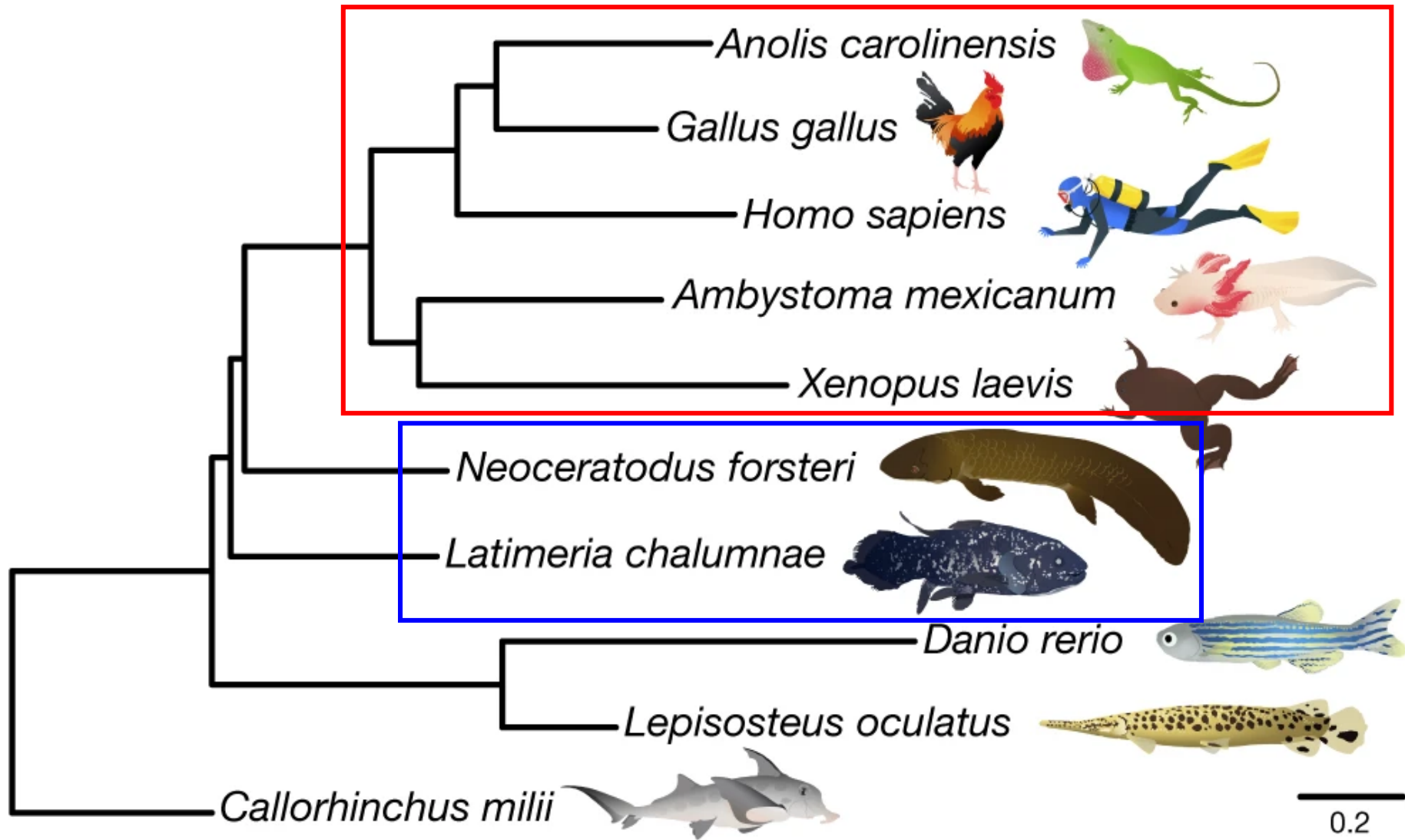


Relaciones pez-tetrápodo

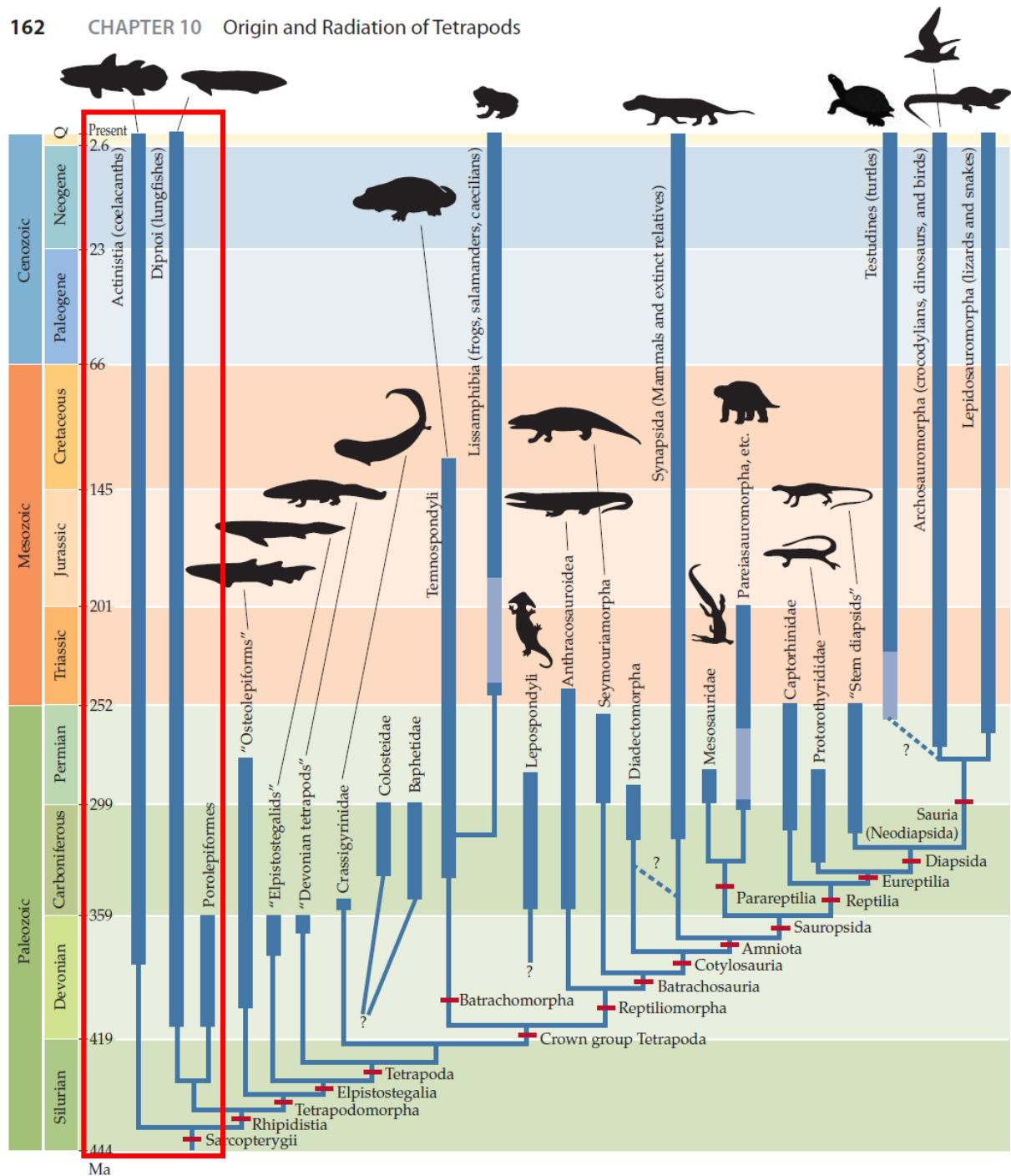
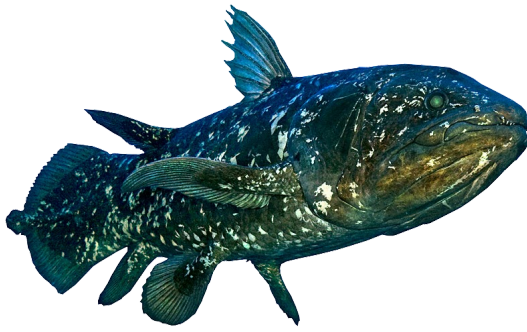


Aceptada la relación filogenética entre sarcopterigios y tetrápodos

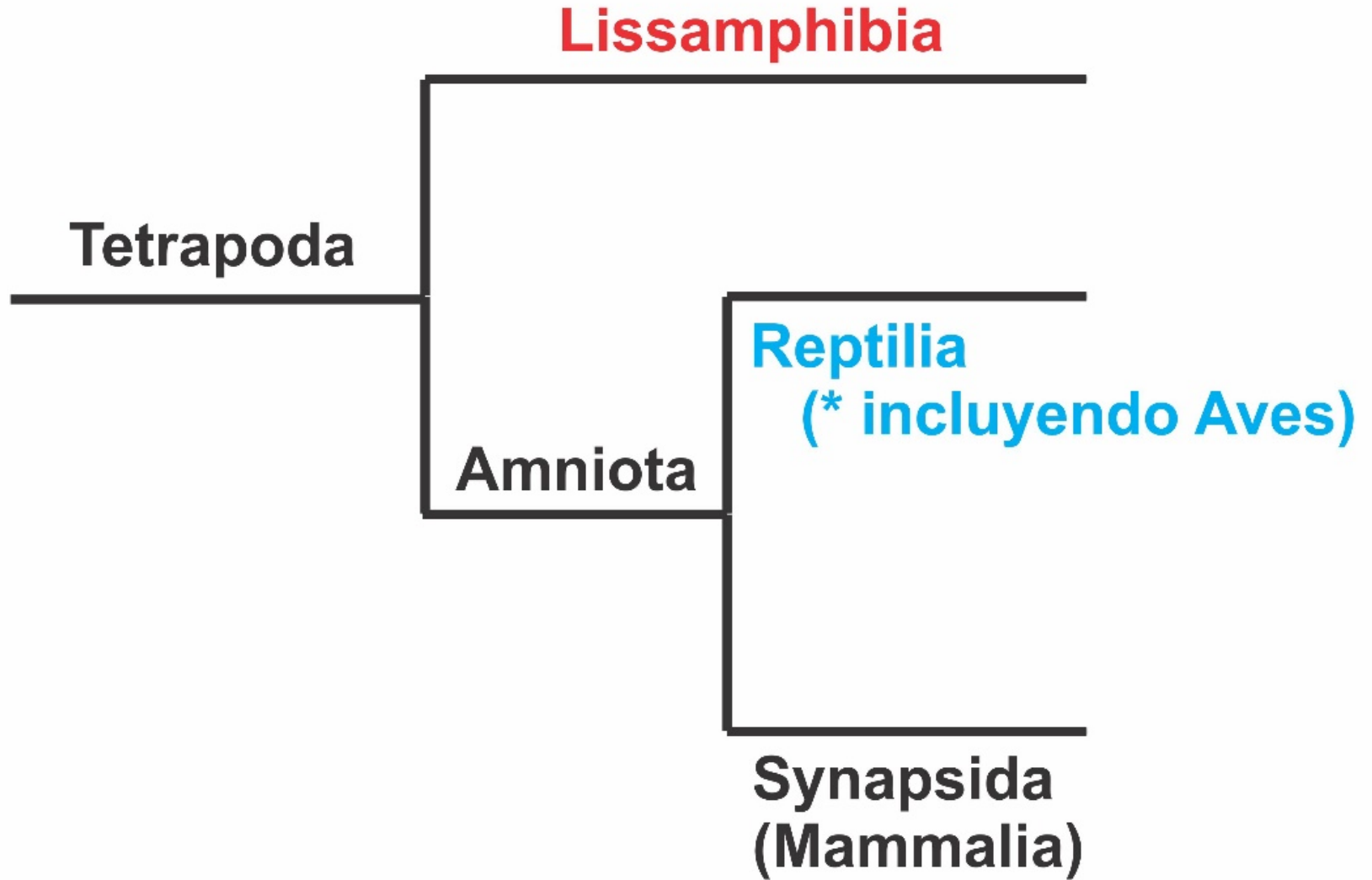


Ancestros actuales de Tetrapoda

- Actinopterygii
- Sarcóptérgios
 - Actinistia
 - Rhipidistia
 - Tetrapoda



Tetrápodos actuales

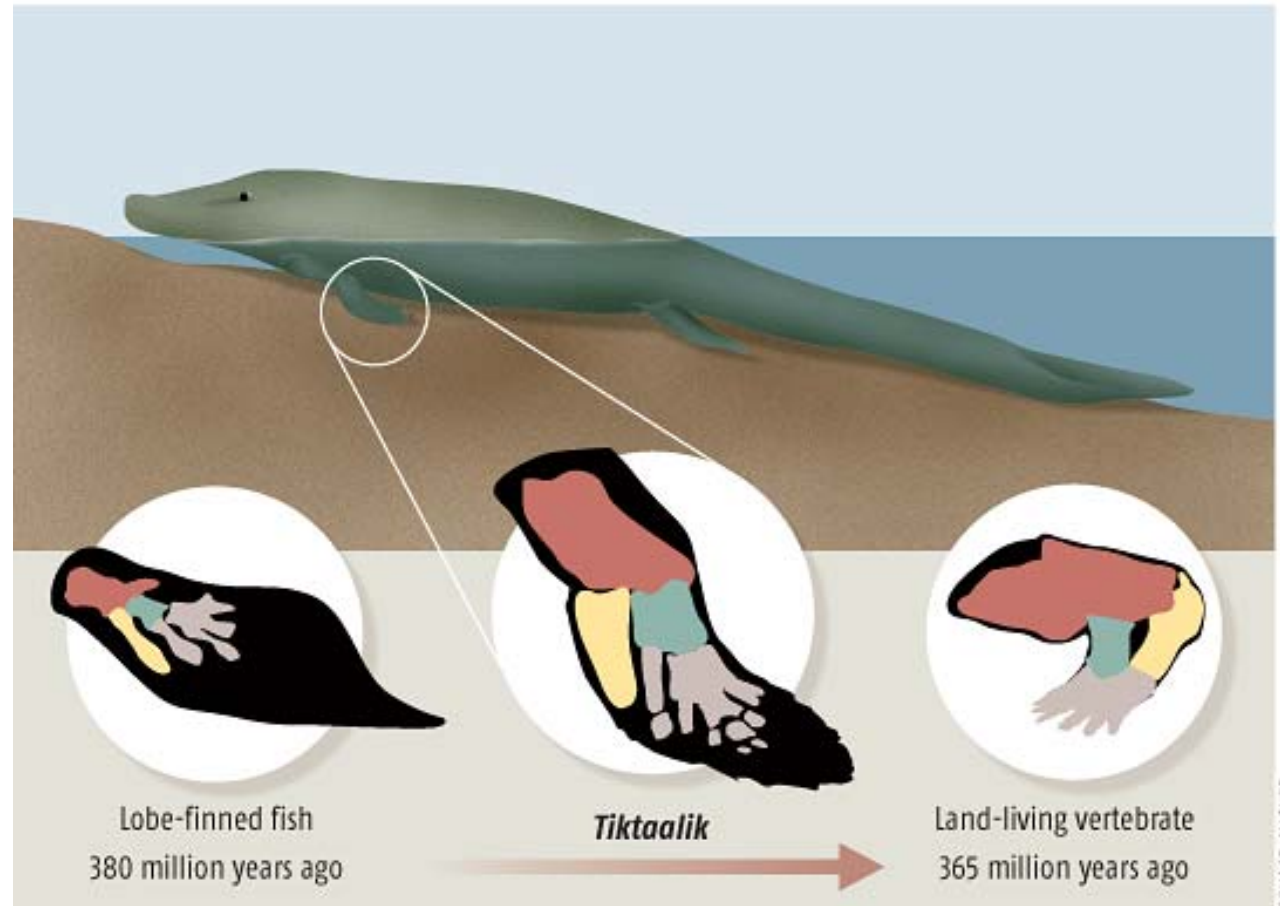


El primer paso... la transición

1. Origen: relaciones sarcopterigios y tetrápodos
2. Transición morfológica: de aleta a pata
3. Transición ecológica: de agua a tierra

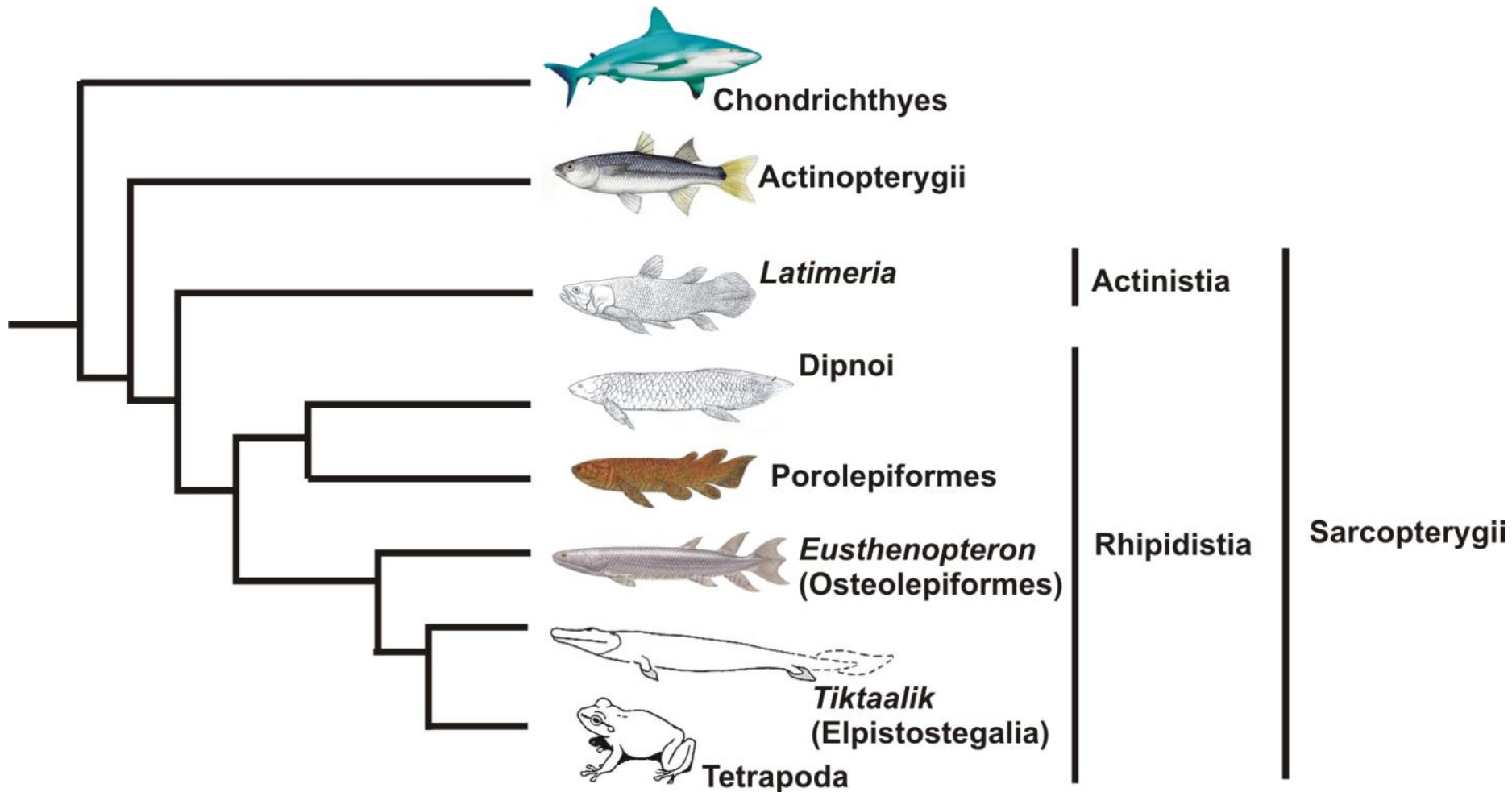
MISSING LINK

Tiktaalik is the first complete transitional specimen between fish and land-dwelling tetrapods. Its fins show the beginnings of elbow and wrist-like features

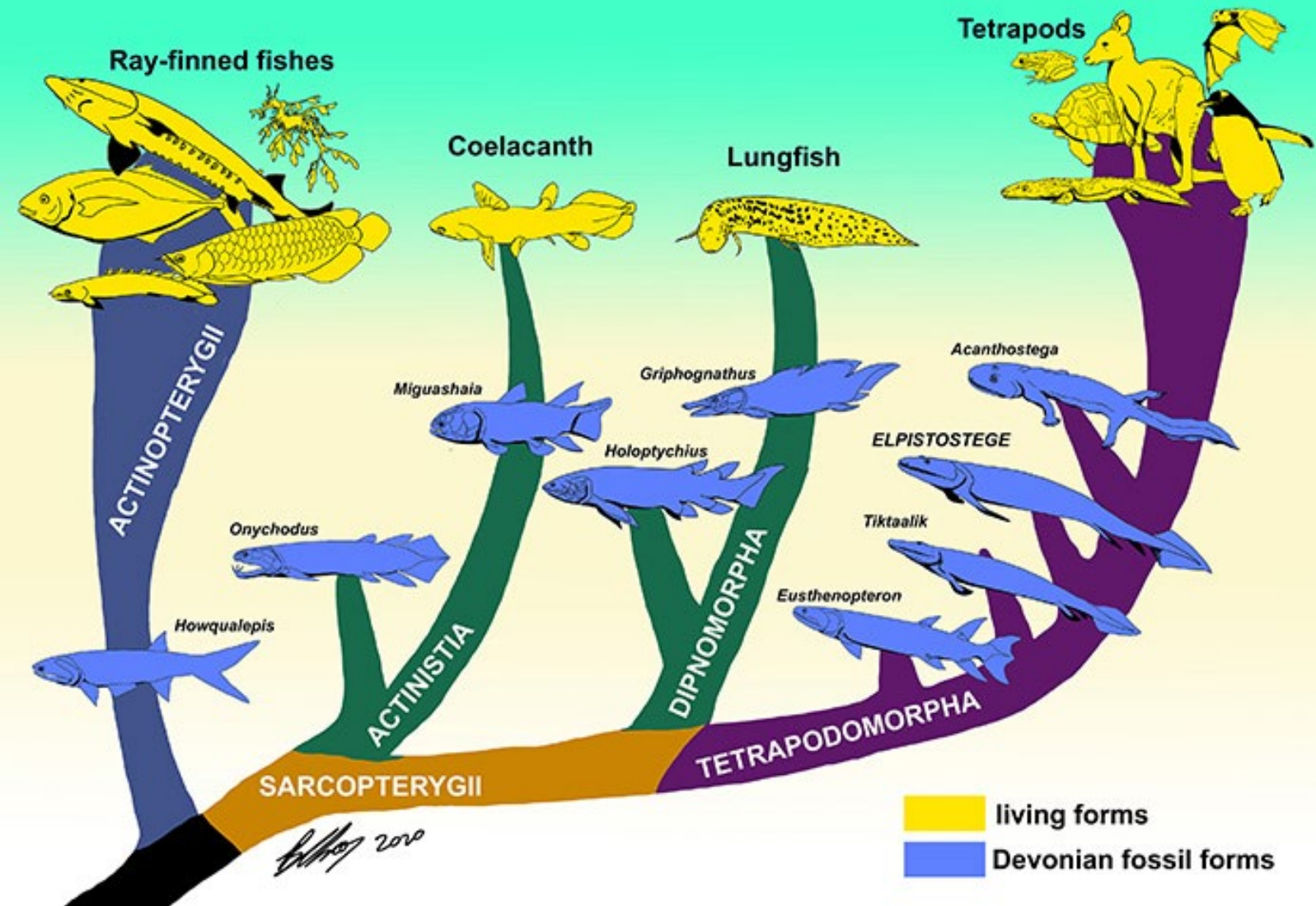


Origen y relaciones con peces ripidistios

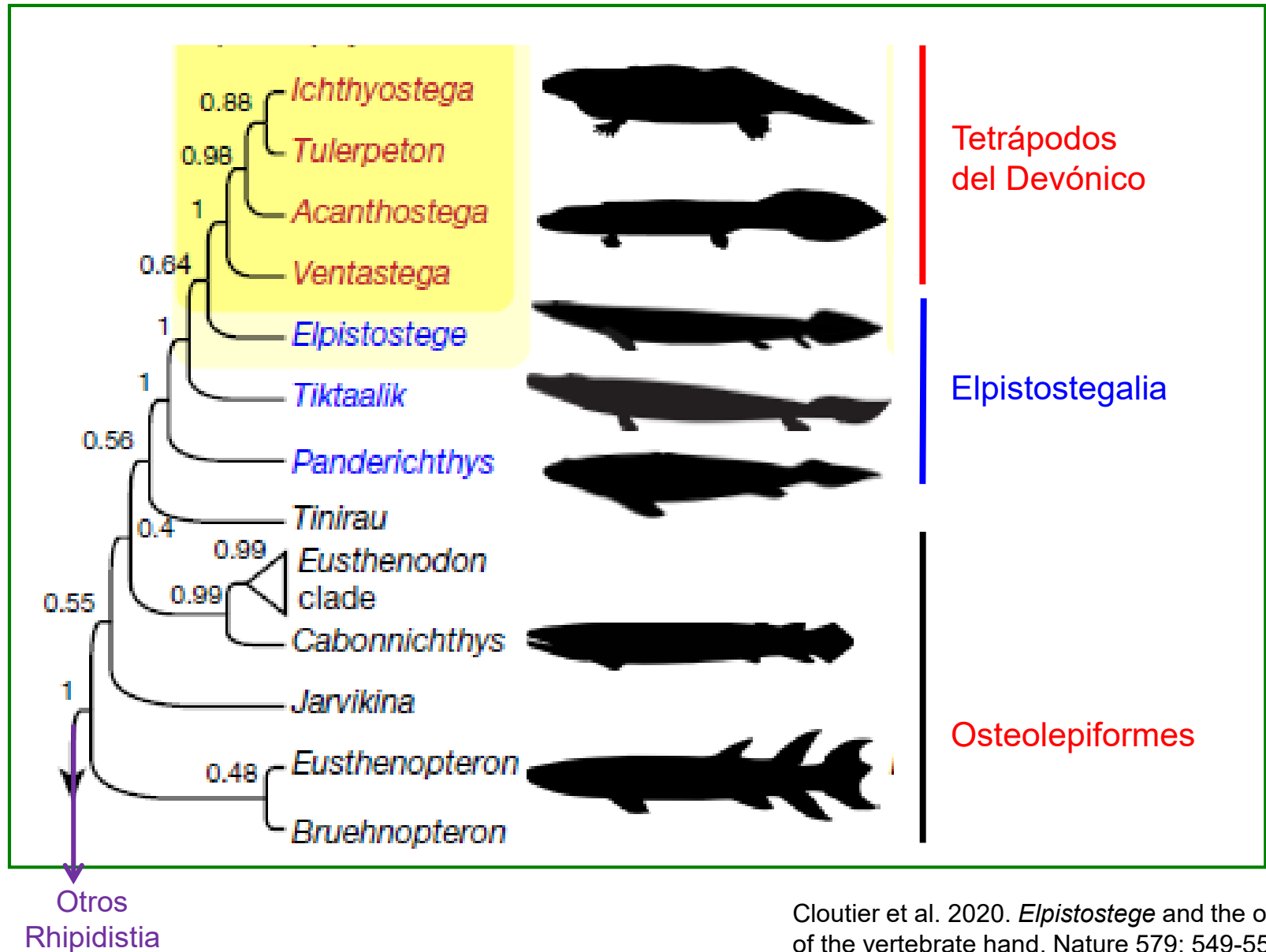
Qué es Rhipidistia?



SIMPLIFIED PHYLOGENY OF THE BONY VERTEBRATES



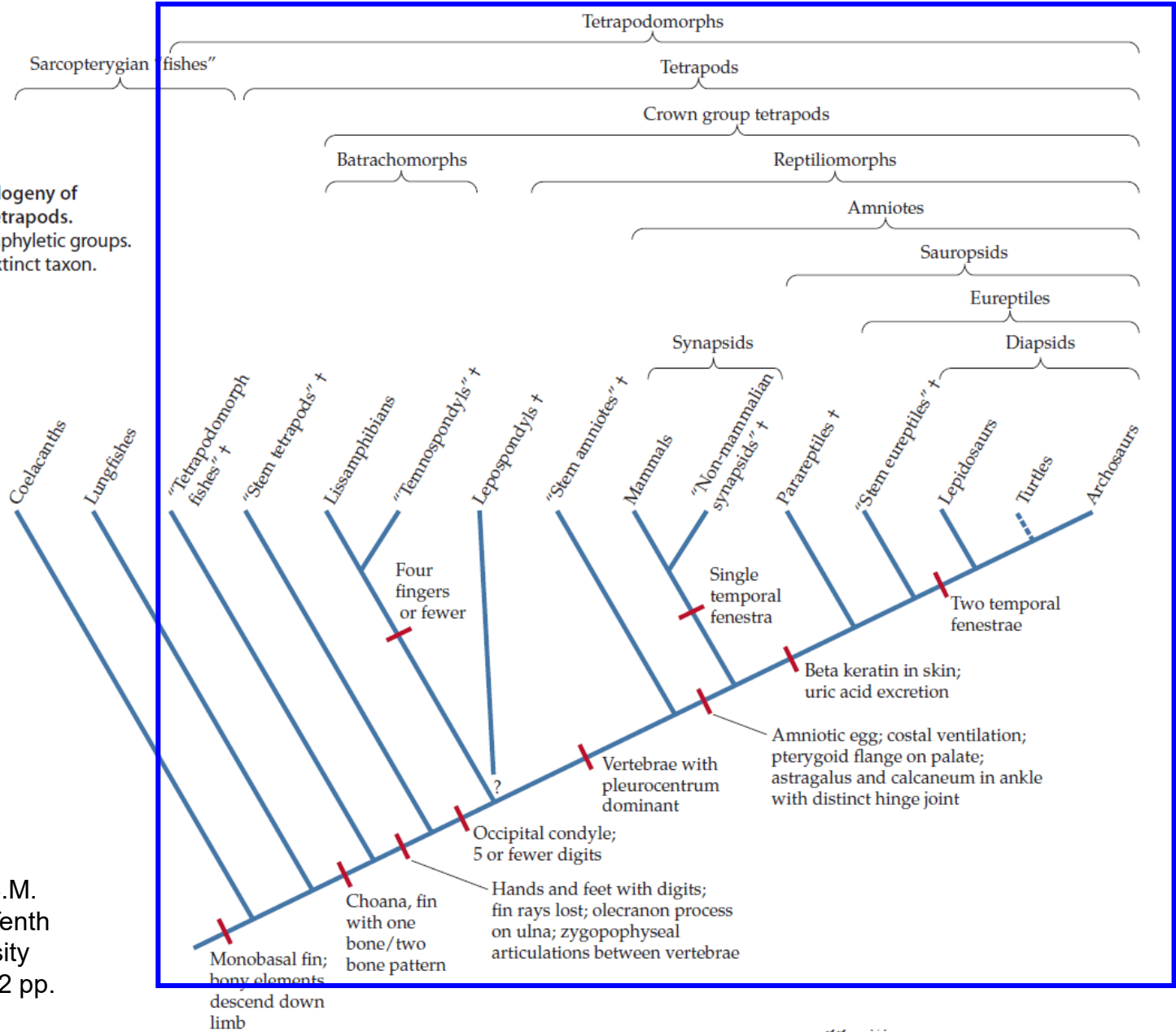
Tetrapodomorpha: Rhipidistia ancestros de Tetrapoda



Cloutier et al. 2020. *Elpistostege* and the origin of the vertebrate hand. Nature 579: 549-554

Filogenia simplificada y sinapomorfías de Tetrapodomorpha

Figure 10.2 Simplified phylogeny of sarcopterygian fishes and tetrapods. Quotation marks indicate paraphyletic groups. The dagger (†) indicates an extinct taxon.



Pough, F.H. & Janis, C.M. 2019. Vertebrate life. Tenth edition. Oxford University Press, New Jersey. 552 pp.

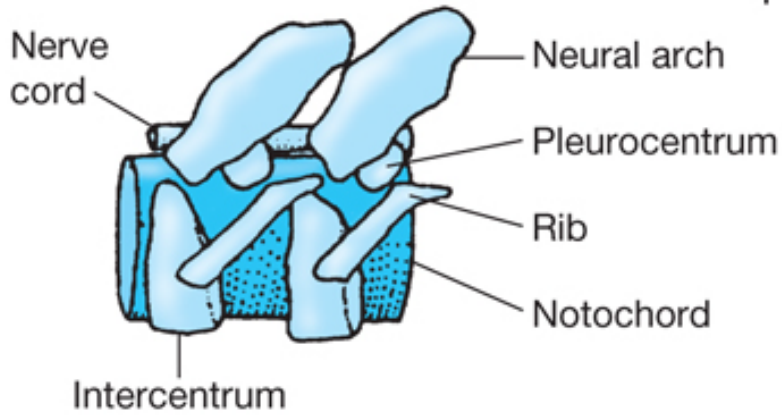
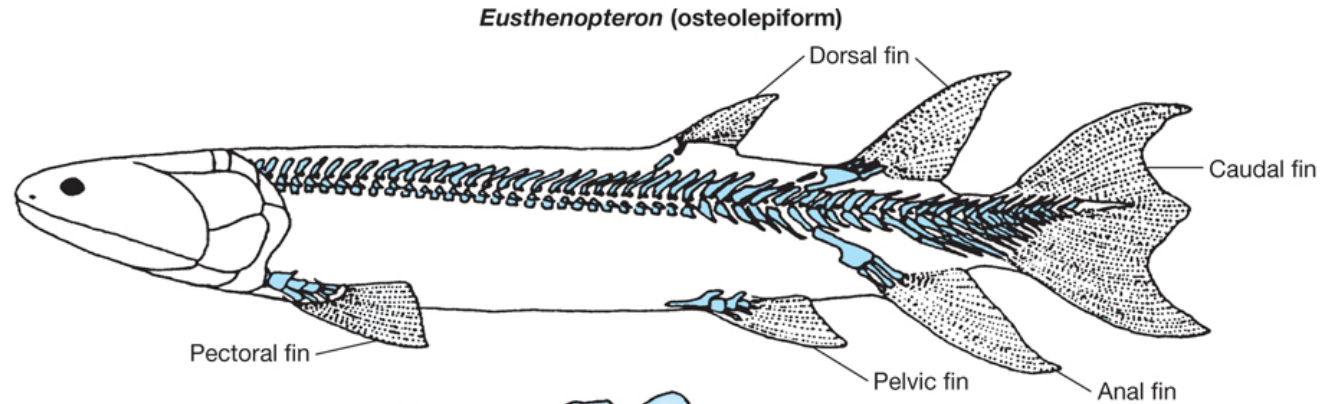
Peces Osteolepiformes

Grupo extinto

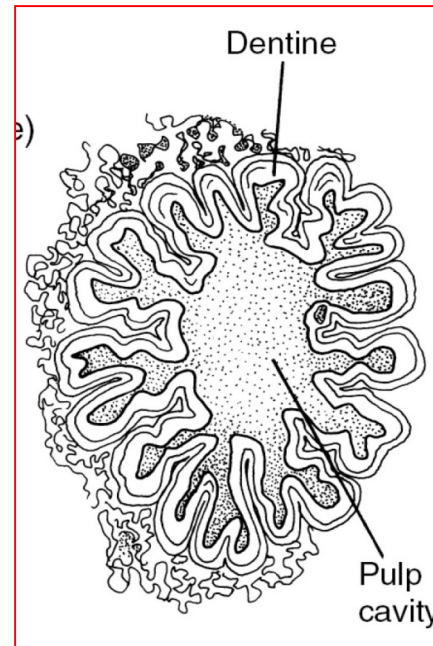
- Cuerpos cilíndricos
- Cabeza grande y escamas gruesas
- En aguas dulces poco profundas



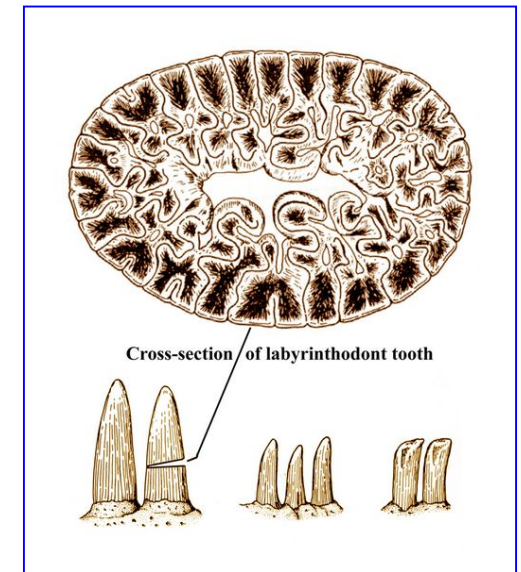
Eusthenopteron



- Dientes con plegamientos de esmalte (labirintinos)



Diente laberintino en *Eusthenopteron*

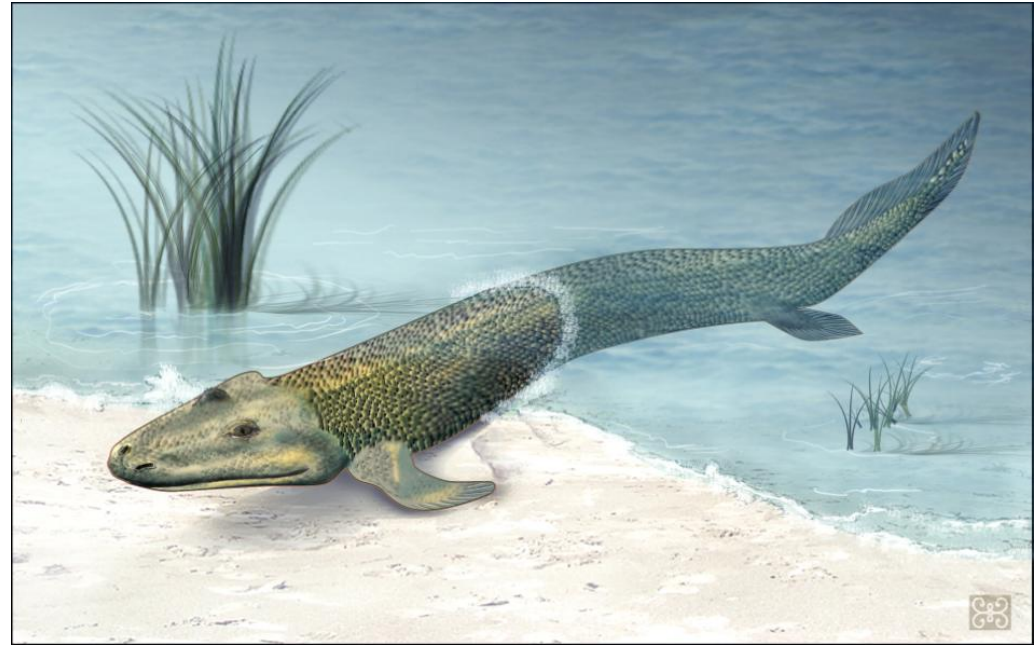


Diente laberintino en anfibio primitivo labyrinthodonto

Peces Elpistotegalia

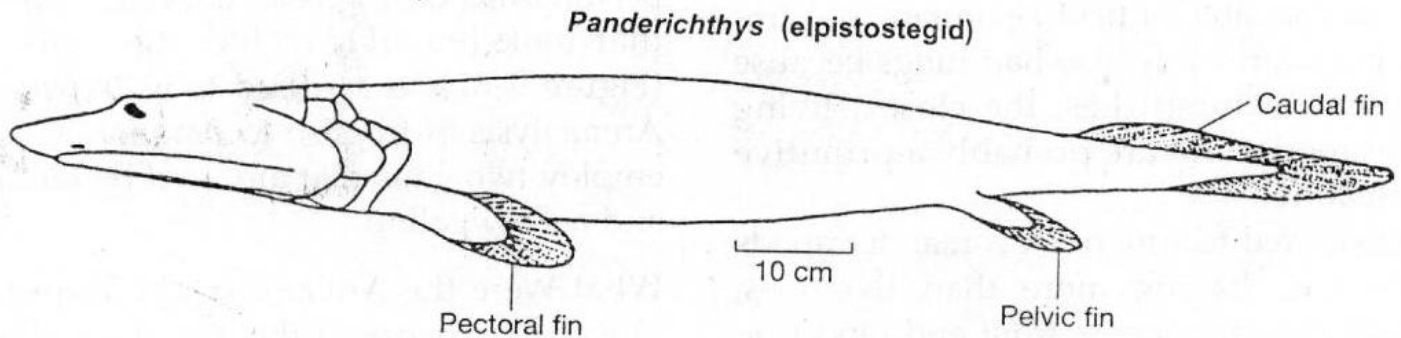
Peces más adaptados (= derivados) para vivir en aguas someras

- Poseen características más compartidas y similares con tetrápodos



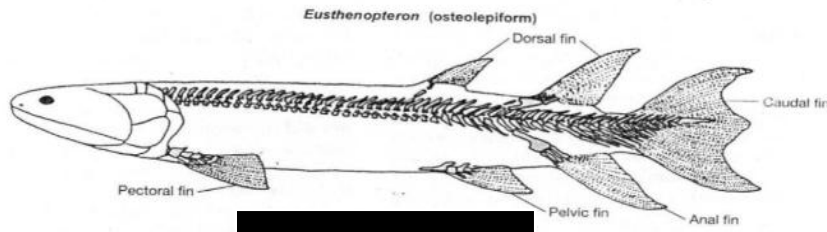
Se consideran el grupo hermano de Tetrapoda

- *Panderichthys* y *Elpistostege*



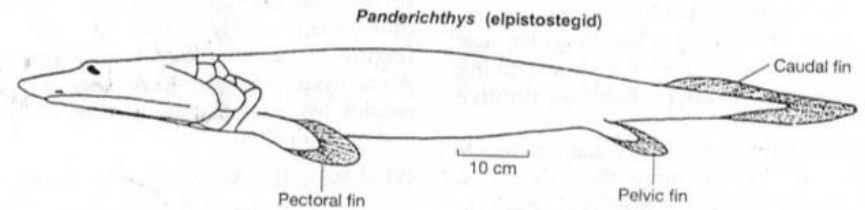
¿Por qué **Elpistotegalia** se considera el grupo hermano basado en morfología?

Osteolepiformes



- Ojos en posición laterales
- Presencia de aletas dorsales y anales
- Aleta caudal grande
- Cabeza/cuerpo cilíndricos
- Rostro corto, redondeado (\approx peces)

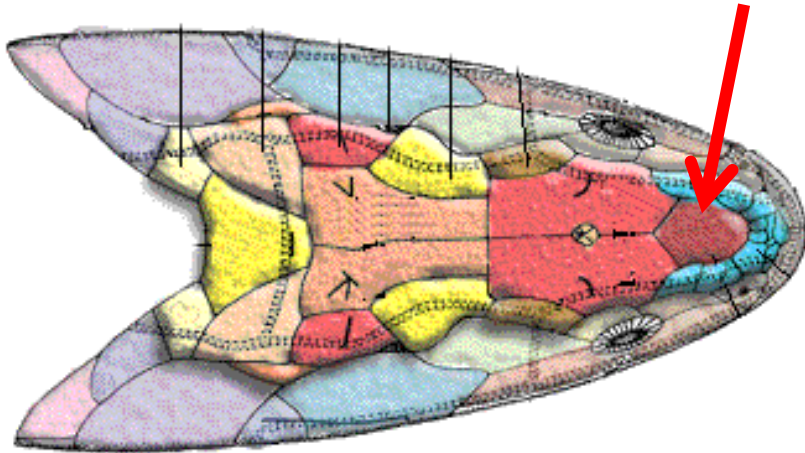
Elpistostegalia



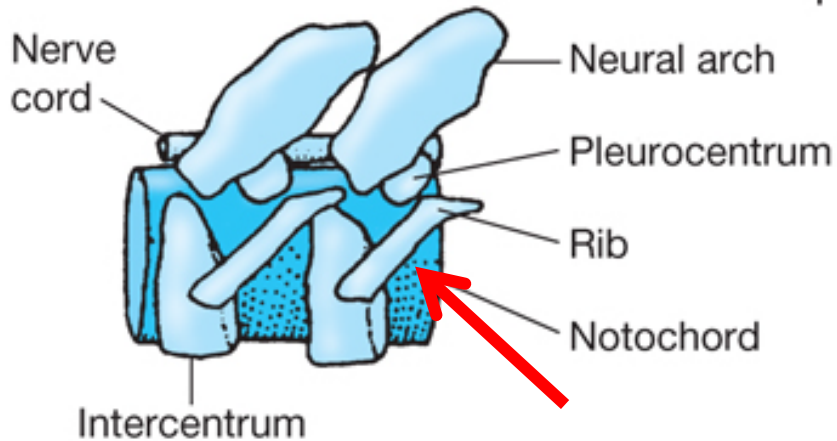
- Ojos en posición dorsal
- Ausencia de aletas dorsales y anales
- Aleta caudal reducida
- Cabeza/cuerpo aplanado dorsoventralmente
- Rostro alargado (\approx hocico de tetrápodos)

Osteolepiformes

- Hueso frontal único

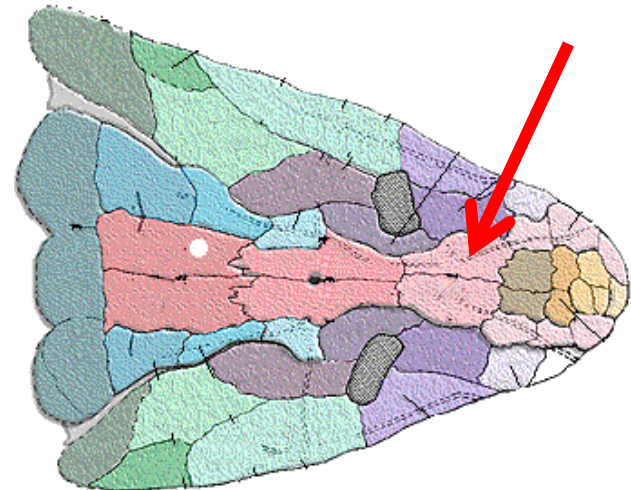


- Costillas proyectadas dorsalmente

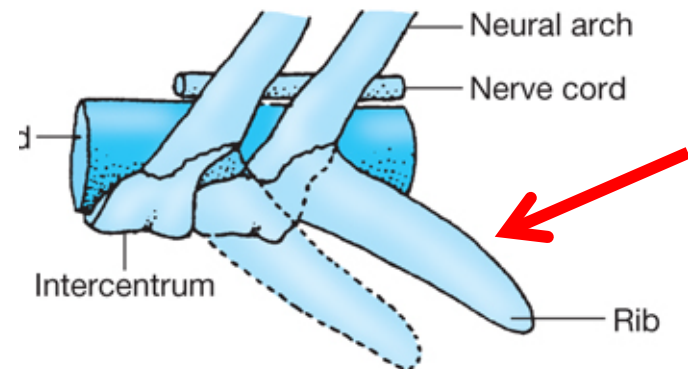


Elpistostegalia

- Huesos frontales pareados (= tetrápodos)



- Costillas proyectadas ventralmente (= tetrápodos)



Tetrápodos

Late Devonian lobe-finned fish and amphibious tetrapods.

Tierra

Tiktaalik

Ichthyostegia

Ríos,
pantanos, y
bajíos

Panderichthys

Acanthostegia

Eusthenopteron

Coelacanth

Mar

millions of years ago

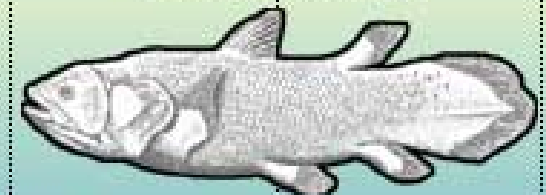
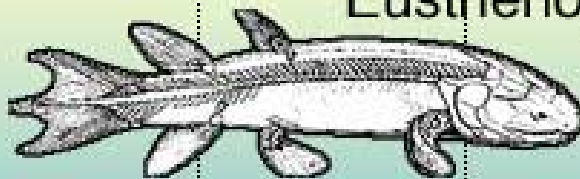
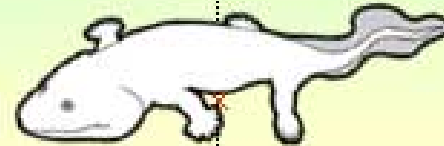
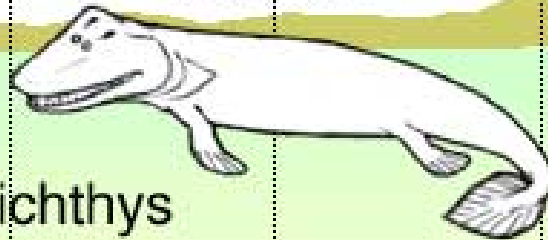
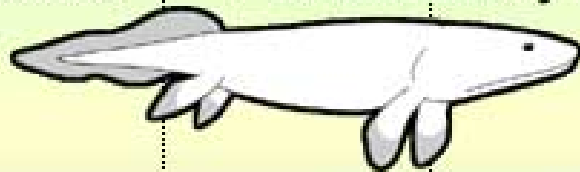
385

380

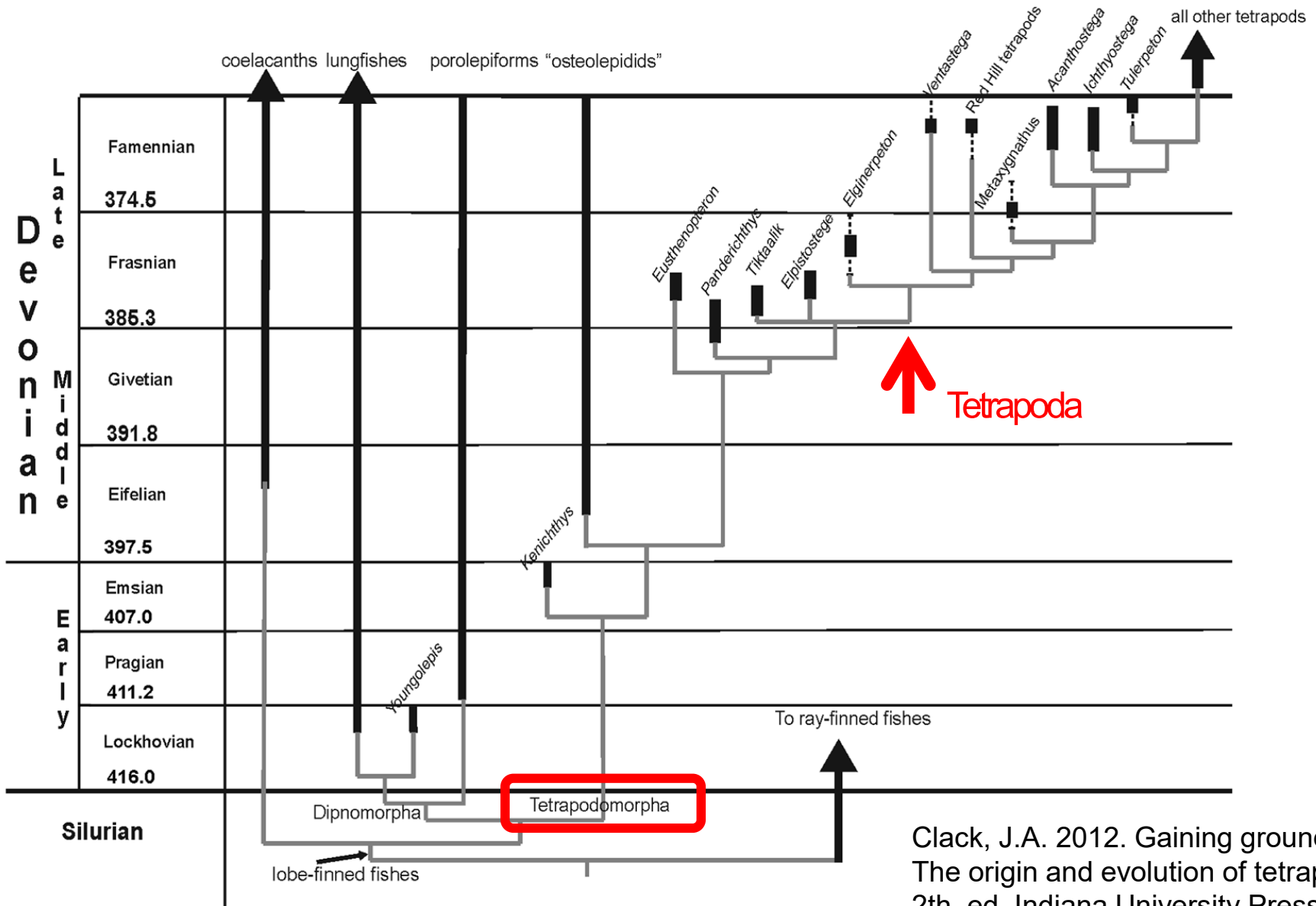
375

365

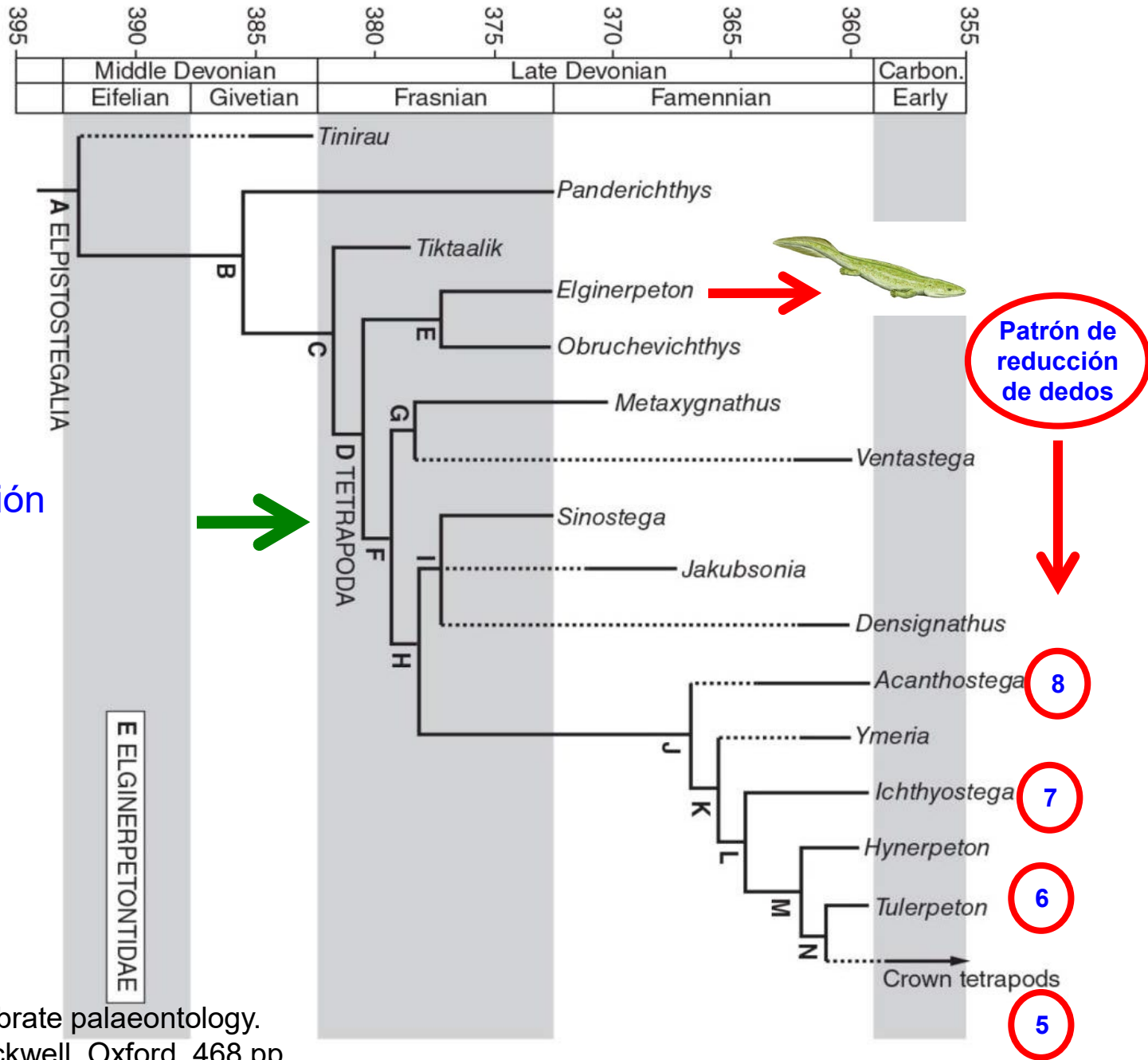
360



Filogenia de Tetrapoda. ¿Cuándo evolucionaron?



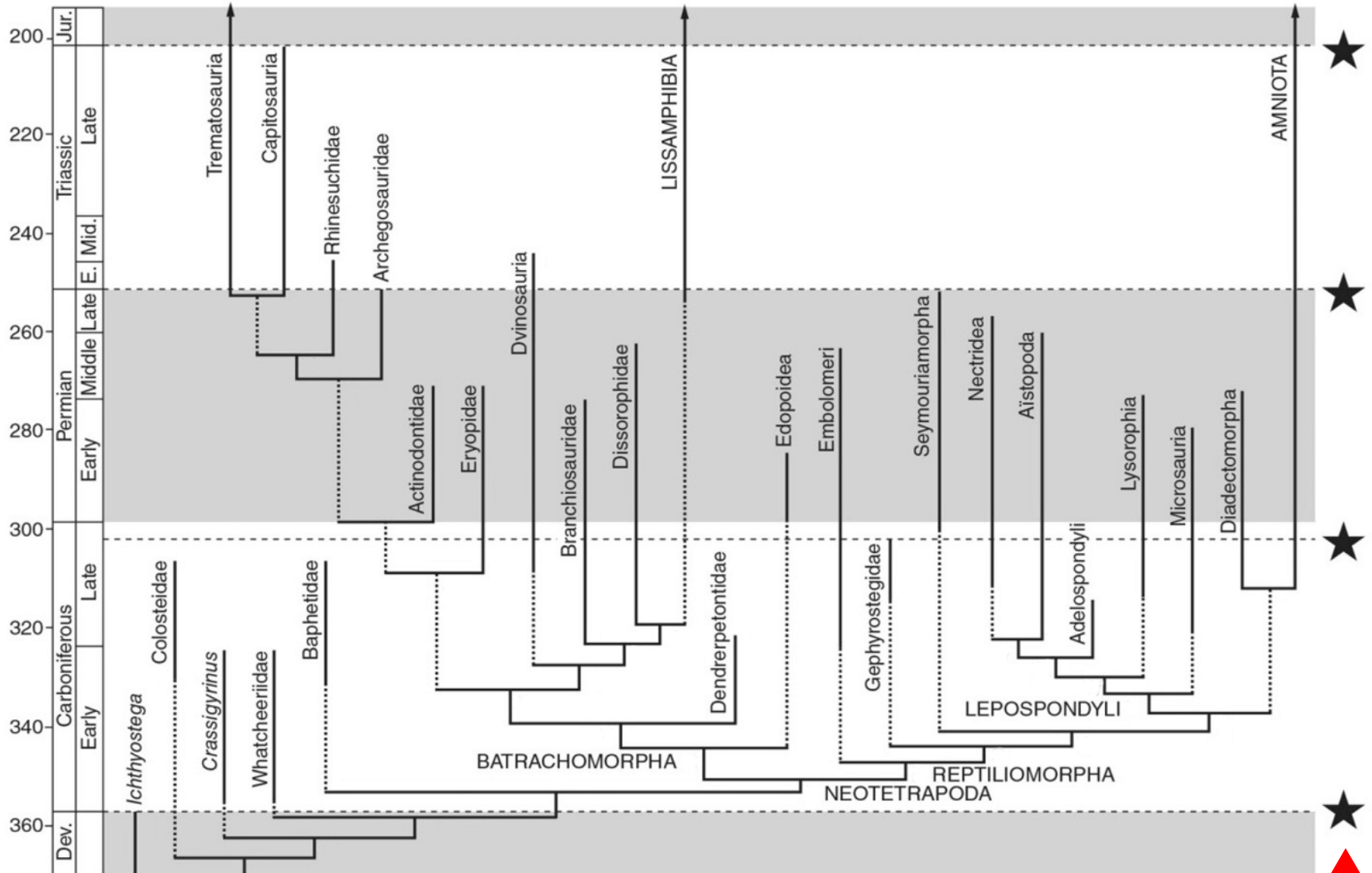
Clack, J.A. 2012. Gaining ground. The origin and evolution of tetrapods. 2th ed. Indiana University Press, Bloomington, USA. 523 pp.



- Relaciones con peces elpistotegálios

- Patrón de reducción de dedos en tetrápodos

Relaciones entre tetrápodos basales y tetrápodos posdevónicos (Neotetrapoda)



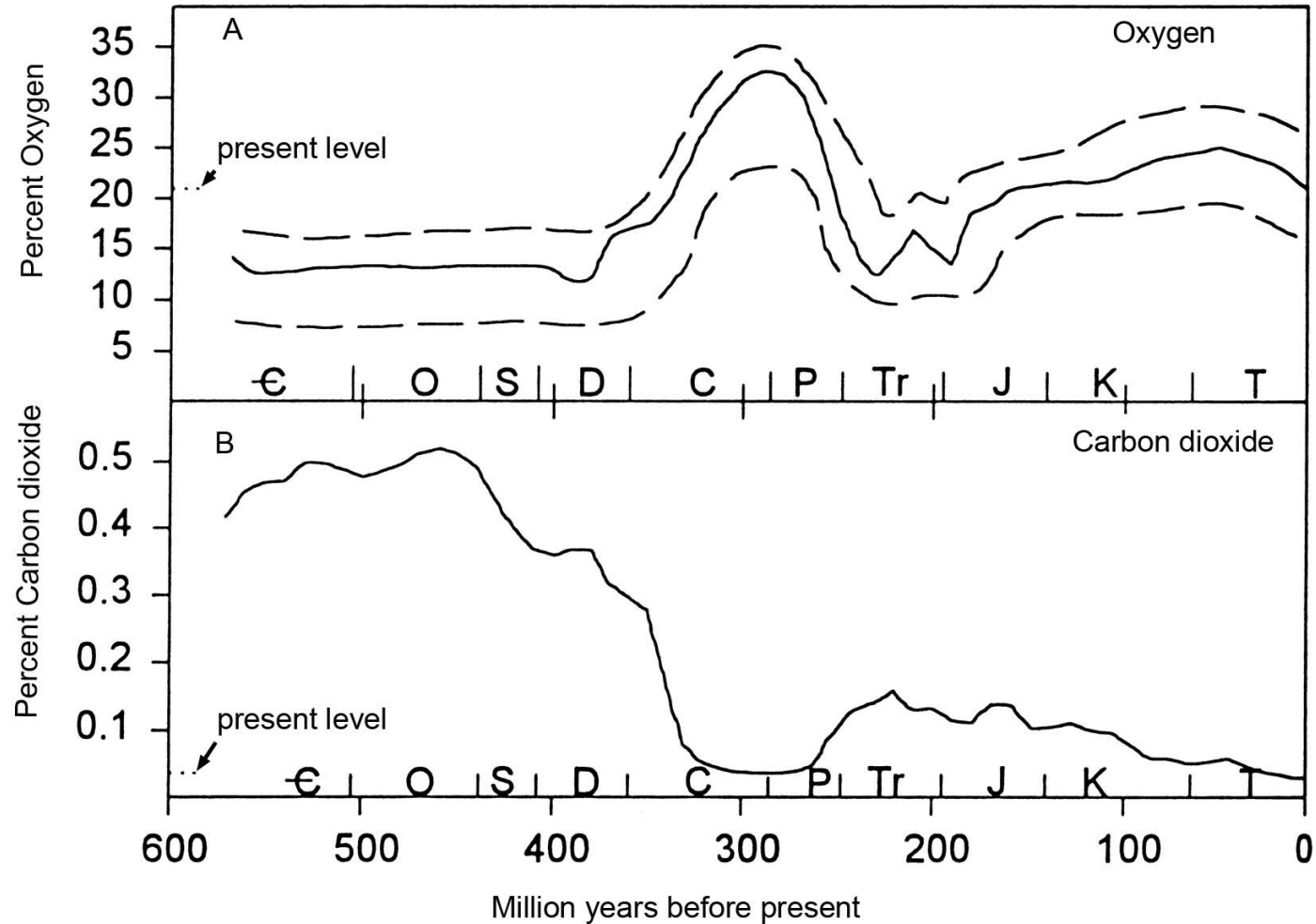
Benton, M.J. 2015. Vertebrate palaeontology. Fourth edition. Wiley Blackwell, Oxford. 468 pp.

Extinción



¿Cómo era el ambiente donde evolucionaron los tetrápodos?

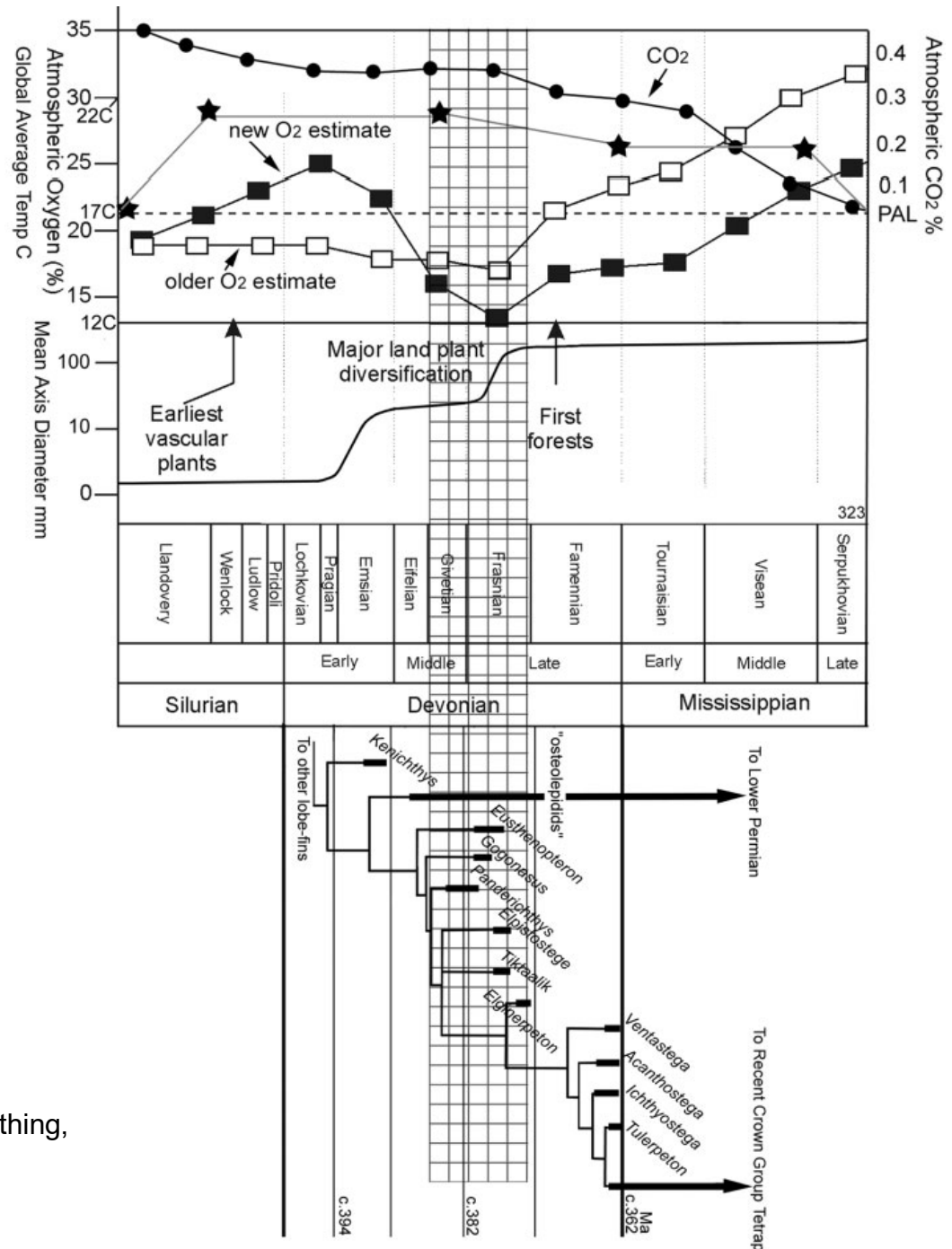
Niveles de O₂ y CO₂ en la atmósfera del Devónico



¿Cómo era el ambiente donde evolucionaron los tetrápodos?

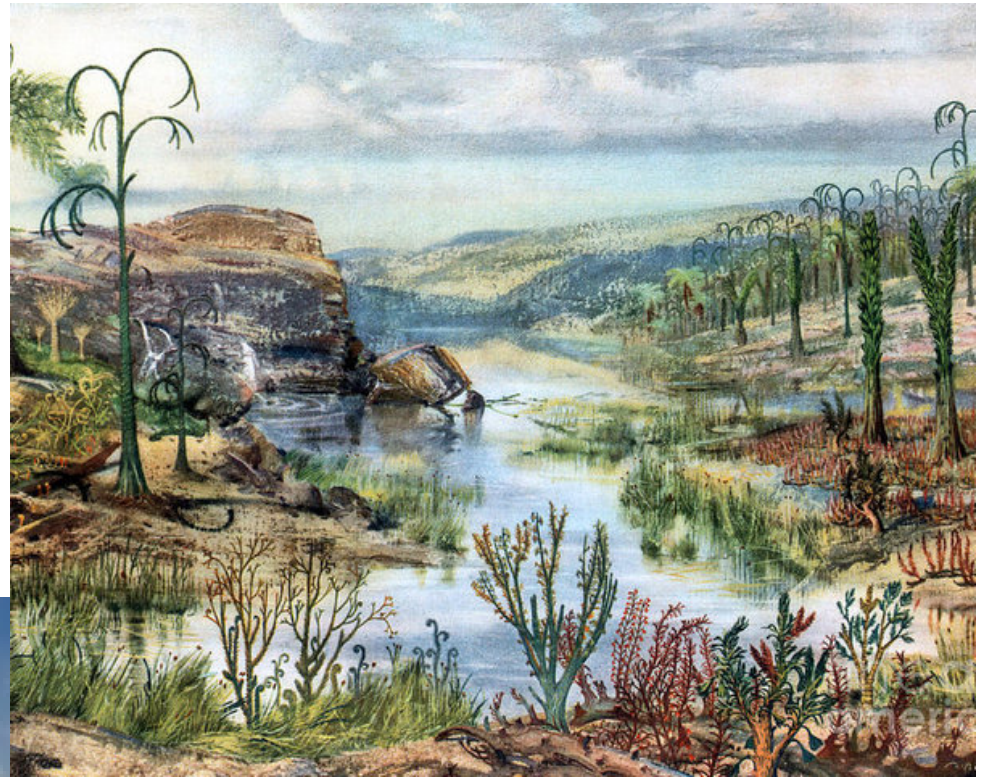
Devónico:

- O₂
- CO₂
- Temperatura (°C)
- Diámetro de árboles (mm)

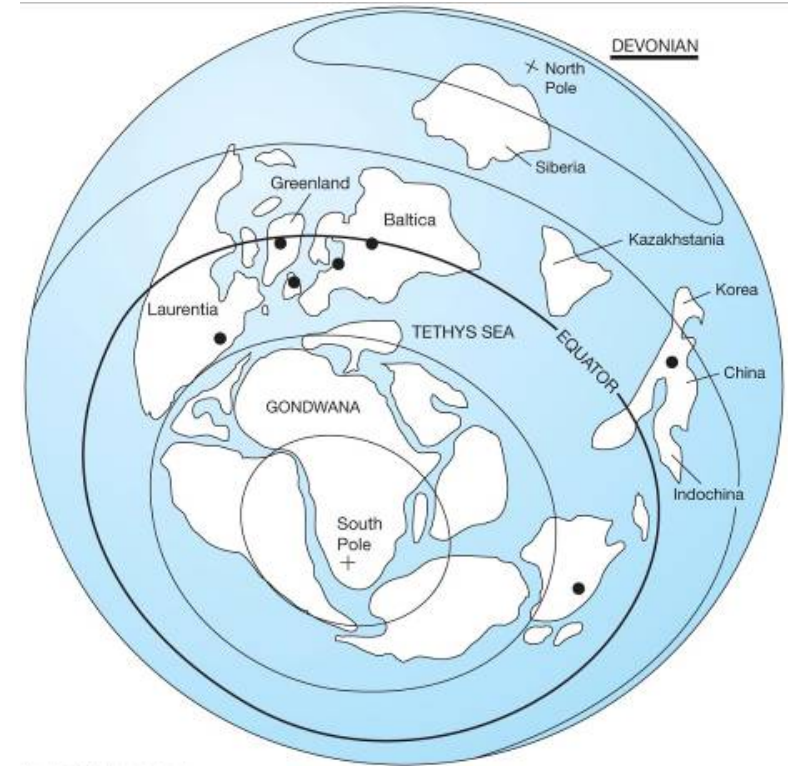
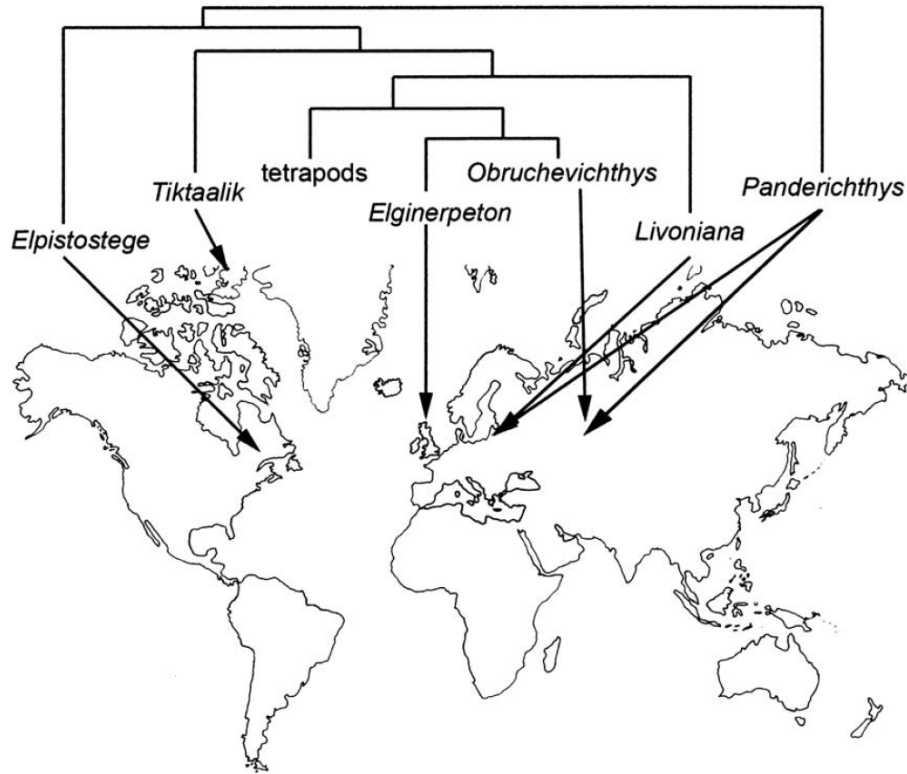


Clack, J.A. 2007. Devonian climate change, breathing, and the origin of the tetrapod stem group. *Integr. Comp. Biol.* 47: 510-523

Paisaje Devónico



¿Dónde evolucionaron los tetrápodos?



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Clack, J.A. 2012. Gaining ground. The origin and evolution of tetrapods. 2th ed. Indiana University Press, Bloomington, USA. 523 pp.



Mayoría de especies conocidas de peces tetrapódormorfos y primeros tetrápodos:

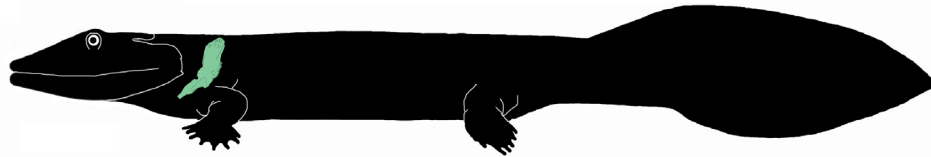
- **Laurasia en el Devónico**
- **Ecuatoriales (tropicales)**

Pero existieron tetrápodos “polares” en el Antártico!

A tetrapod fauna from within the Devonian Antarctic Circle



Umzantsia amazana



10 cm

Tutusius umlambo



Gess, R. & Ahlberg, P.E. 2018. A tetrapod fauna from within the Devonian Antarctic Circle. *Science* 360: 1120-1124

Ganando tierra: Adaptaciones Mecánicas

Levantar el cuerpo del suelo

Propulsión en tierra

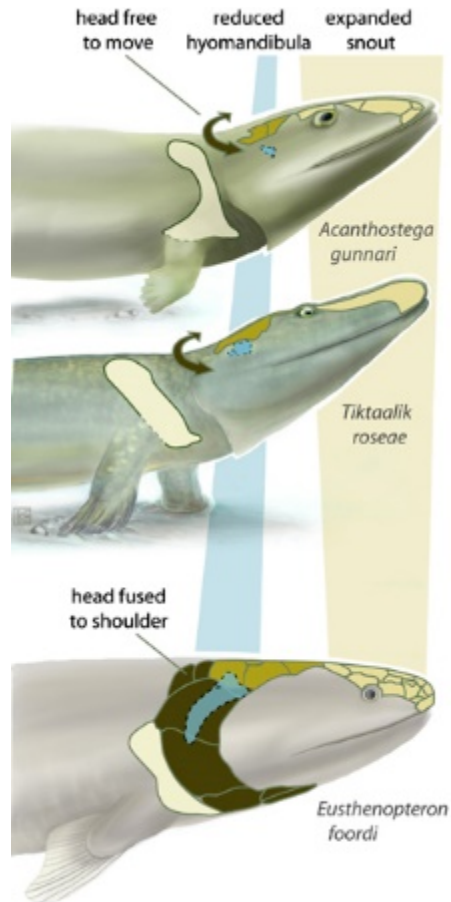
Cintura pectoral se separa del cráneo

Locomoción dependiente de gravedad

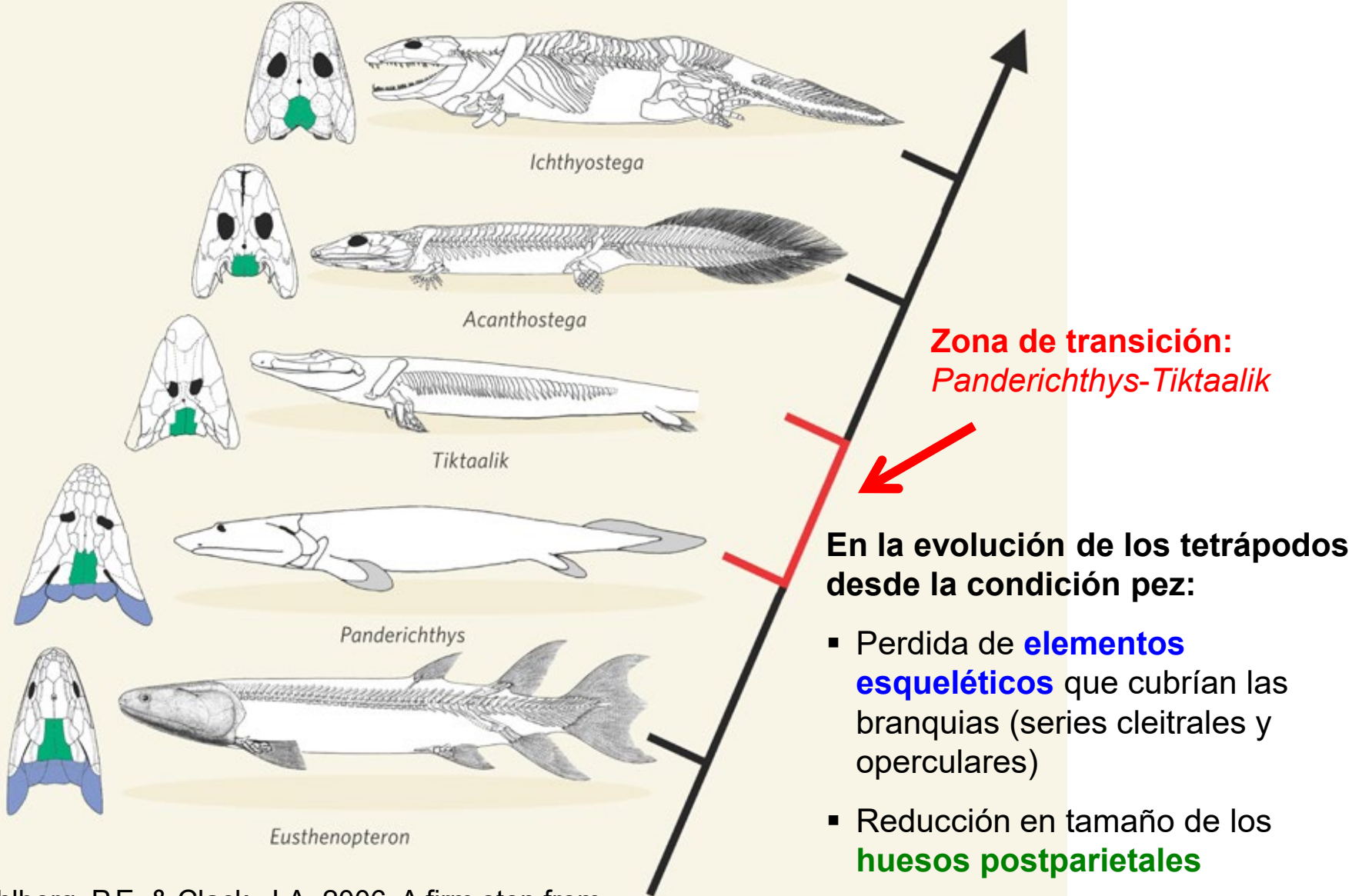
Aparición de la región sacra

Miembros y cinturas más osificadas

Aparición de los dedos



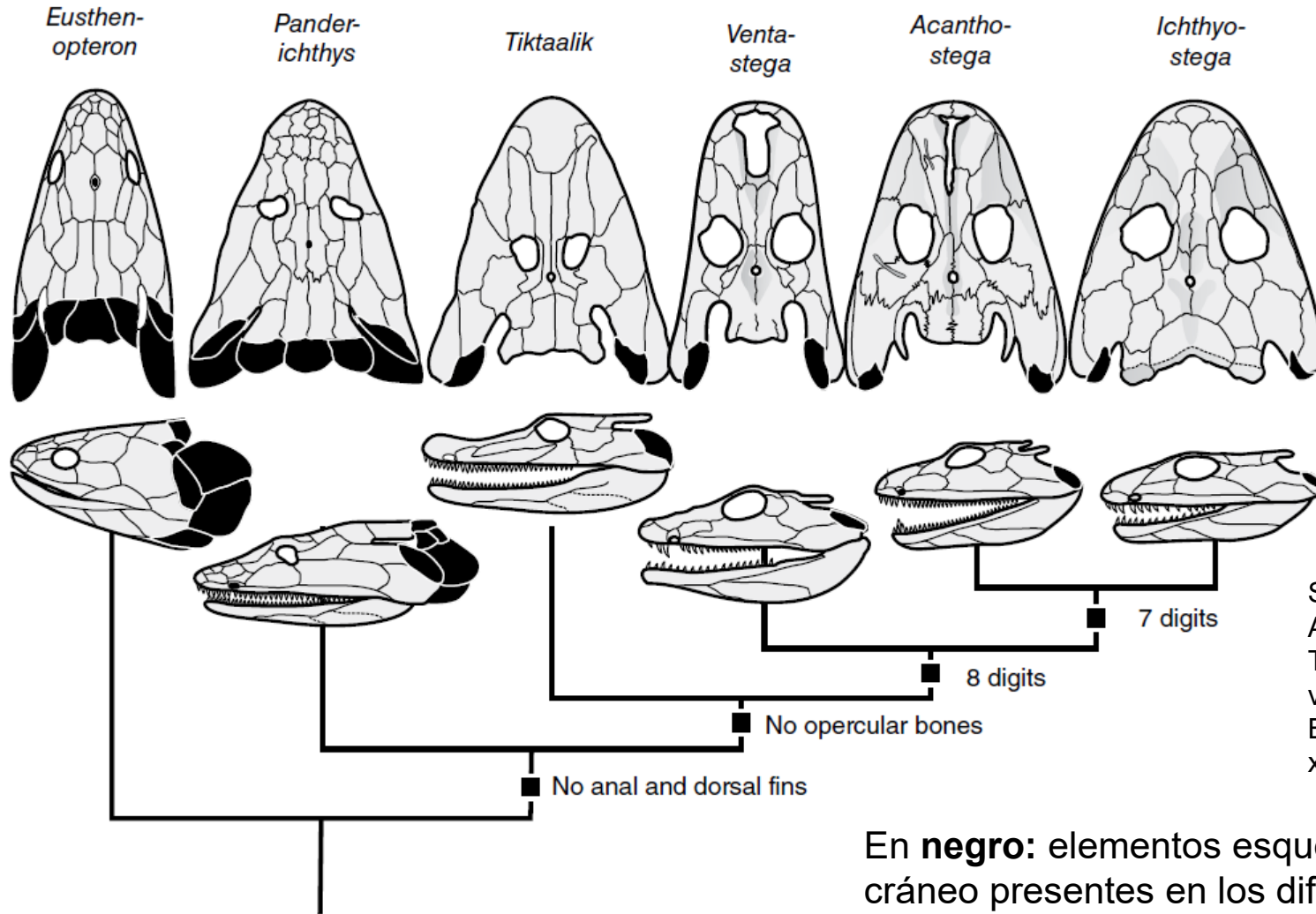
Modificaciones osteológicas craneales



Ahlberg, P.E. & Clack, J.A. 2006. A firm step from water to land. *Nature* 440: 747-749

Transformación de los cráneos de los peces a los tetrápodos

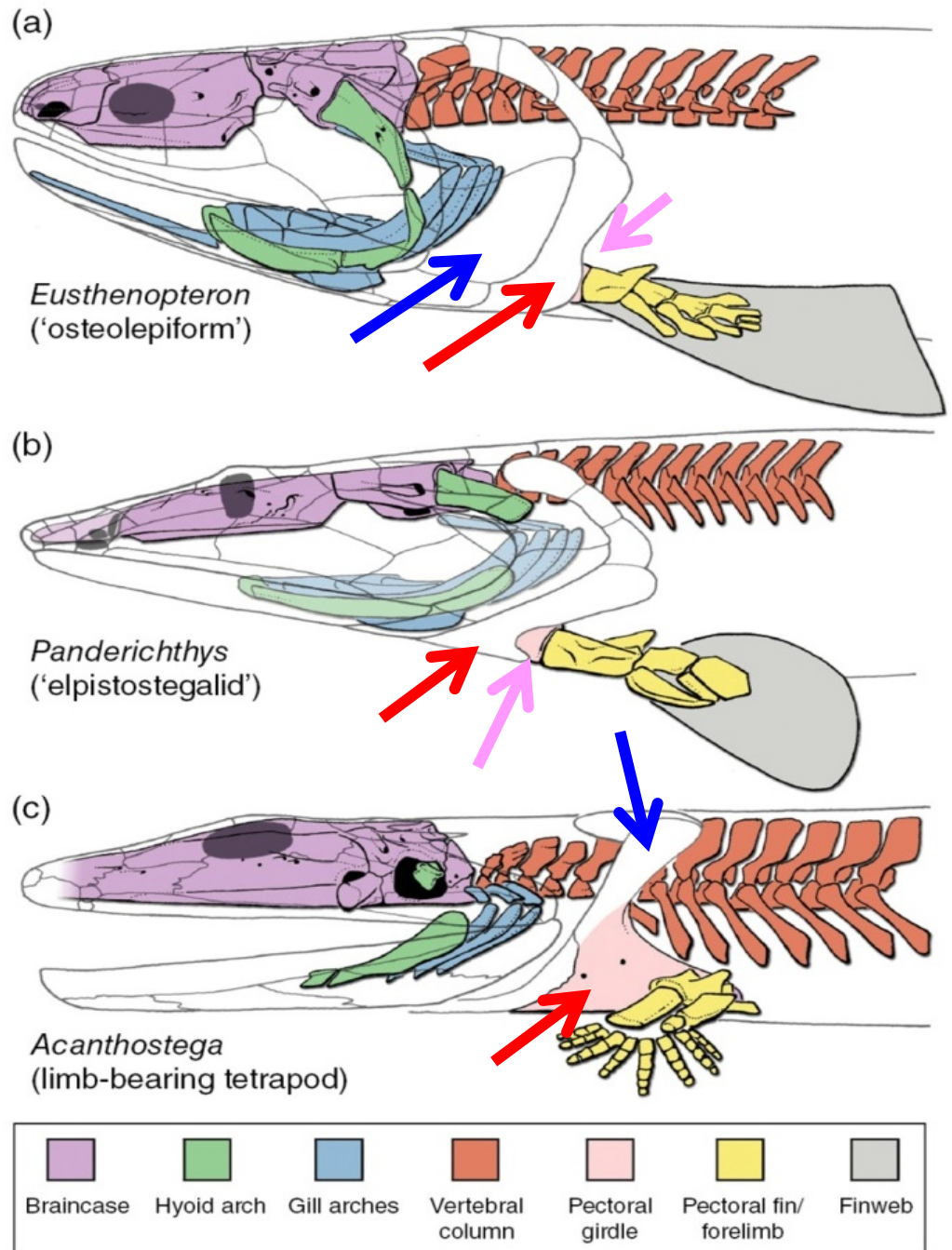
Relaciones sistemáticas entre peces y tetrápodos, mostrando apomorfías importantes



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

Modificaciones osteológicas al nivel de la cintura pectoral

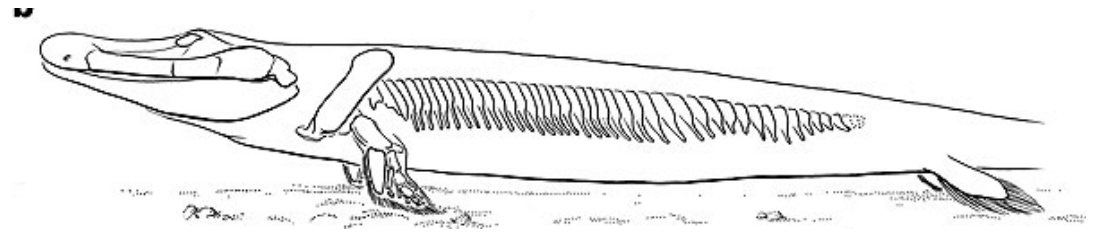
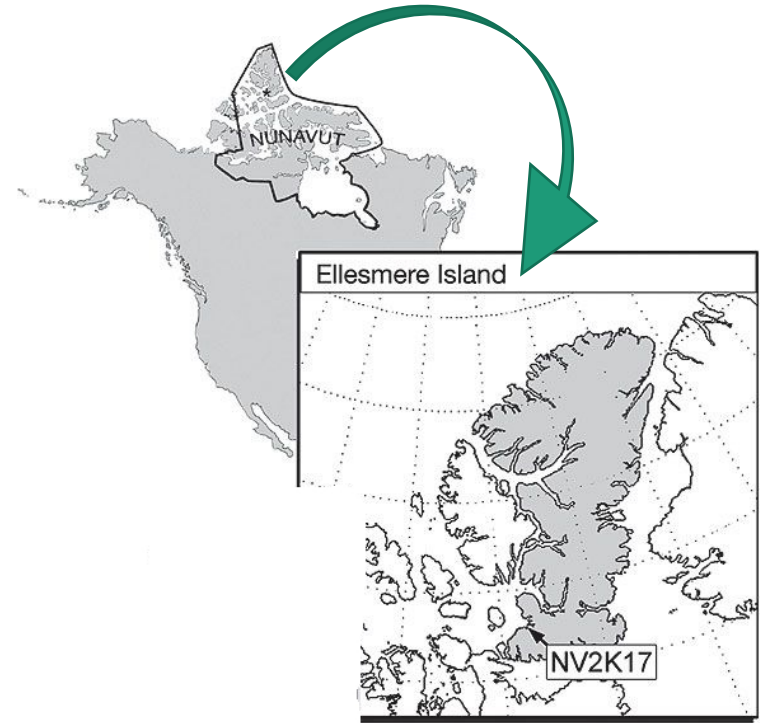
- a) Cintura pectoral (en color rosa) unida al cráneo a través del **cleitron** (flecha roja) y este al **hueso opercular** (flecha azul)
- b) Cintura pectoral (en color rosa) unida al cráneo a través del **cleitron** (flecha roja), con separación de la región opercular
- c) Cintura pectoral separada del cráneo en tetrápodos. Cleitron no esta en contacto con la extremidad (flecha azul). Mayor desarrollo de la cintura pectoral (flecha roja)



Evolución de la extremidad tetrápoda

A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan

El nuevo eslabón: *Tiktaalik roseae*



Daeschler, E.B., Shubin, N.H. & Jenkins, F.A., Jr. 2006. A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan. Nature 440: 757-763

Evolución de la extremidad tetrápoda



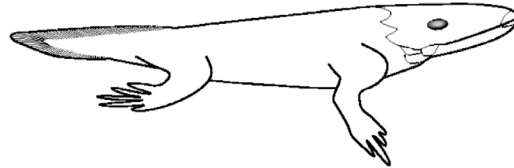
Filogenia y forma de las patas y las aletas

Fósil

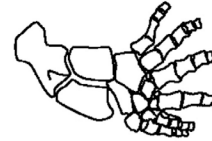
Forma corporal

Aleta/Pie

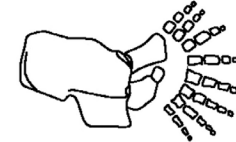
Tulerpeton



Ichthyostega



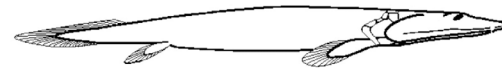
Acanthostega



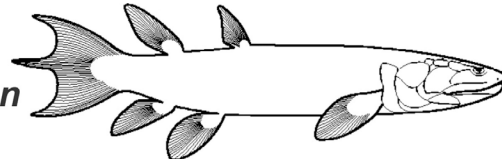
Tiktaalik



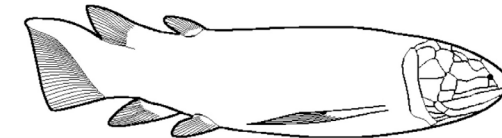
Panderichthys



Eusthenopteron



Glyptolepis



Tetrápodos
del
Devónico

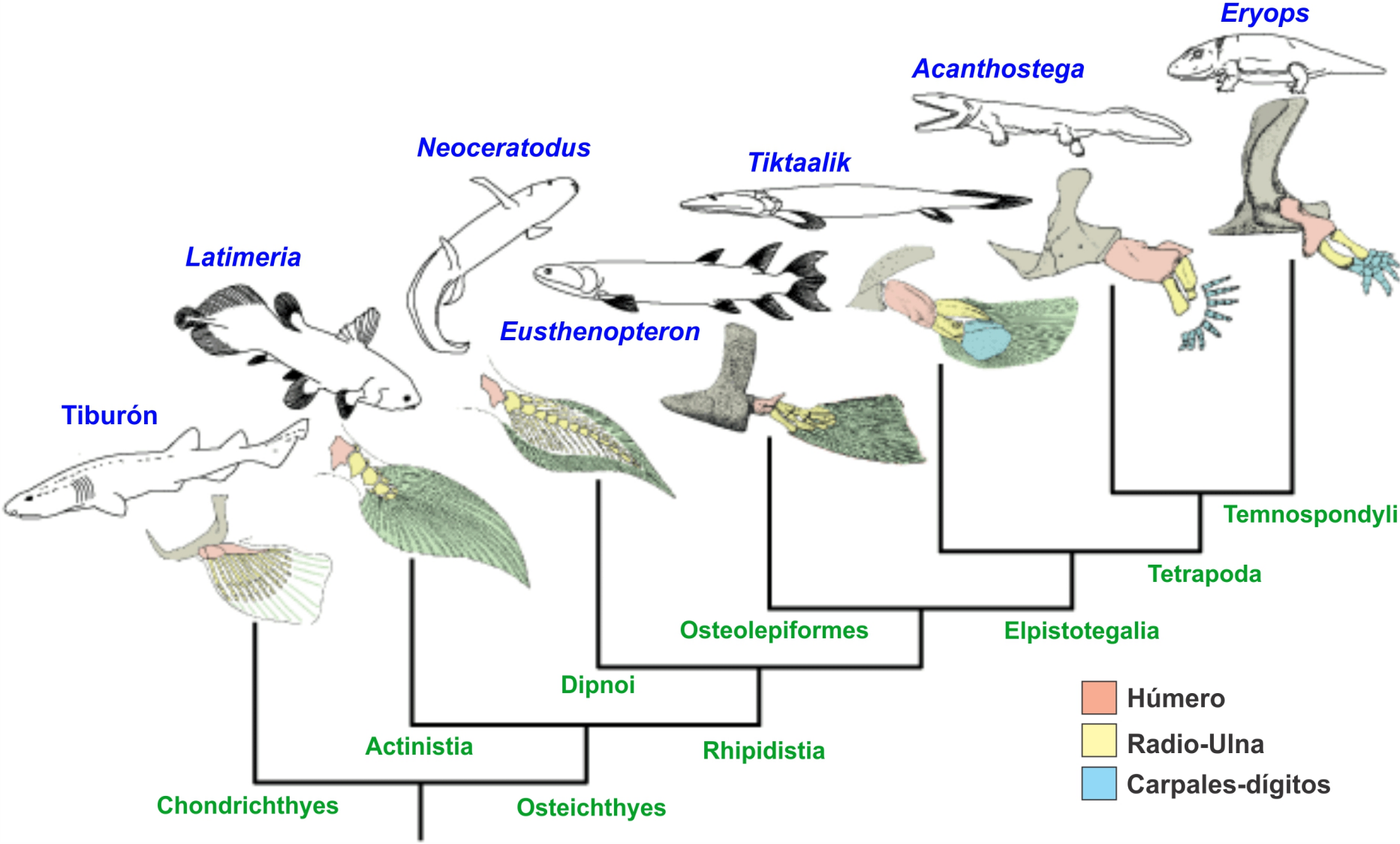
Elpistostegalia
(Elpistostegidae)

Osteolepiformes

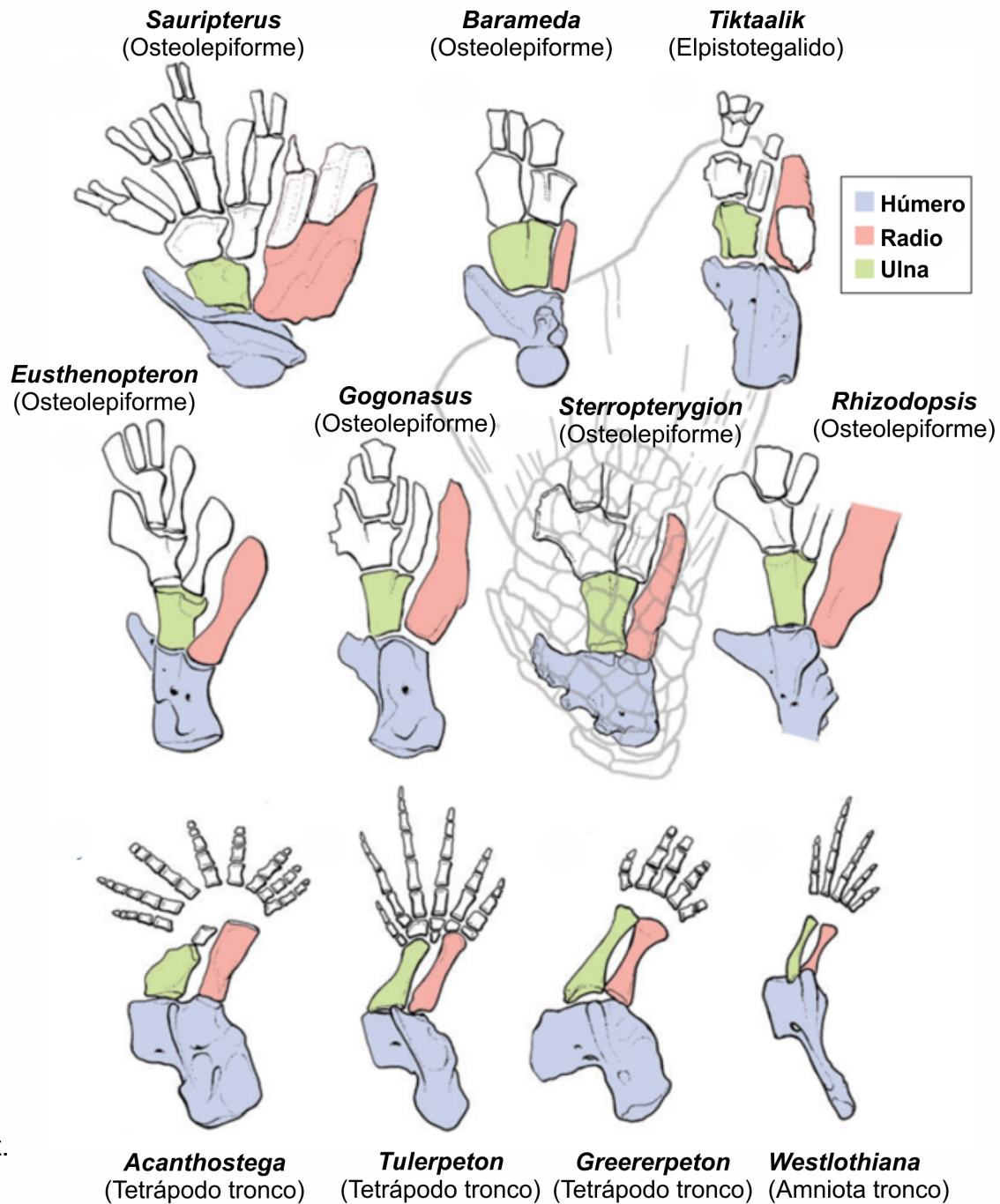
Otros
Rhipidistia

→ Indica forma de la aleta caudal

Modificaciones extremidad anterior



Esqueletos de aletas y extremidades

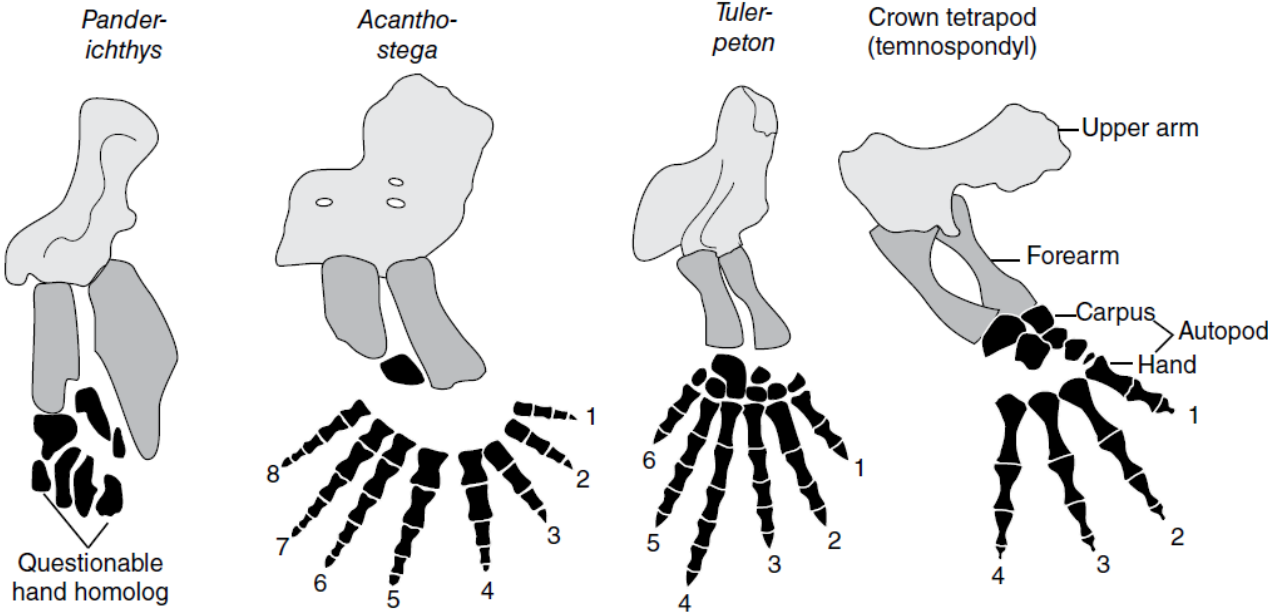


Coates, M.I., Ruta, M. & Friedman, M. 2008. Ever since Owen: changing perspectives on the early evolution of tetrapods. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 39: 571-592

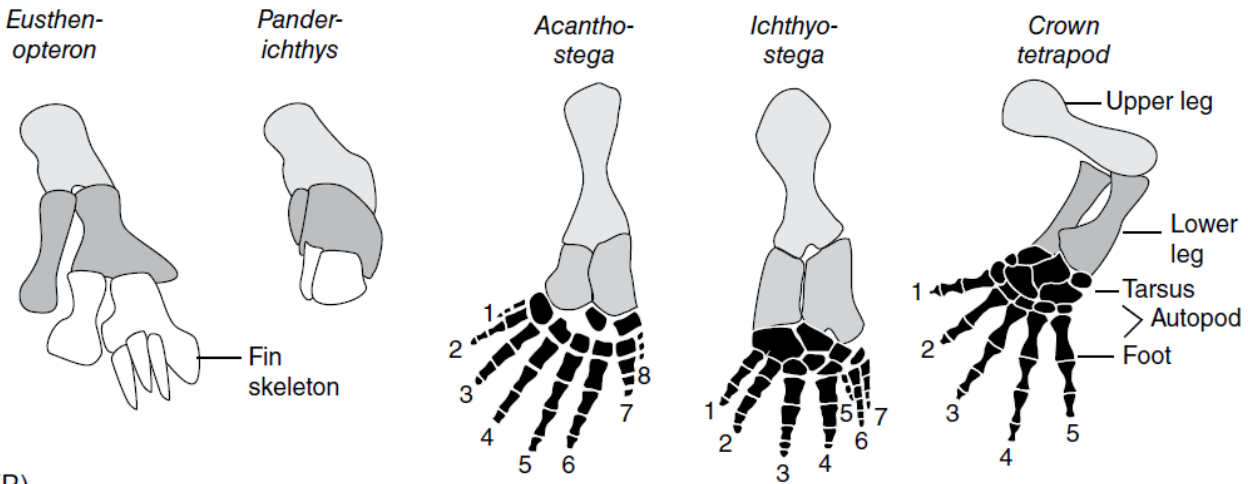
Fish **Tetrapod**

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

Braço



Pierna

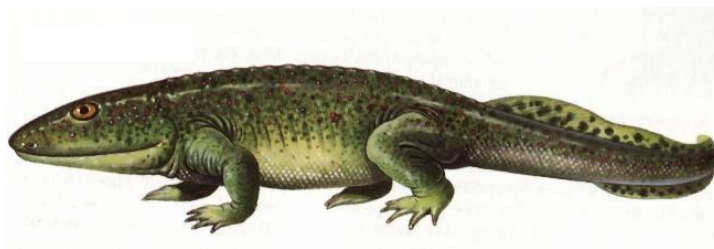
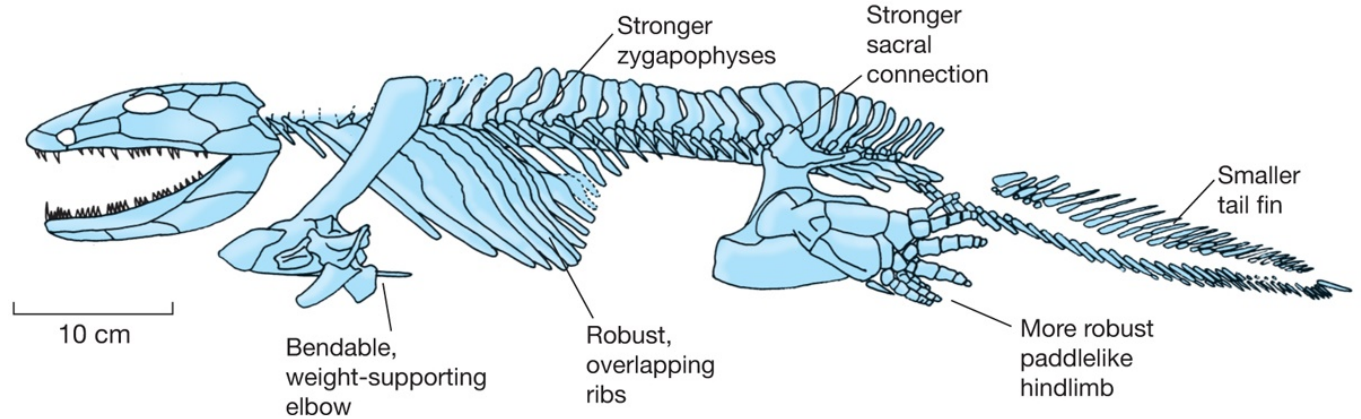
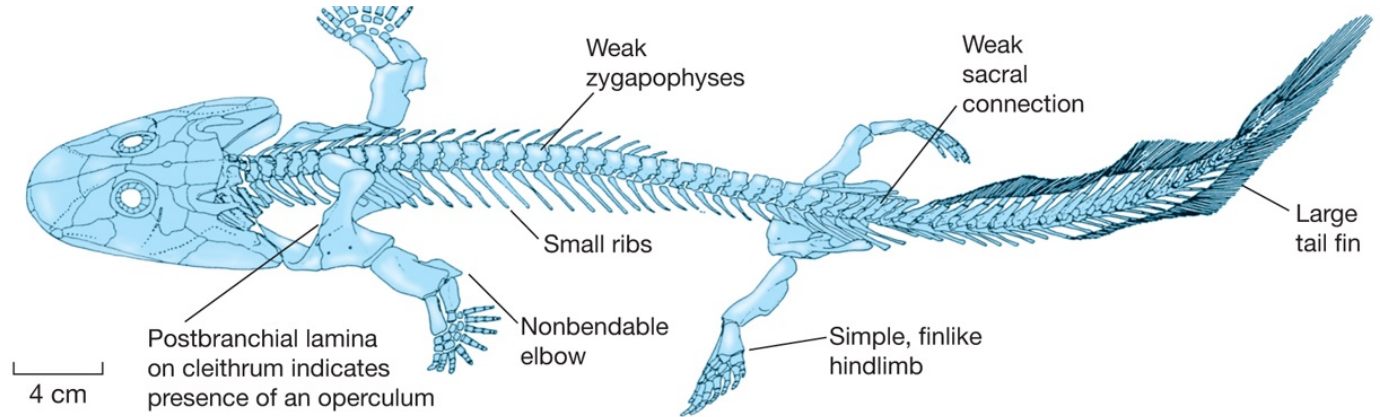
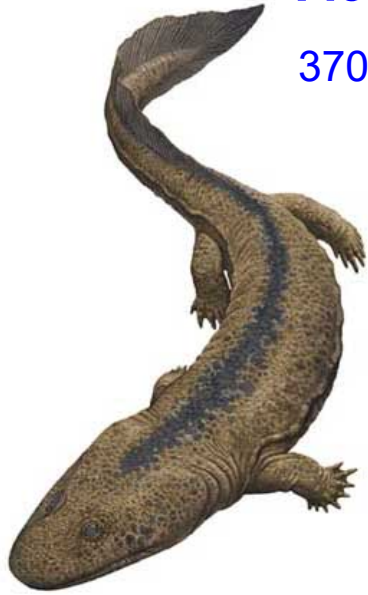


(B)

Tetrápodos

Acanthostega (acuático)

370-360 m.a.



Ichthyostega (terrestre)

367-362,5 m.a.

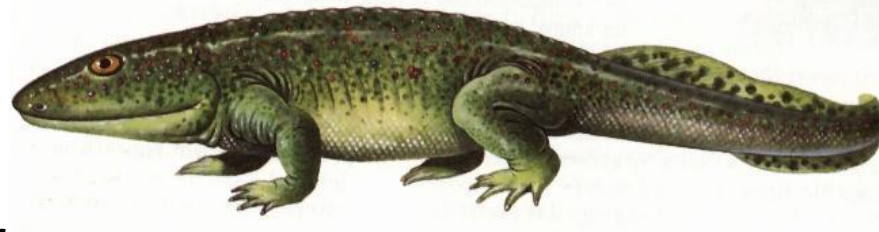
Modo de vida de los primeros tetrápodos

Tetrápodos del Devónico tardío (finales): indiscutiblemente **acuáticos**

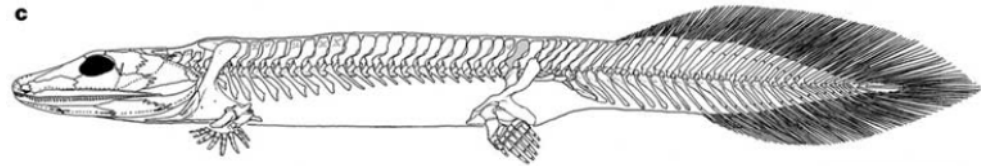
- Cuerpo aplanado dorsoventralmente) e hidrodinámico; retención de aleta caudal, sistema de línea lateral y branquias internas



Ichthyostega

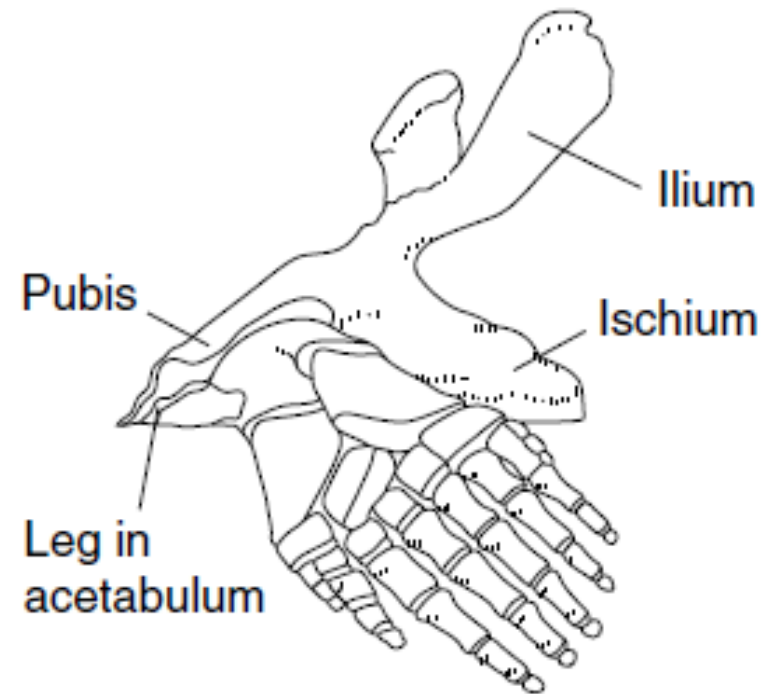
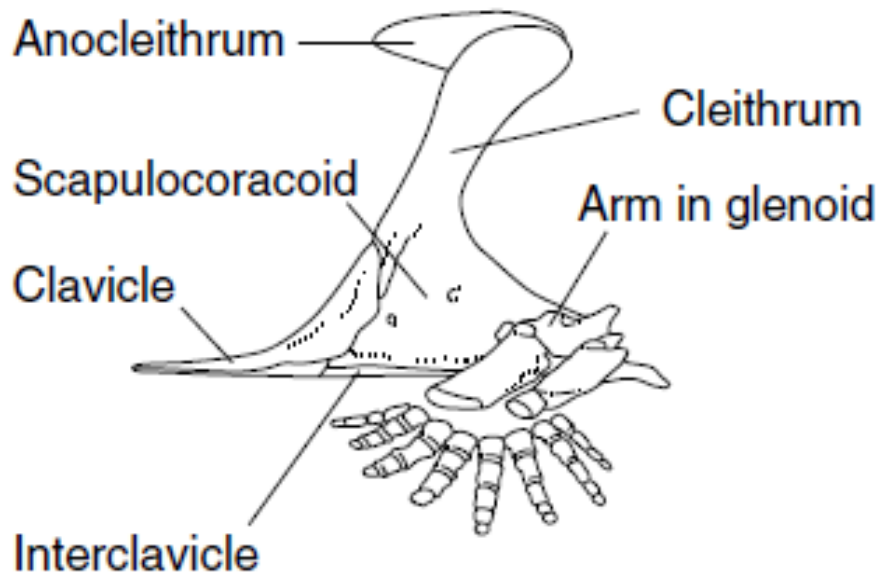


- Columna vertebral flexible: facilitó la natación mediante un barrido (latigazo) potente de sus colas (como en los peces)



Acanthostega

- Por la orientación de las cinturas pectoral y pélvica, y la formas de los huesos de las extremidades: patas para nadar y no para caminar

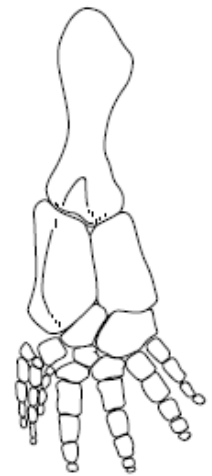


Cinturas pectoral y pélvica (con extremidad) de *Acanthostega*

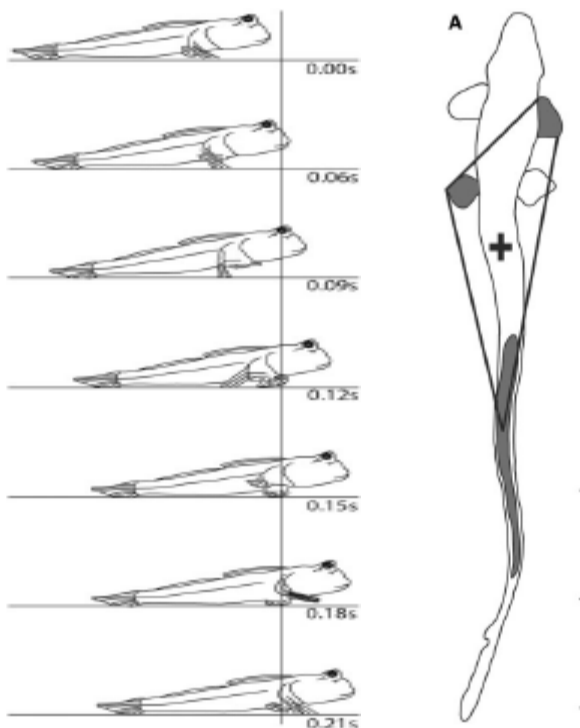
- Manos y pies, con extradígitos, anchos y aplanados: usados más como remos que como patas
- *Ichthyostega*, por su peso, no pudo soportar su peso sobre las extremidades (Pierce *et al.* 2012, 2013)



**Brazo y mano de
*Acanthostega***



**Pierna y pie de
*Ichthyostega***



Locomoción hipotética: levantar región anterior sobre los brazos, moverse en tierra como un pez gobio con movimientos bruscos alternados de brazos y piernas a lado y lado del cuerpo hacia adelante y con la cola y región posterior empujarse de manera arrastrada hacia adelante (Benton 2015; Pierce *et al.* 2013)

Resumen

TURNING TETRAPOD

The evolution of terrestrial tetrapods from aquatic lobe-finned fish involved a radical transformation of the skeleton. Among other changes, the pectoral and pelvic fins became limbs with feet and toes, the vertebrae became interlocking, and

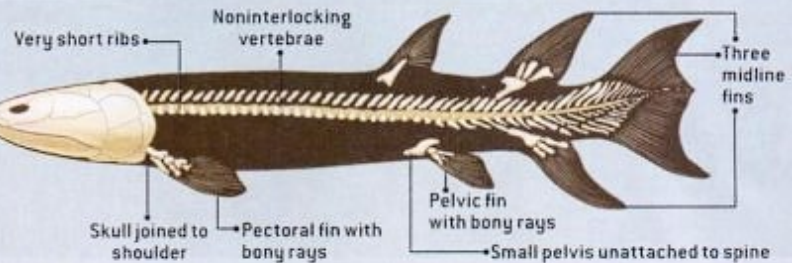
the tail fin disappeared, as did a series of bones that joined the head to the shoulder girdle (*skeletons*). Meanwhile the snout elongated and the bones that covered the gills and throat were lost (*skulls*).

EUSTHENOPTERON

A lobe-finned fish (385 MYA)

Short snout with many bones

Opercular bones covering gills and throat

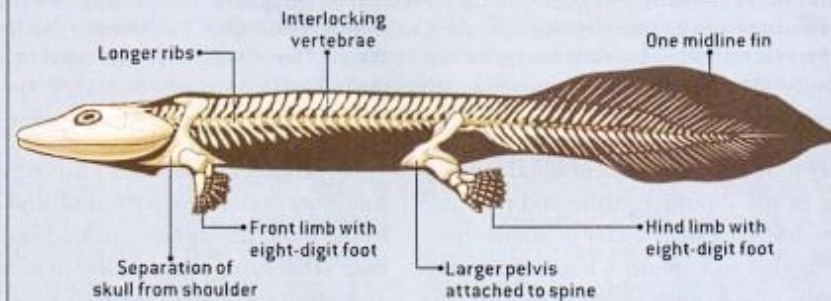
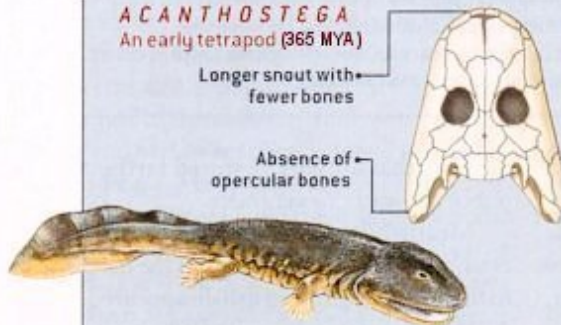


ACANTHOSTEGA

An early tetrapod (365 MYA)

Longer snout with fewer bones

Absence of opercular bones



IGUANIA

A modern iguana

Long snout with few bones

Absence of opercular bones

