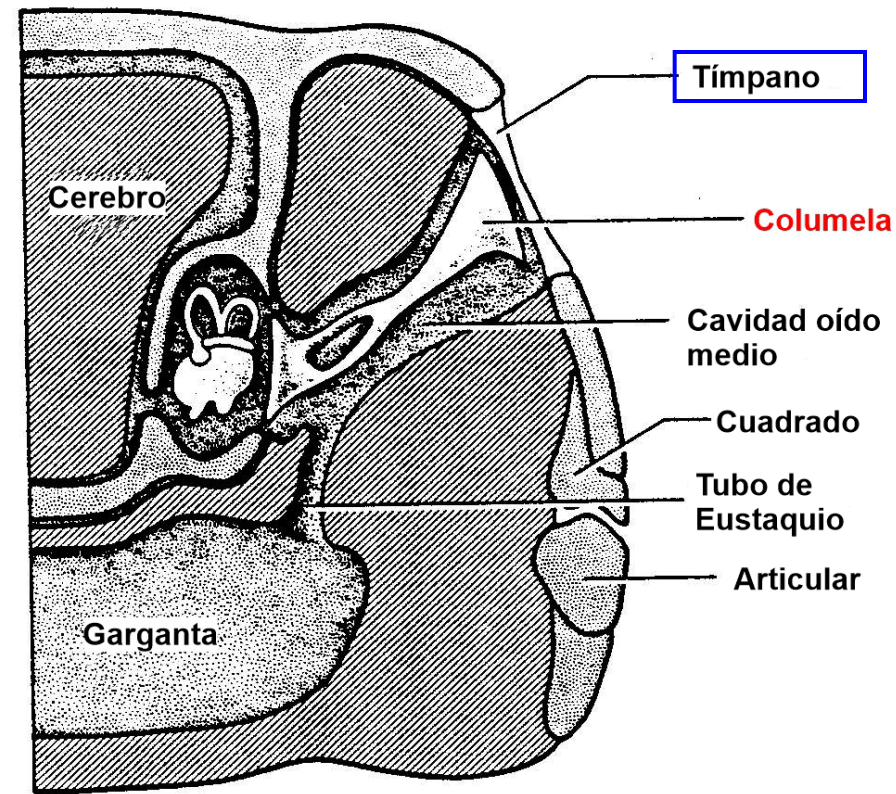
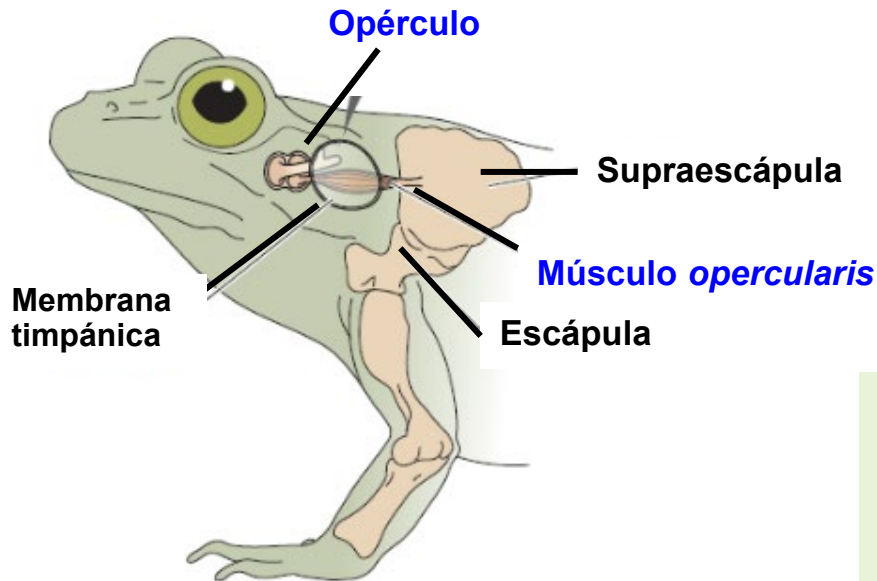


- **Mucosas:** secretan moco para mantener la piel húmeda (respiración cutánea)
 - Similitud de su estructura en los tres ordenes verifica su homología
- **Granulares (glándulas venenosas):** almacenaje de secreciones. estructura idéntica en todas las especies: toxicidad muy variable

Complejo colúmela-opérculo

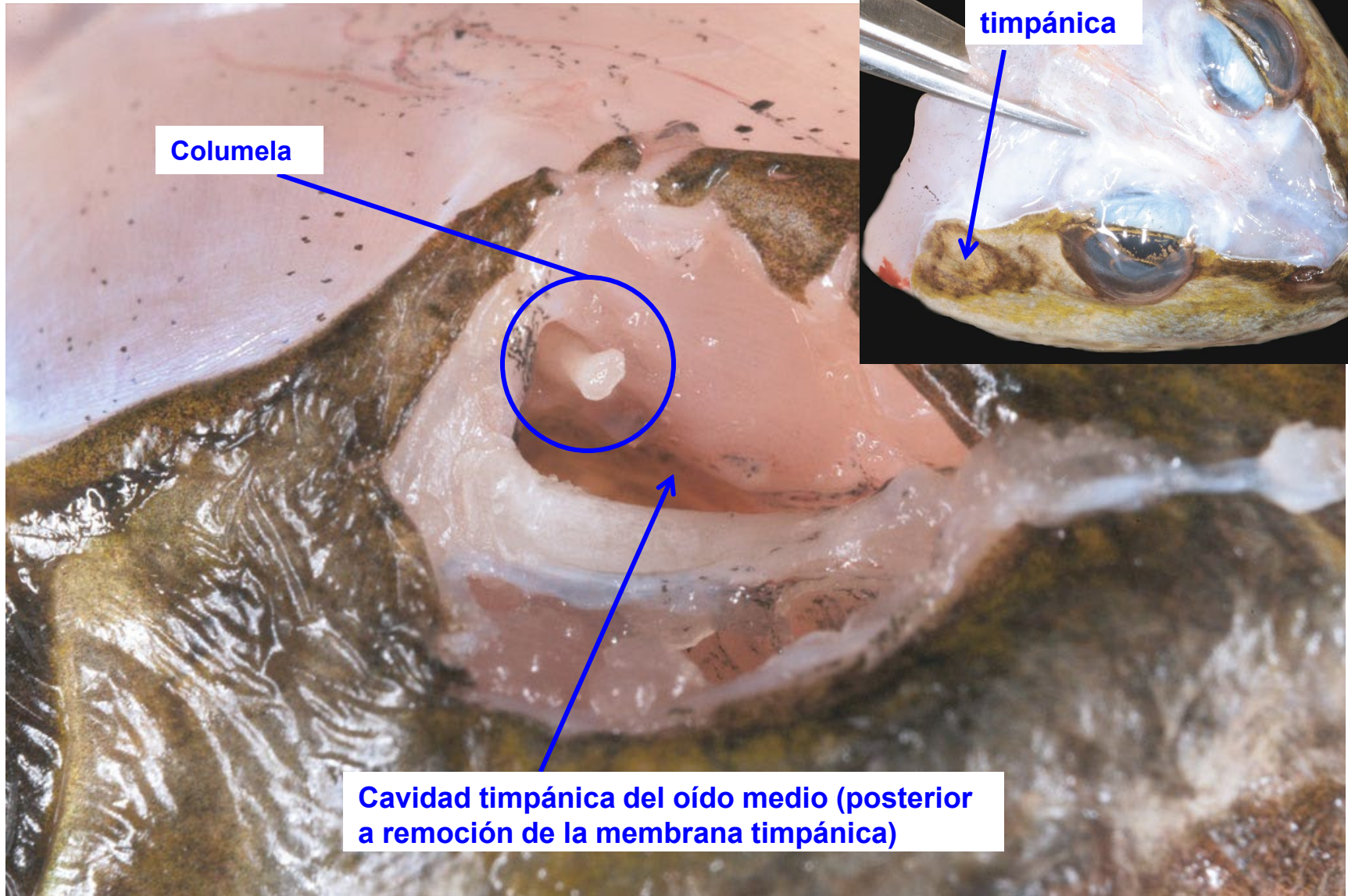
Dos rutas de recepción por las cuales llega el sonido al oído medio:

- Ruta **tímpano - columela** (en todos los tetrápodos)
- Ruta **músculo opercularis - opérculo** (= estructura única, conectada por músculos a la supraescápula)



Algunos anuros sin columela; en muchos unida al tímpano

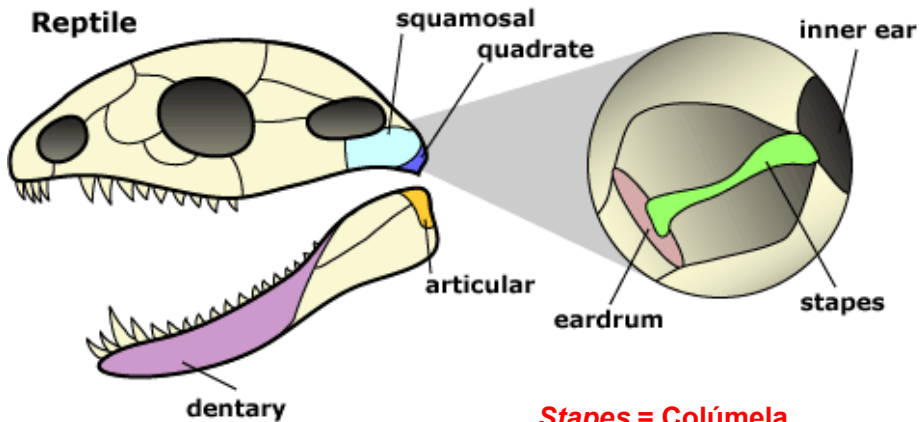
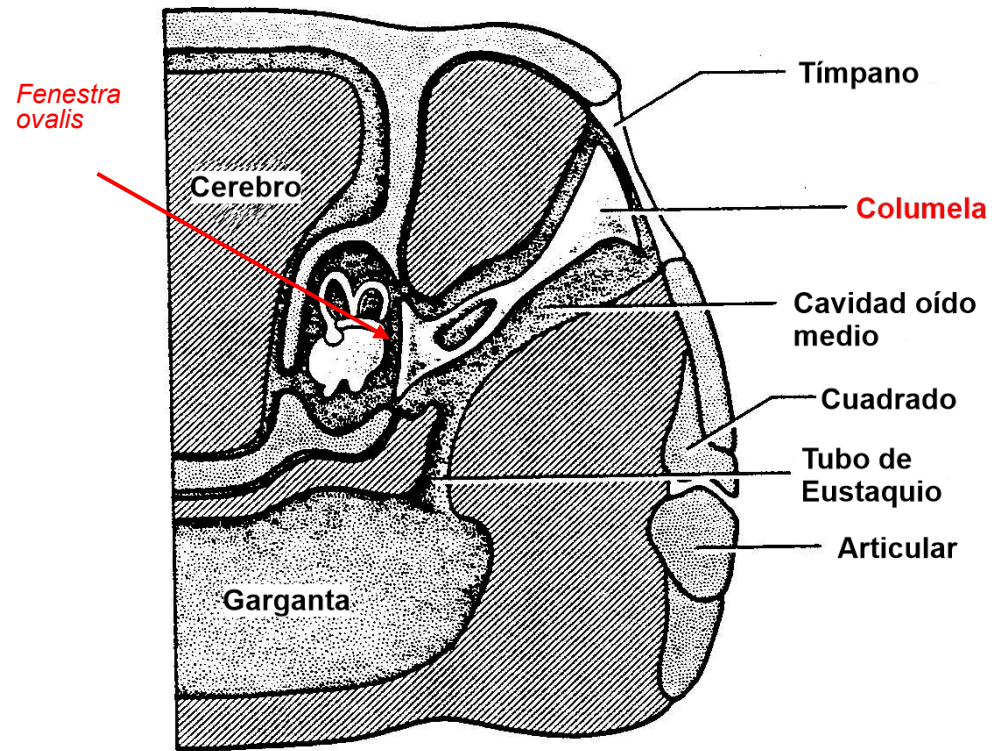
- **Opérculo**: se forma en asociación con la *fenestra ovalis*
- **Caecilias y salamandras neoténicas**: el opérculo se ha **perdido o fusionado** al cráneo



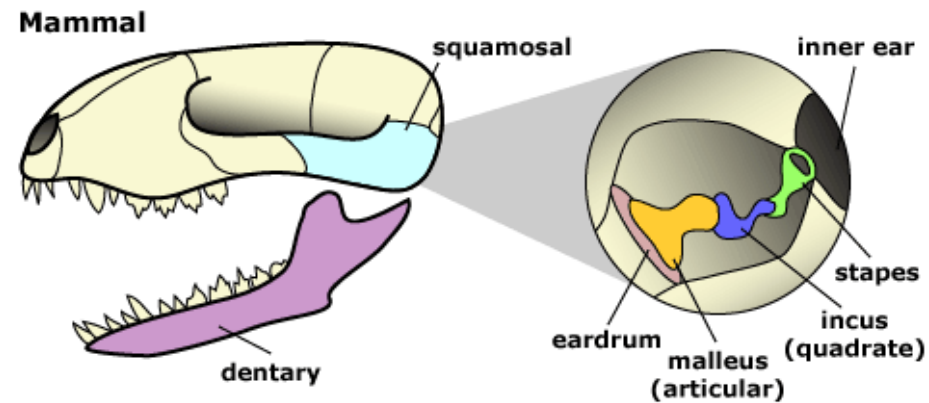
Orientación de la columela

Dirigida **dorsolateralmente** desde la *fenestra ovalis*

- En estegocéfalios y otros tetrápodos se dirige ventrolateralmente



Stapes = Colúmel
Eardrum = tímpano



Sistema auditivo

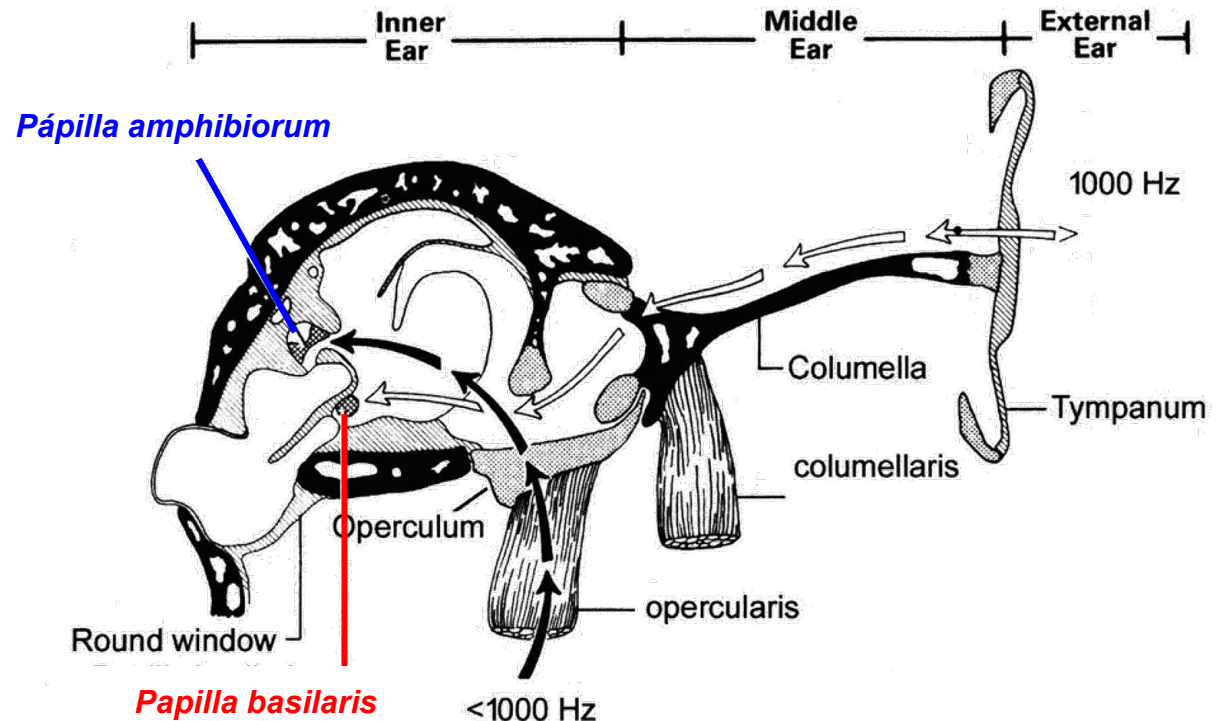
Único en lisanfibios: dos áreas epiteliales sensibles en el oído interno:

1. **Papila basilaris** en el sáculo (en tetrápodos).

- Recibe sonidos de **alta frecuencia** (>1000 Hz) a través de la **columela**

2. **Papila amphibiorum** en la pared del utrículo (único en lisanfibios)

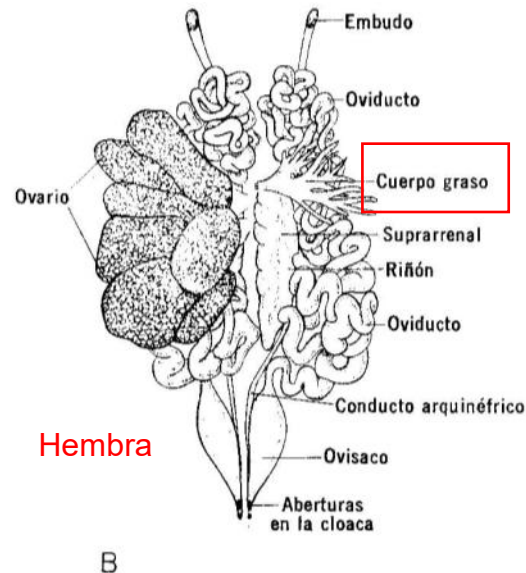
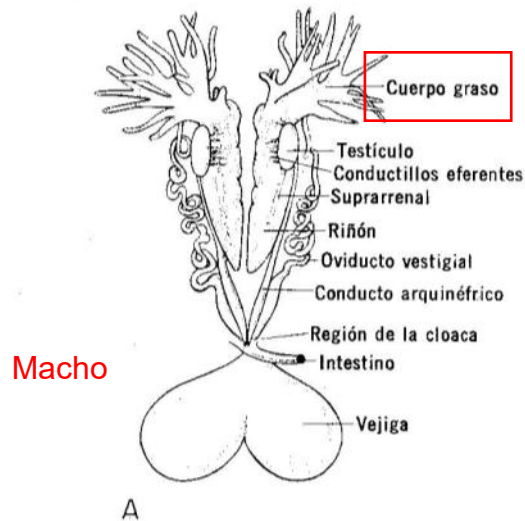
- Recibe sonidos de baja frecuencia (<1000 Hz), a través del **aparato opercular**



Cuerpos grasos

- Solo presente en los anfibios modernos
- Estructuras asociadas a las gónadas
 - Anuros: tienen la forma de dedos, en la parte anterior de los riñones
 - Salamandras: forma longitudinal, presentes entre gónadas y riñones
 - Caecilias: en forma de hoja extendiéndose en series a cada lado del cuerpo, desde el hígado hasta la cloaca
- Compuestos de tejido adiposo, con grandes células
 - Fuente de nutrientes para las gónadas.
 - Grandes antes de la hibernación y pequeños después de la reproducción

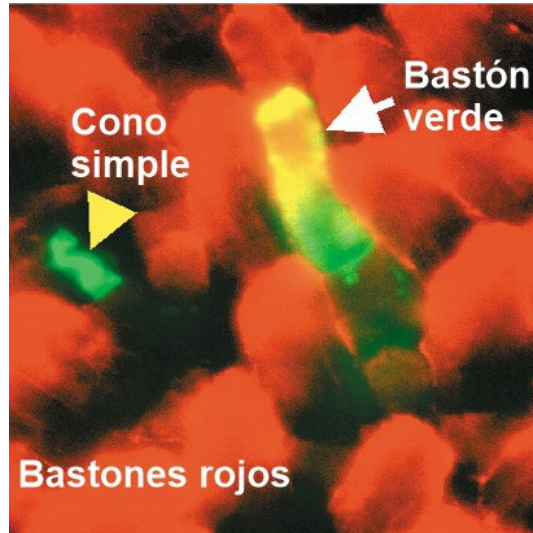
Anuros



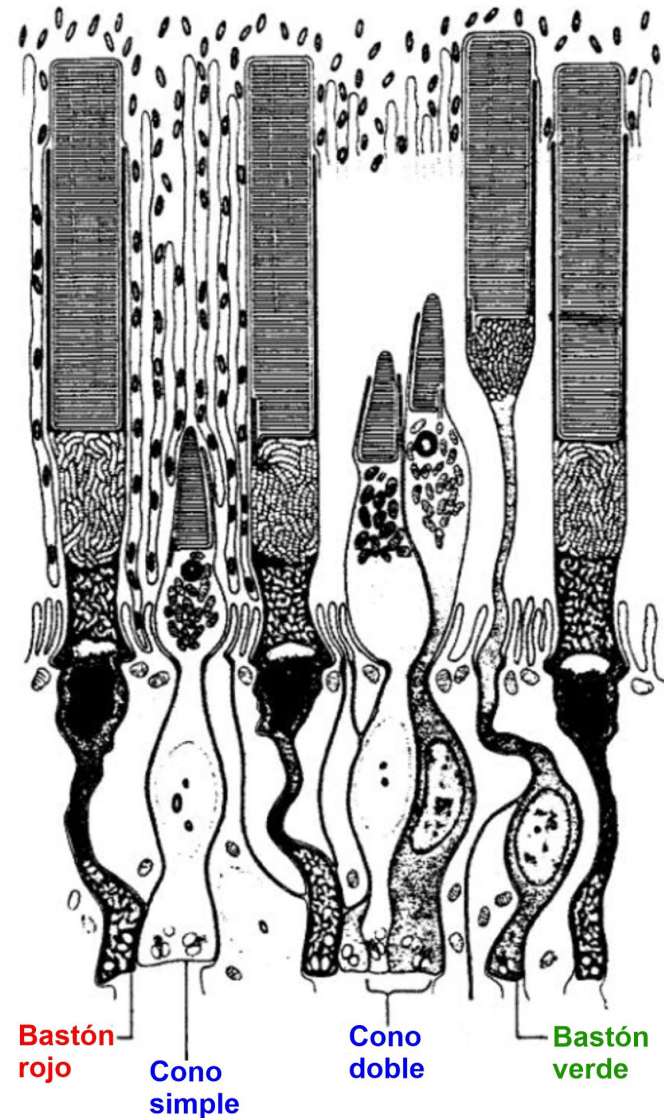
Bastones verdes

Tercer tipo de célula retinal en anfibios [descubierto por Franz Boll (1876–1877)]

- **Proteína (*opsina*) sensible al azul** (igual a los conos, pero visible como **verde**)
 - **Bastones rojos: rodopsina**

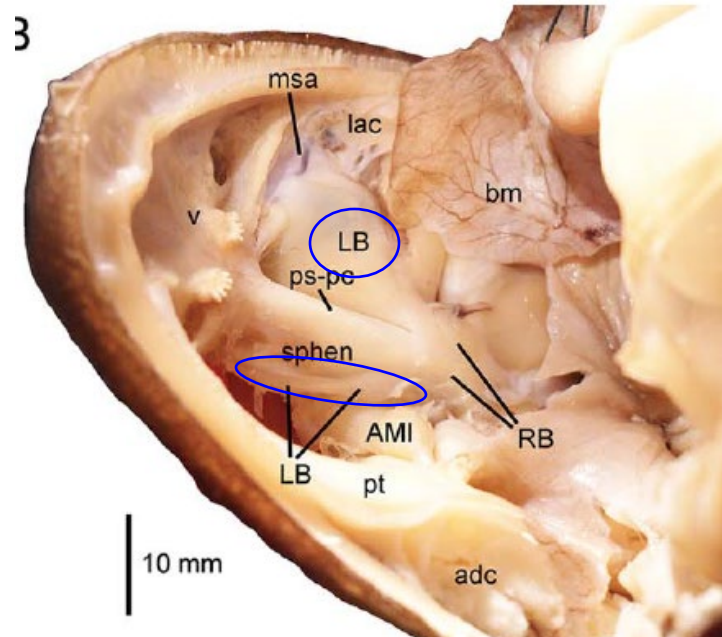
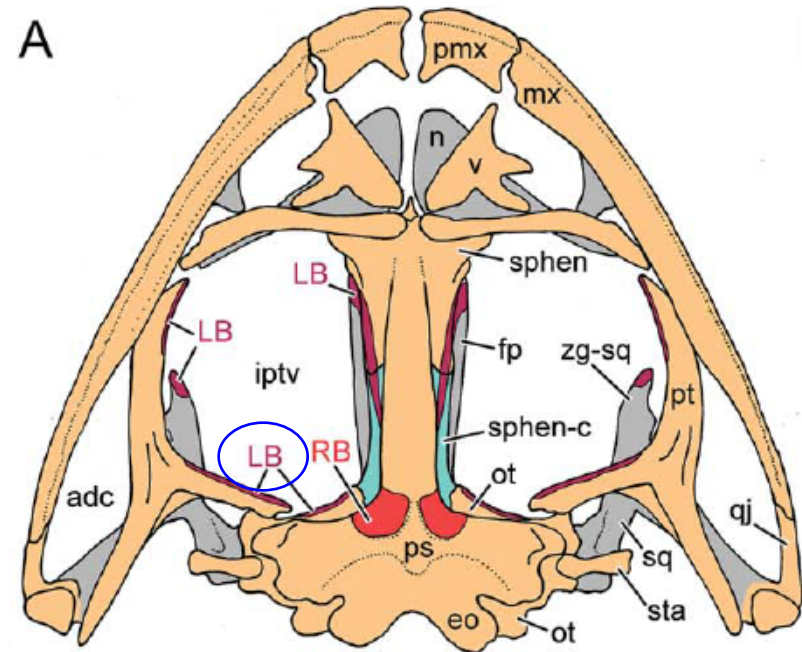
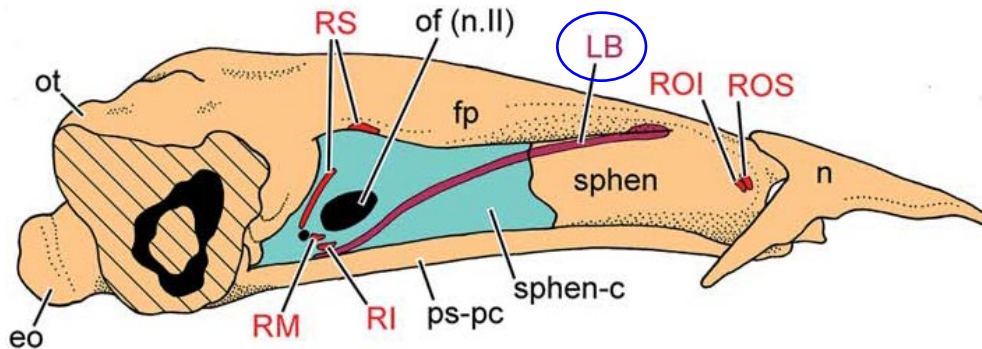


- **Salamandras y anuros:** células fotorreceptoras especializadas
 - **Función:** mayor sensibilidad al color que los conos en intensidades de luz muy bajas
- **Aparentemente no presentes en caecilias** (hábitos subterráneos)



Músculo *levator bulbi*

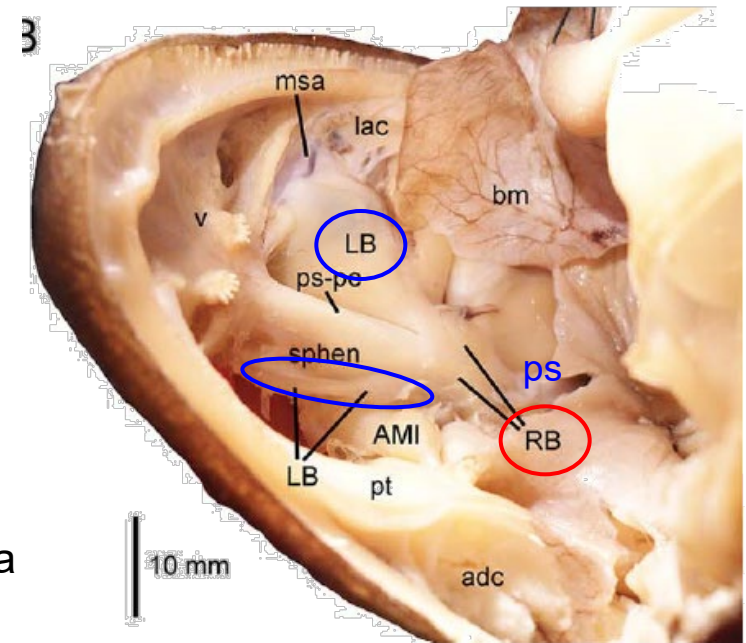
- Capa muscular delgada entre el ojo y el techo de la boca (**LB en la figura**)



- Estructuralmente similar en anuros y salamandras; reducido, pero presente en caecilias

Movimiento de los ojos de anfibios respecto al piso elástico de la órbita ocular:

- (1) Atraídos por la acción del ***m. retractor bulbi*** (RB; originado en la superficie ventral del paraesfenoides (ps) y se une al globo ocular
 - (2) Elevados hacia el techo del cráneo por acción del ***m. levator bulbi*** (LB; forma el piso elástico de la órbita)
- **Función LB:** elevación del ojo (una habilidad única para los anfibios)
 - Amplia el espacio en la cavidad bucal para facilitar la entrada de la presa a la cavidad bucal
 - **Musculo RB** empuja los globos oculares hacia la cavidad bucal y forzar a la presa hacia el esófago
 - No asociado con ayuda en la respiración pulmonar (“**bomba bucal palatina**”)



Witzmann et al. 2019. Eye movements in frogs and salamanders—Testing the palatal buccal pump hypothesis. Integr. Org. Biol. 1: obz011

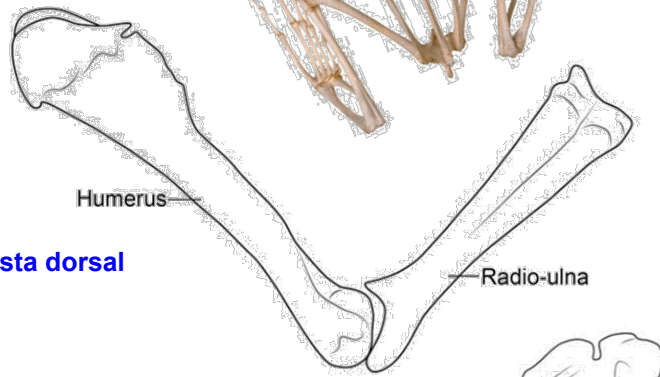
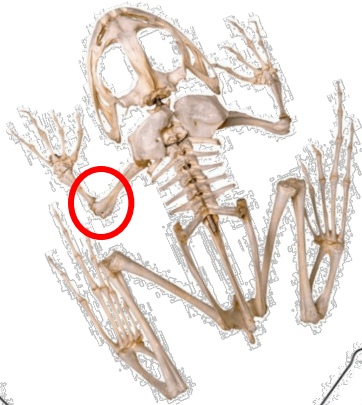
Witzmann & Werneburg. 2017. Anat. Rec. 300:1240-1269

Lőw, P., Molnár, K. & Kriska, G. 2016. Atlas of animal anatomy and histology. Springer International Publishing, Cham. 413 pp.

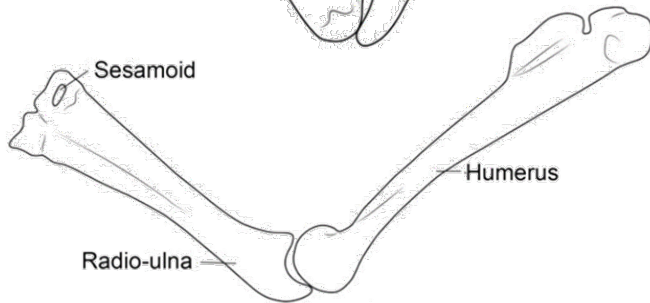


<https://www.youtube.com/watch?v=TUbx1tBnpG0>

Articulación del codo (elbow joint)

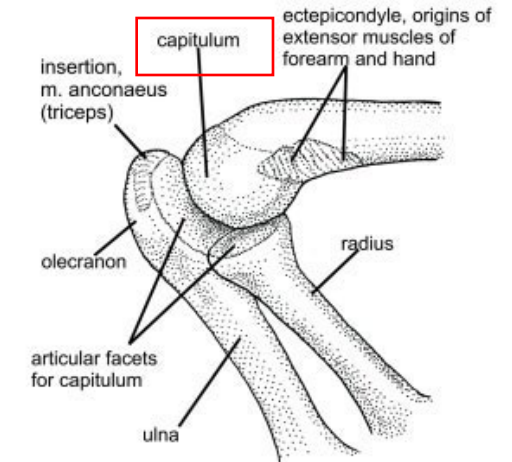
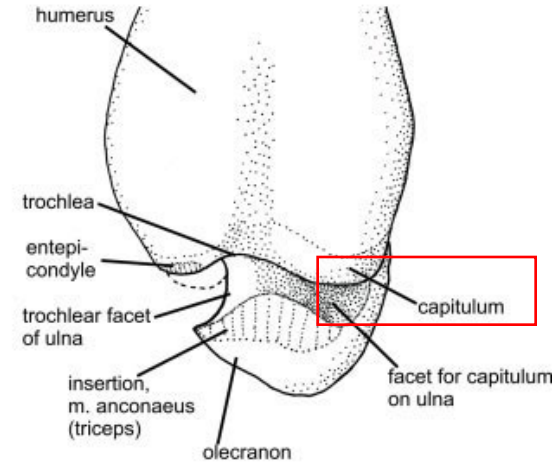
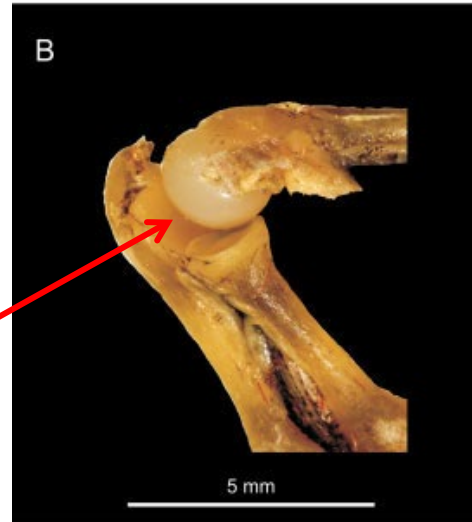
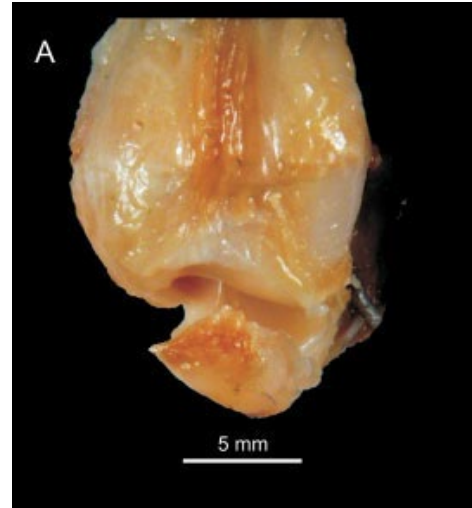


Vista dorsal



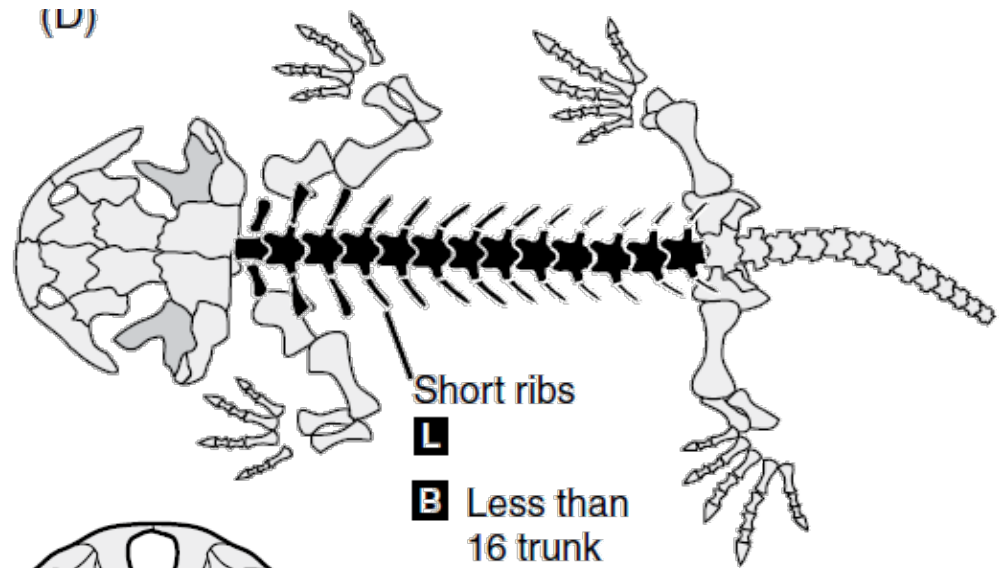
Vista ventral

Radio y ulna se articulan con el humero mediante el cóndilo radial (capitulum) del húmero (presente en *Eocaecilia*)

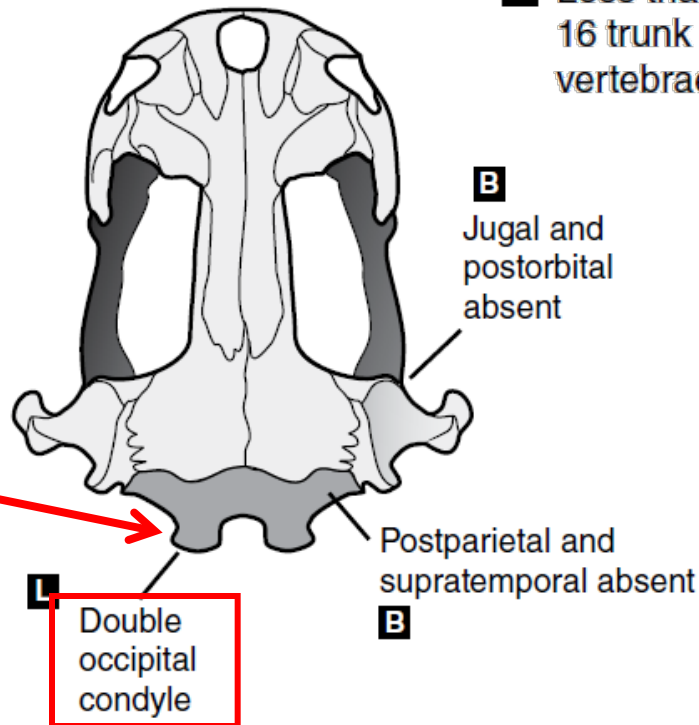


Caracteres no-sinapomórficos de Lissamphibia

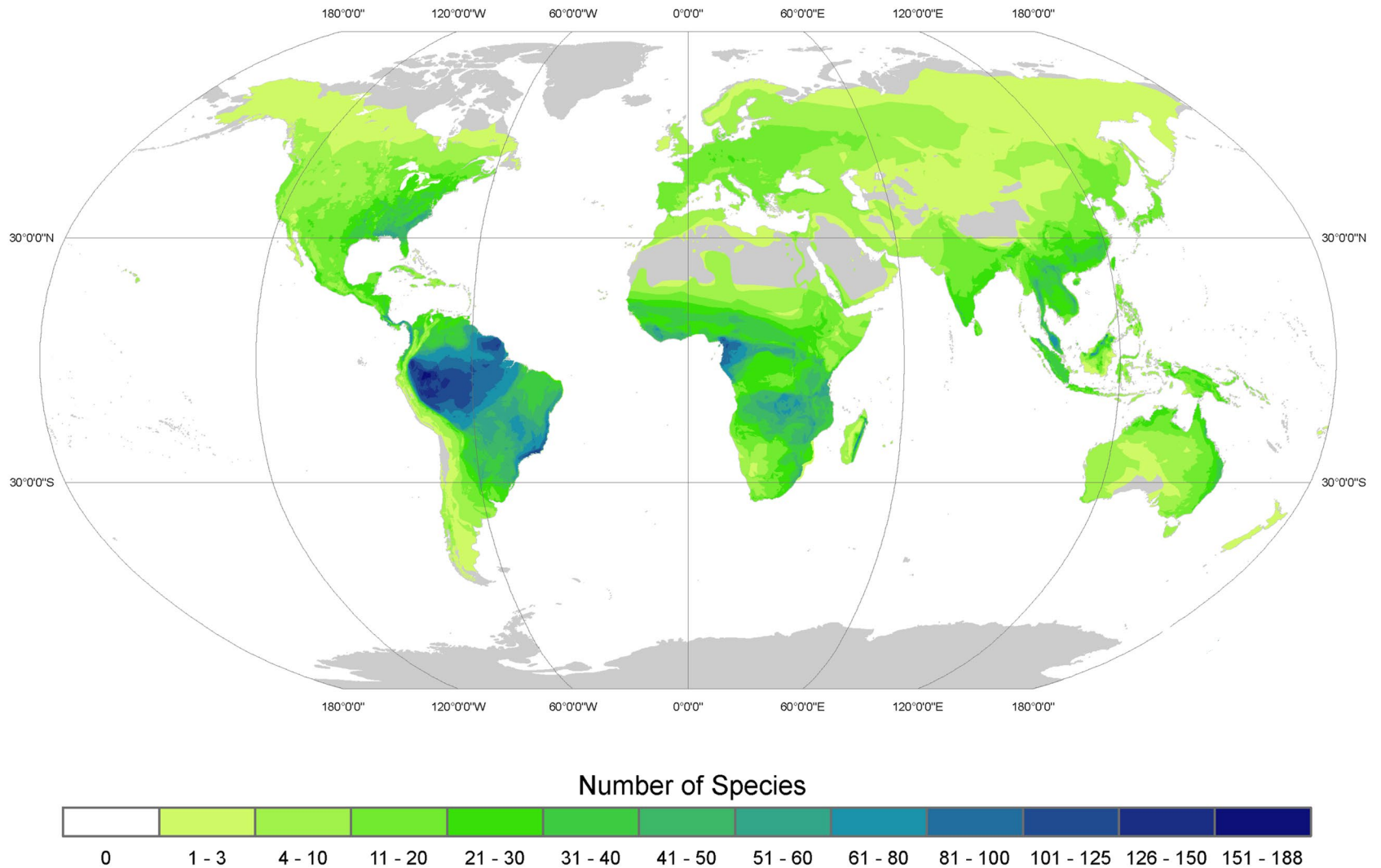
Costillas cortas, rectas,
sin encerrar el cuerpo



Dos cóndilos occipitales



Distribución y riqueza global de los anfibios modernos

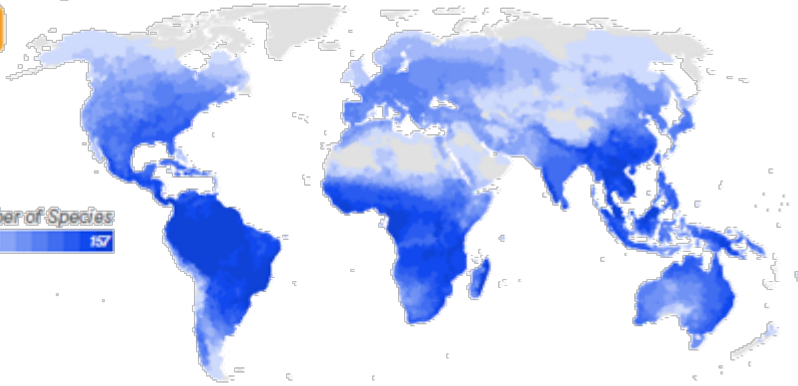


Distribución y riqueza global de los tres ordenes de anfibios modernos



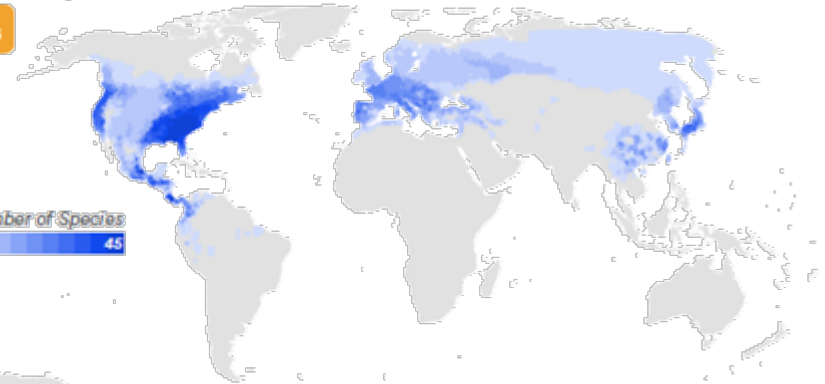
Number of Species

157



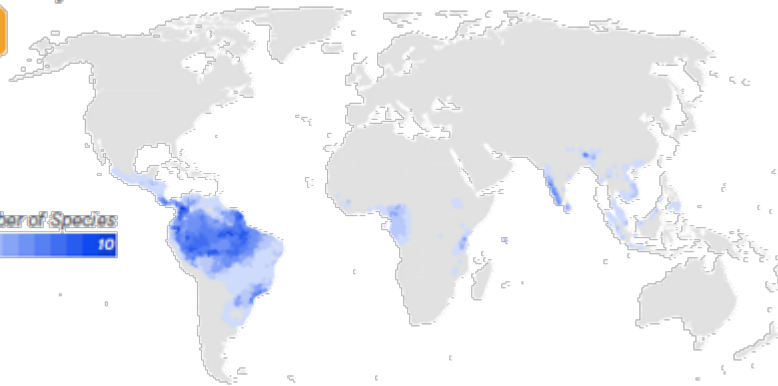
Number of Species

45



Number of Species

10



Re:wild, Synchronicity Earth & IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023. State of the world's amphibians: the second global amphibian assessment. Re:wild. Texas, USA. 91 pp.