



**Clase**  
**AMPHIBIA**

**Tema 5.7**

## Subclase Lissamphibia: tres ordenes

**Anura**



**Caudata**



**Gymnophiona**

# Características generales

## Tetrápodos



## Apodos



**Sin cola**



**Con cola**



**Gymnophiona:**  
cloaca en  
posición terminal



**Gymnophiona:**  
cloaca

cola posterior a la  
cloaca



**Diversidad de formas entre anfibios:** ¿tres grupos de anfibios que son muy diferentes entre si y no relacionados?

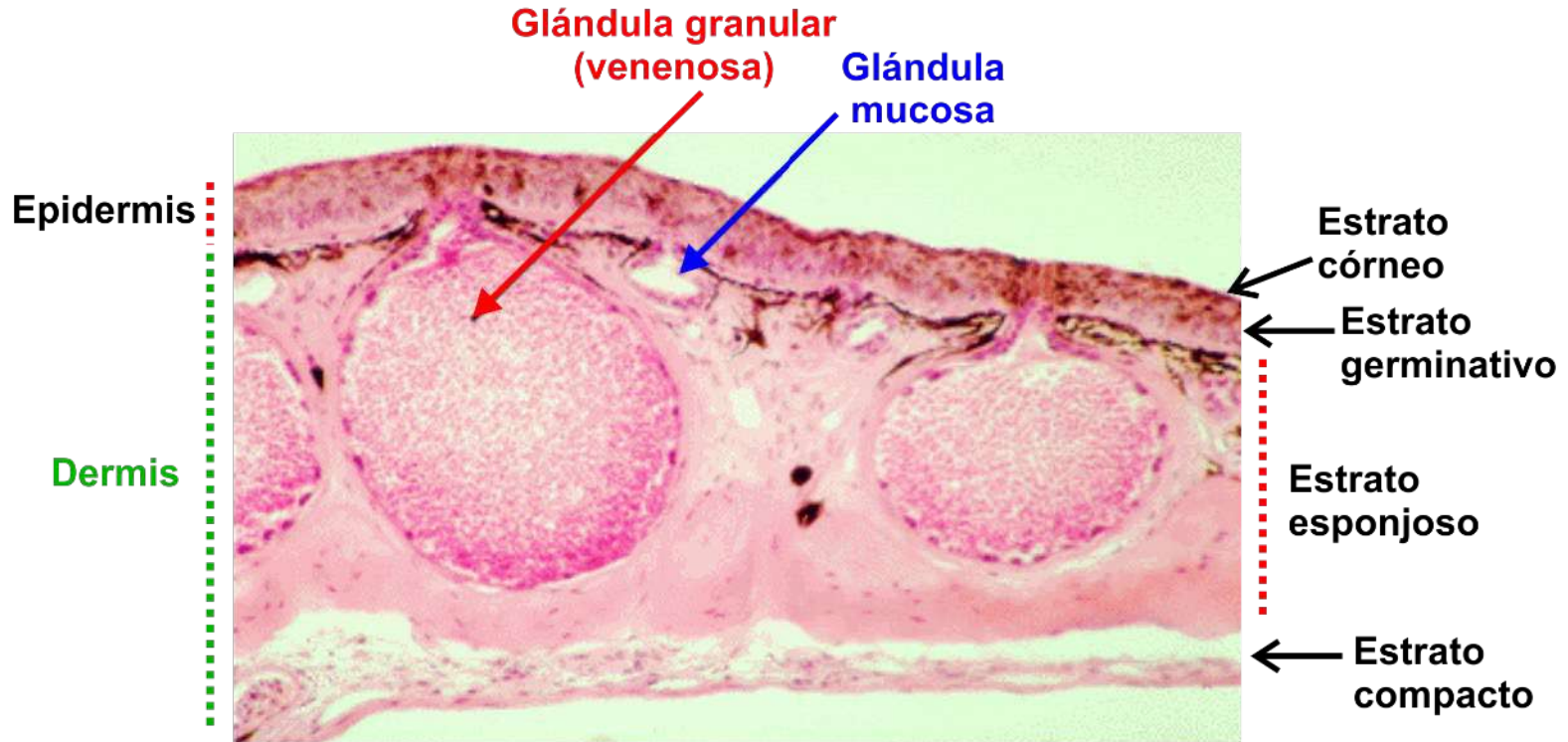


Sin embargo:

- ✓ Los anfibios modernos (Lissamphibia): **grupo monofilético** y como tal, **existencia de sinapomorfías**

# 1. Integumento

Dos tipos de glándulas integumentarias: **mucosas** y **granulares** (= venenosas)

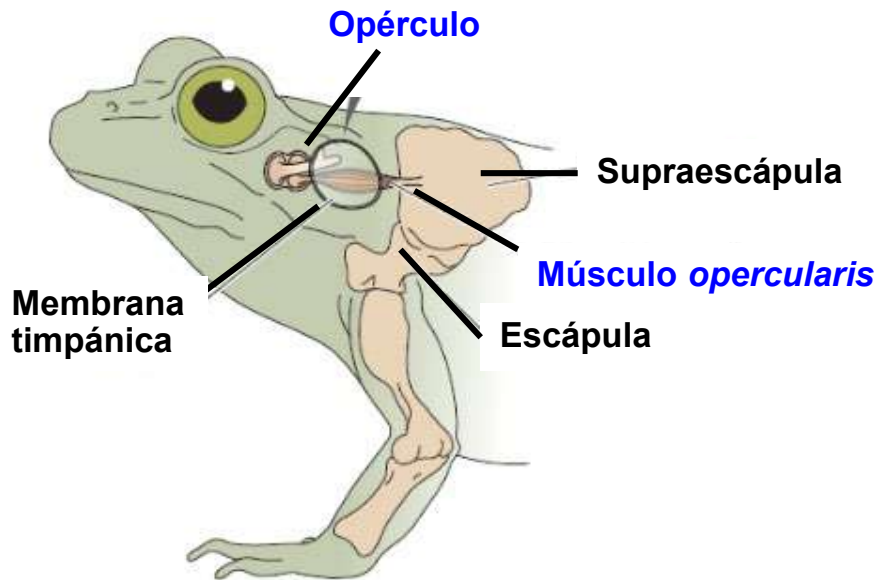
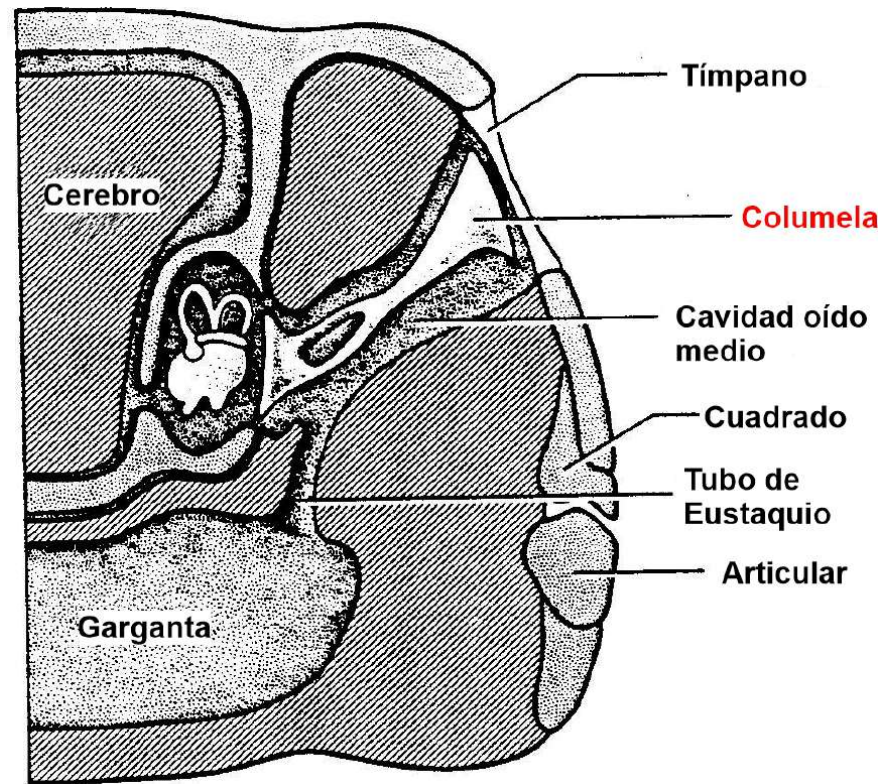


- **Mucosas**: secretan moco para mantener la piel húmeda (respiración cutánea)
  - Similitud de su estructura en los tres órdenes verifica su homología
- **Granulares** (glándulas venenosas): almacenaje de secreciones. estructura idéntica en todas las especies: toxicidad muy variable

## 2. Complejo colúmela-opérculo

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

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

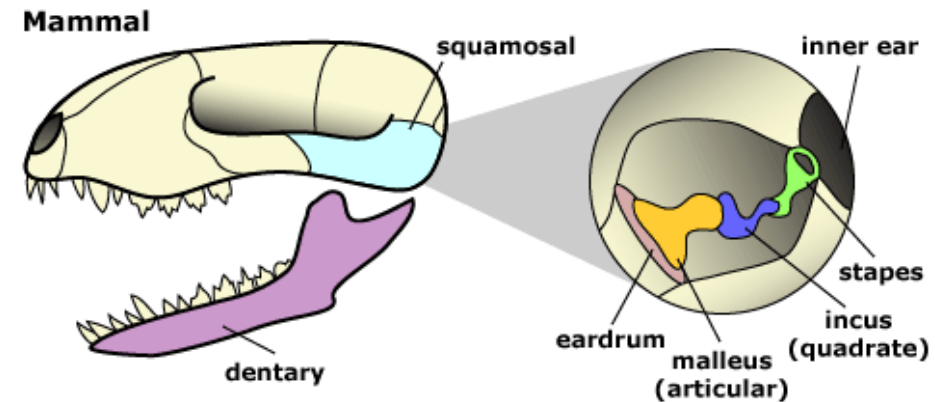
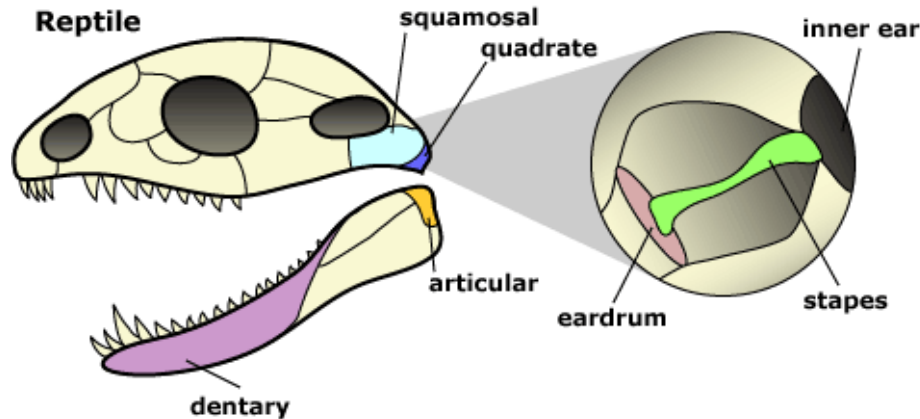
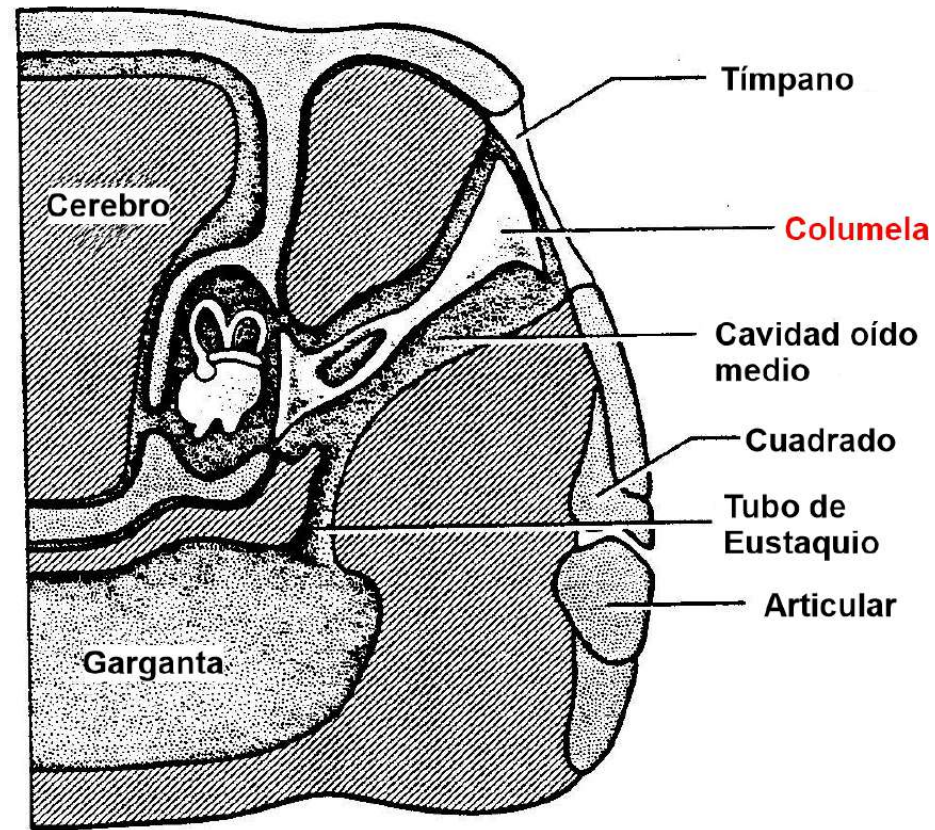


Algunos anuros sin columela; en muchos unida al tímpano

- **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 colúmela

- Dirigida **dorsolateralmente** desde la *fenestra ovalis*
- En otros tetrápodos y estegocephalios se dirige ventrolateralmente





### 3. Papila amphibiorum

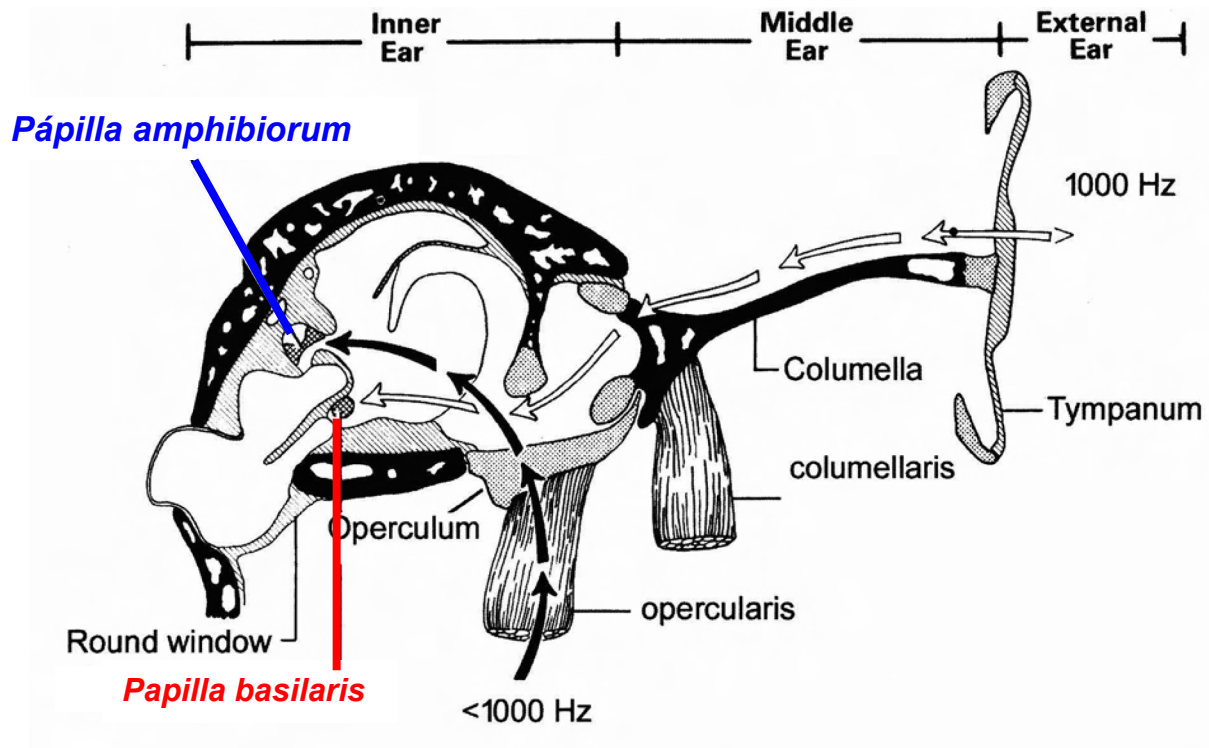
Dos áreas epiteliales sensibles en el oído interno:

**A. Papila basilaris** en el sáculo

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

**B. Papila amphibiorum** en la pared del utrículo

Recibe señales acústicas <1000 Hz, a través del aparato opercular

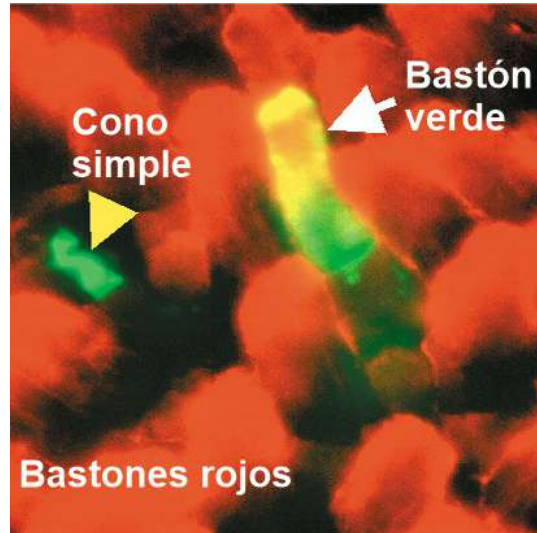


## 4. Bastones verdes

- 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**)

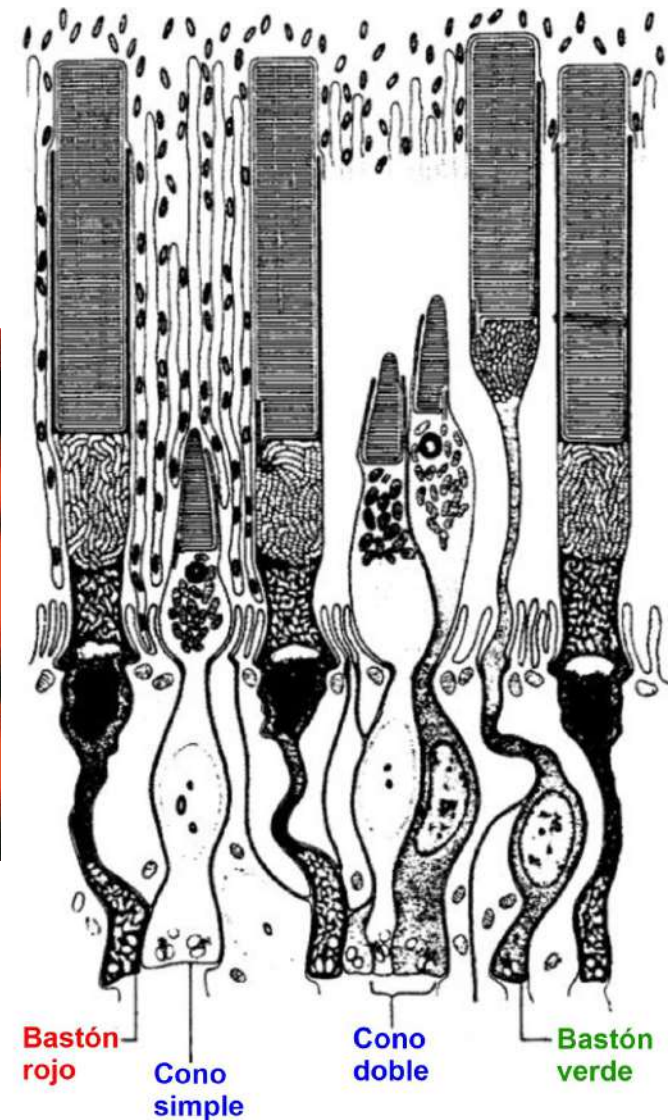
– Bastones rojos: rodopsina



- **Salamandras y anuros:** células fotorreceptoras especializadas

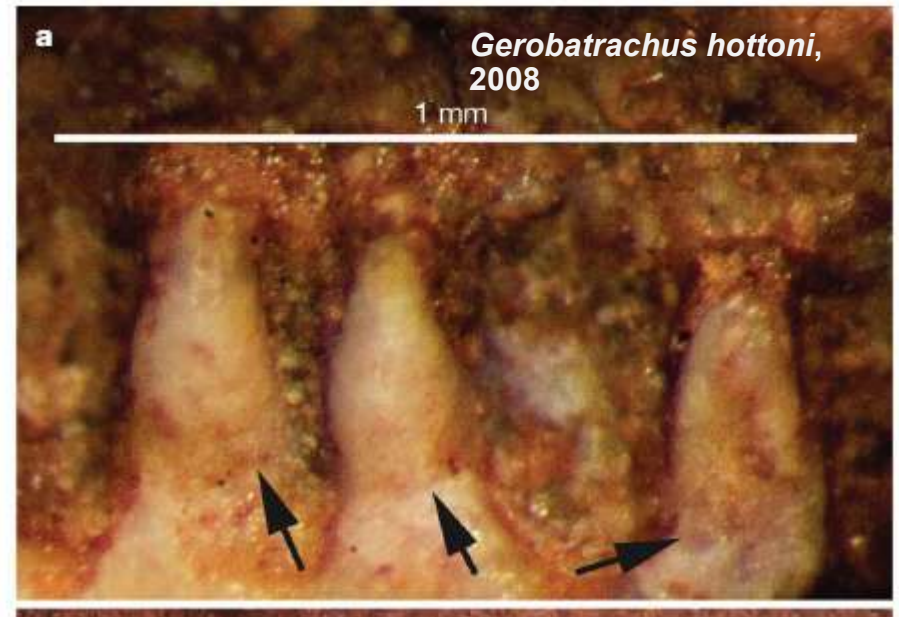
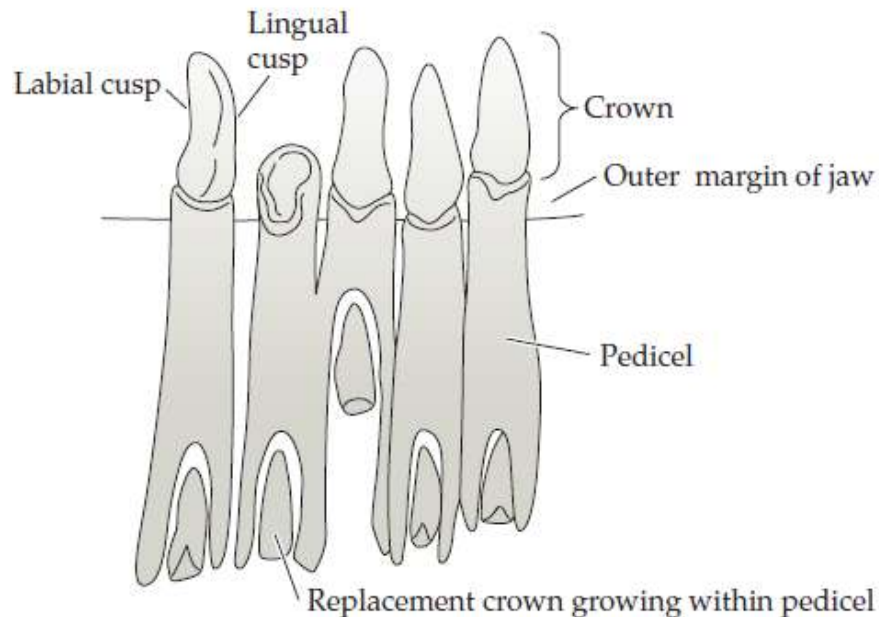
– **Función:** mayor sensibilidad al color que los conos en intensidades de luz muy bajas

- **Aparentemente no presentes en caecilias** (hábitos subterráneos)



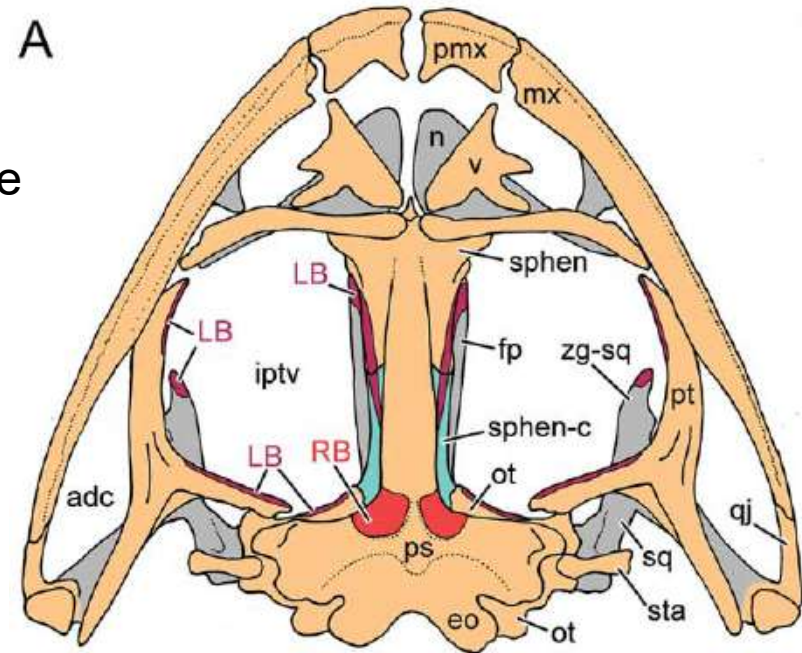
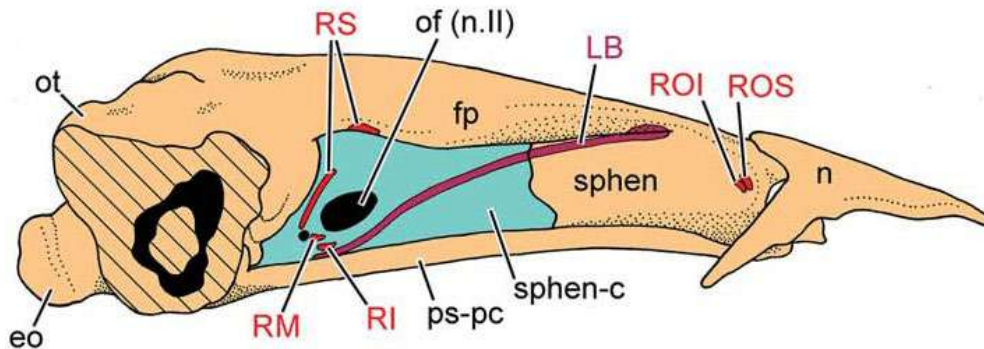
## 5. Dientes pedicelados y bicúspides: una parte basal o pedicelo y una corona distal dispuesta sobre éste

- Dos cúspides: lingual y labial
- Corona y pedicelo constituidas de dentina, con una división fibrosa que los separa
- A medida que se va desgastando el diente, la corona se rompe y es reemplazada
- Único en lissamphibios y temnospondylos

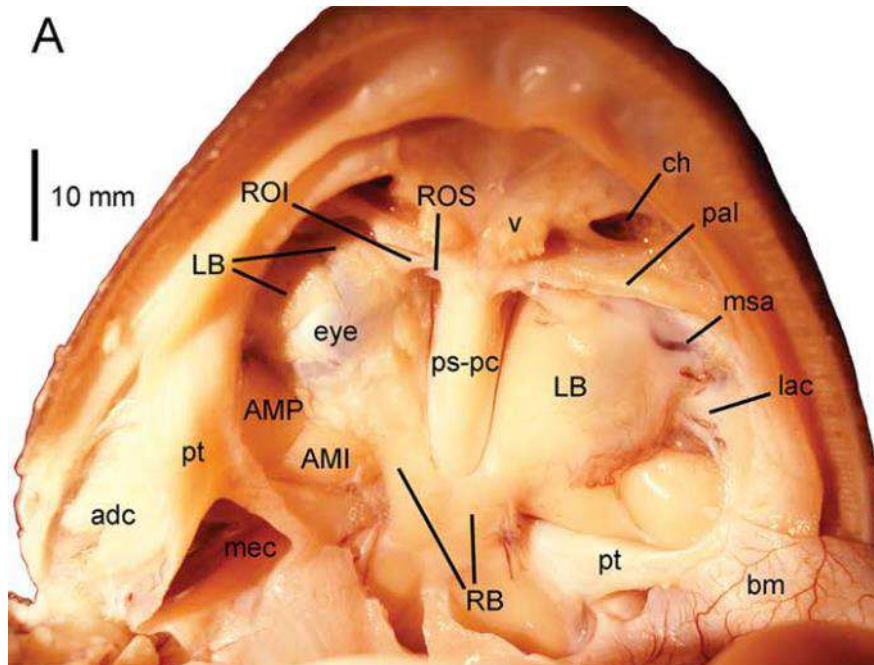


## 6. Músculo *levator bulbi*

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



A



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

## Músculo *levator bulbi*

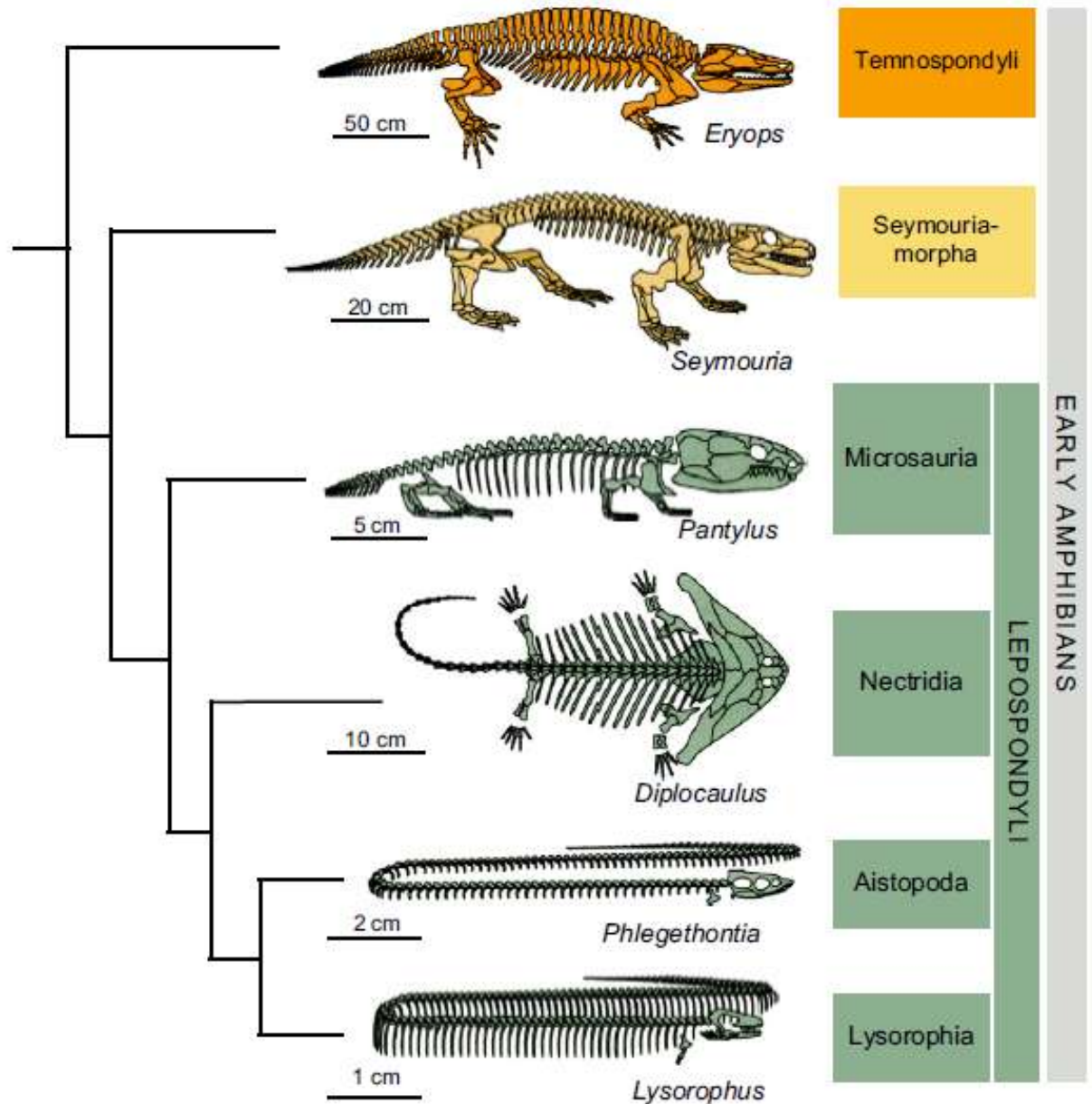
- **Función:** elevación del ojo (una habilidad única para los anfibios), ampliando el espacio en la cavidad bucal para facilitar la respiración



# Orígenes: historia evolutiva

## Tres hipótesis de sobre el origen de los anfibios modernos (Lissamphibia)

- **Hipótesis Temnospondyli**
- Hipótesis Lepospondyli
- Hipótesis difilética



Temnospondyli

Lissamphibia

Batrachia

Lepospondyli

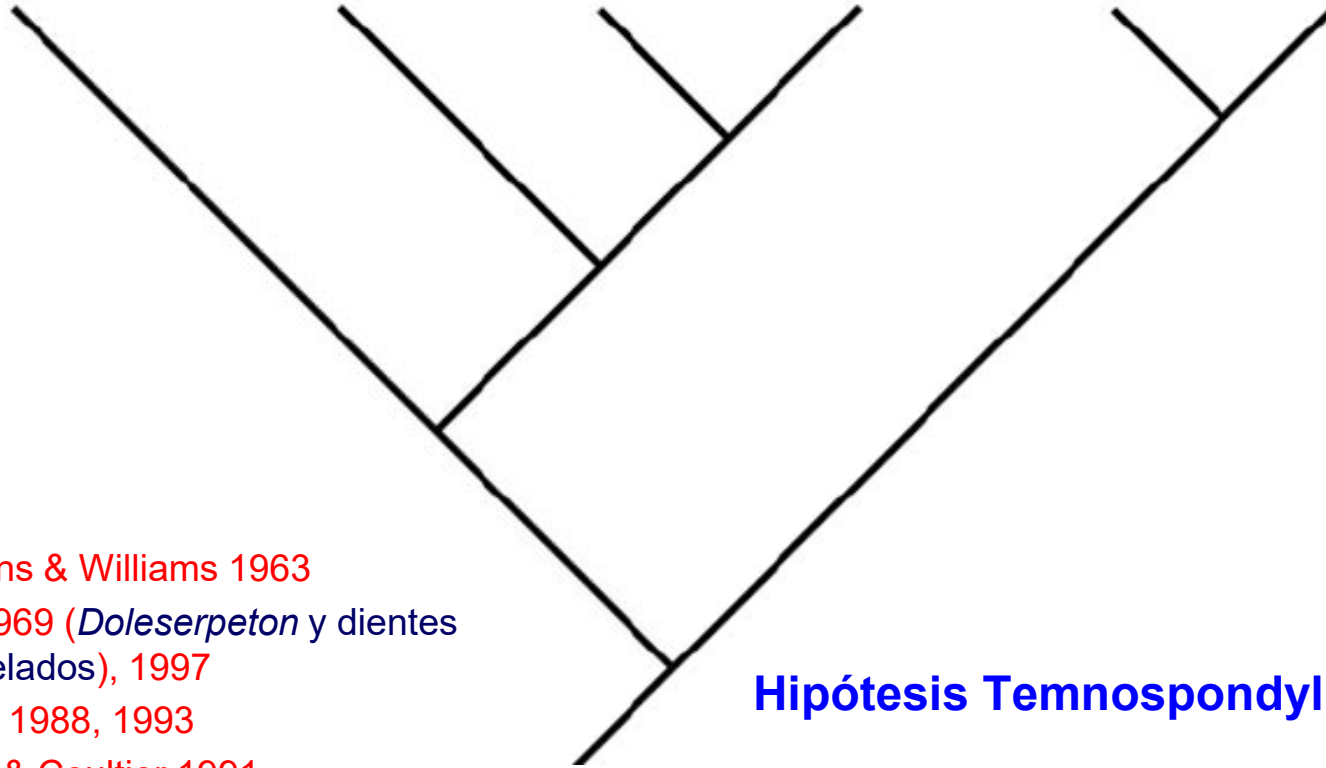
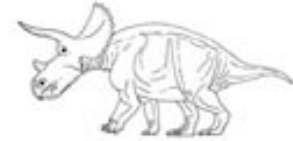
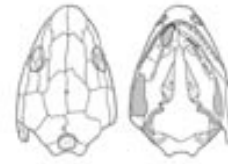
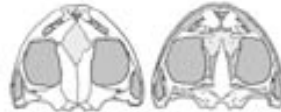
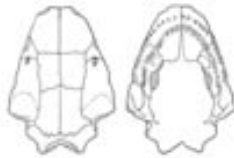
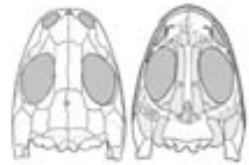
Amniota

Dissophoroidea

Gymnophiona

Salientia

Caudata



Parsons & Williams 1963

Bolt 1969 (*Dolesepeton* y dientes pedicelados), 1997

Milner 1988, 1993

Trueb & Coultier 1991

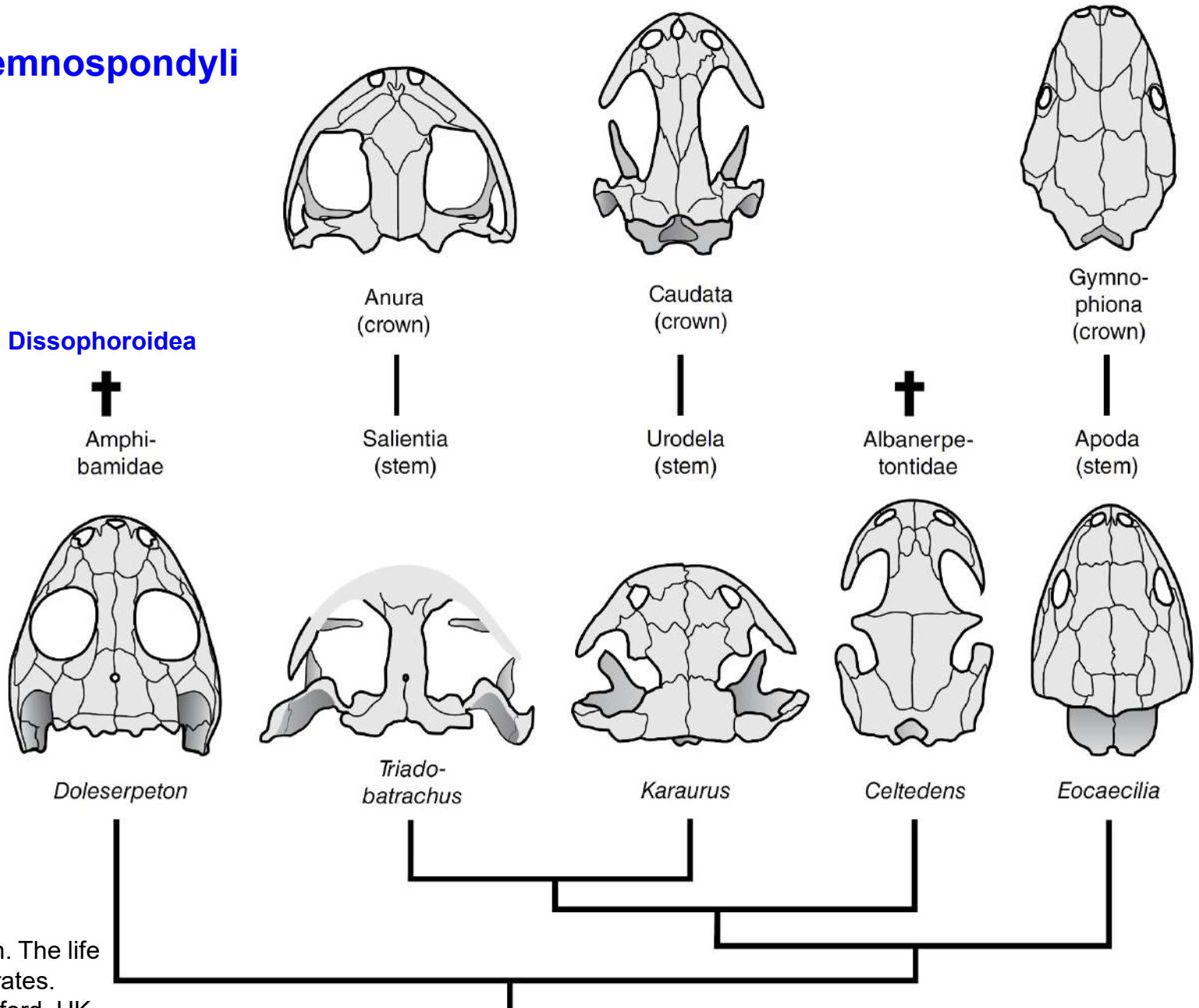
Ruta & Coates 2003

Hipótesis Temnospondyli (más aceptada)

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

# Hipótesis Temnospondyli

## Dissophoroidea

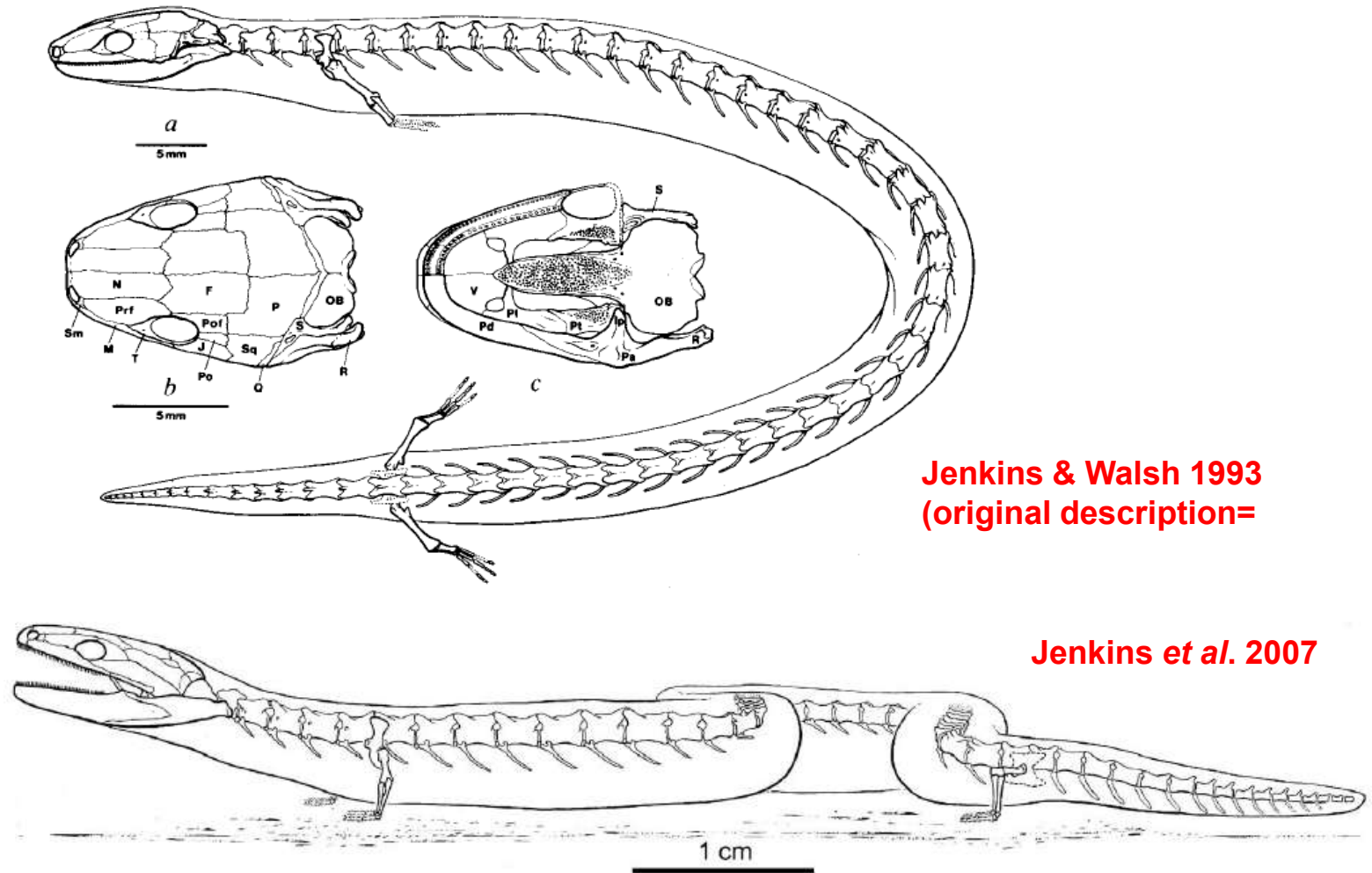


Schoch, R.R. 2014.  
 Amphibian evolution. The life  
 of early land vertebrates.  
 Wiley-Blackwell, Oxford, UK.  
 xi + 280 pp.



**\*\*:** Datos que no apoyan hipótesis difilética

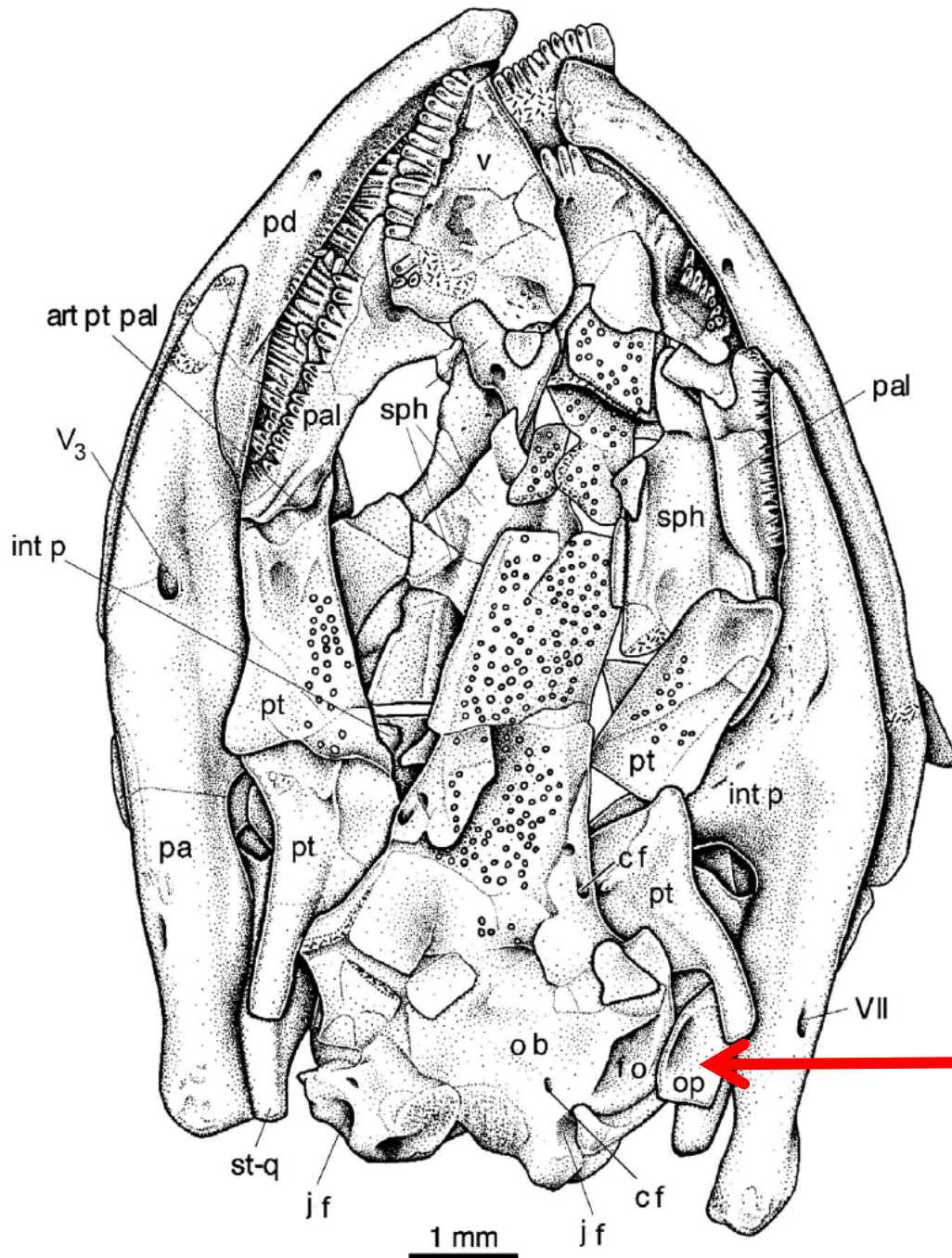
## ANATOMY OF *EOCAECILIA MICROPODIA*, A LIMBED CAECILIAN OF THE EARLY JURASSIC



Jenkins & Walsh 1993  
(original description=

Jenkins *et al.* 2007

Figure 31. A composite reconstruction of *Eocaecilia micropodia* depicting the relative size of skull, vertebrae, limb girdles and limbs.



## Presencia de opérculo:

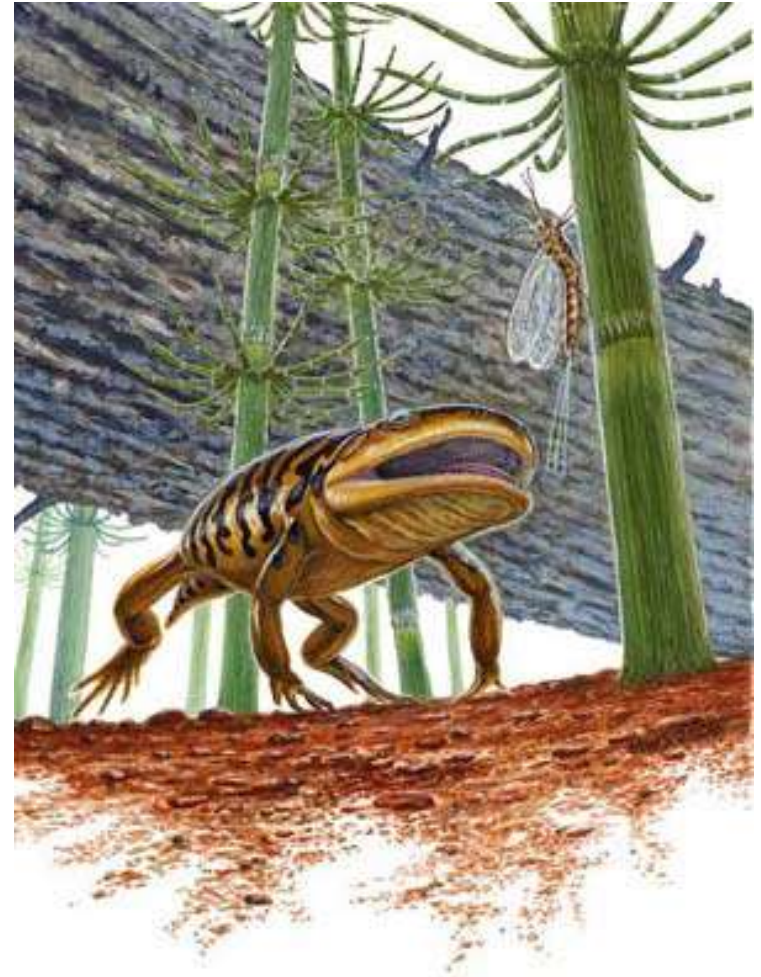
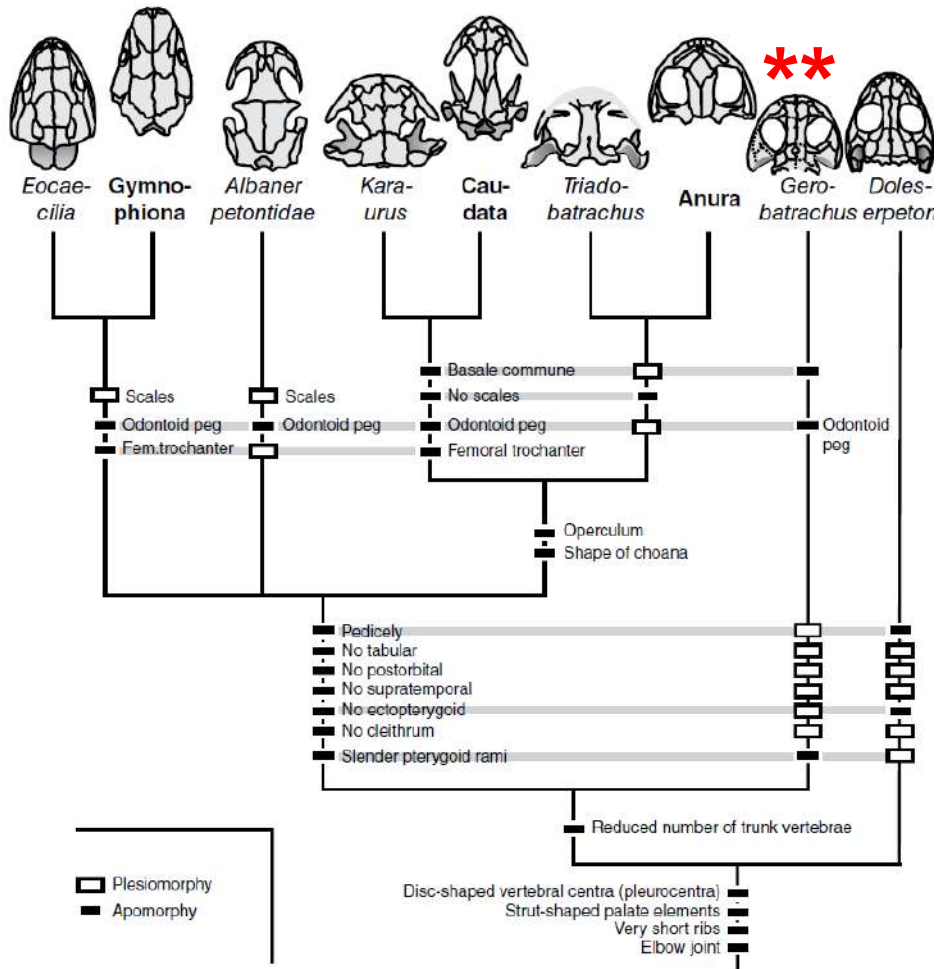
- ✓ Única Apoda (caecilia) con opérculo
- ✓ Lo poseen también los Batrachia
- ✓ Es una sinapomorfía de Lissamphibia

Vista ventral del cráneo de *Eocaecilia*, donde se muestra el opérculo –op– (Jenkins *et al.* 2007)

# El descubrimiento de *Gerobatrachus hottoni*

## A stem batrachian from the Early Permian of Texas and the origin of frogs and salamanders

Jason S. Anderson<sup>1</sup>, Robert R. Reisz<sup>2</sup>, Diane Scott<sup>2</sup>, Nadia B. Fröbisch<sup>3</sup> & Stuart S. Sumida<sup>4</sup>



*Gerobatrachus hottoni*, 2008  
(Pérmico temprano, 270-260 m.a.)

**Gerobatrachus** (stem-batrachian; 10 cm largo): mezcla de caracteres de Anura, Caudata, Batrachia y Lissamphibia

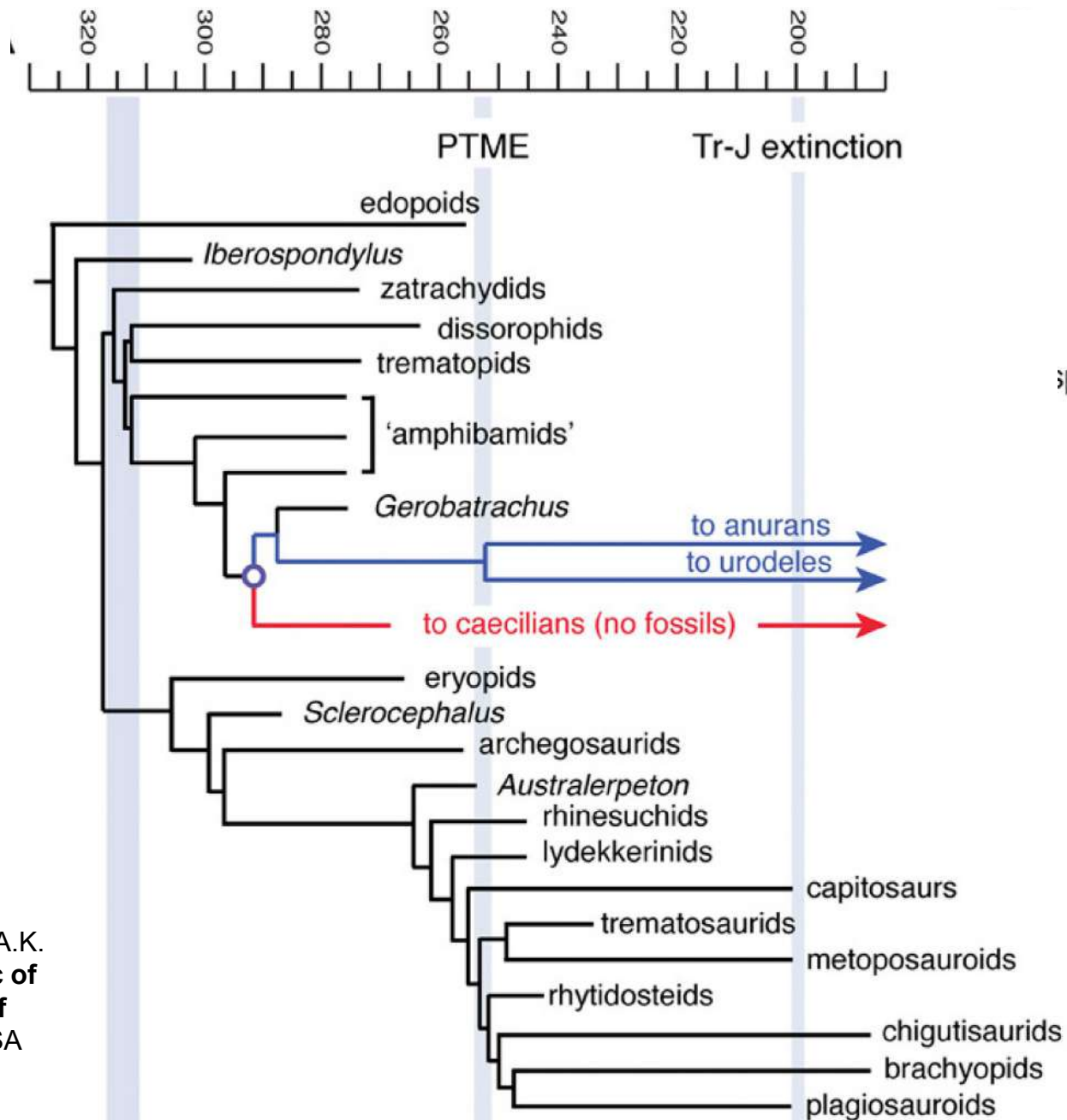
- Paladar similar a Salientia y Urodela basales
- Vertebras pleurocentros cilindricos = Lissamphibia
- Cráneo (retención de elementos del techo cráneo y del paladar) = Dissophoroidea: Temnospondyli
- Tronco corto, 17 vertebras
- Esqueleto appendicular (*bassale commune*) = Caudata
- Axis con proceso odontoideo (Caudata, Albanerpetontidos, *Eocaecilia*, y Lepospondyli)

### Forma corporal ancestral:

- Similar a una salamandra
  - Los cambios en la forma pudieron darse con base en modos saltatorial y natatorial
    - Movimientos ondulatorios laterales en caecilias y salamandras (como en peces)
    - Anuros, sin cuerpos flexibles, nadan con empujones simultáneos de las extremidades

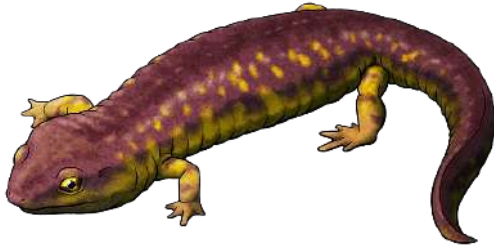
**Sin discutir su origen Temnospondyli...** hay un nuevo panorama (hipótesis 2017) sobre las relaciones entre salamandras, anuros y cecilias

**Hipótesis tradicional:** Lissamphibia = (Anura + Caudata) + Gymnophiona



Pardo, J.D., Small, B.J. & Huttenlocker, A.K. 2017. **Stem caecilian from the Triassic of Colorado sheds light on the origins of Lissamphibia.** Proc. Natl. Acad. Sci. USA 114: E5389-E5395

# Descripción de *Chinlestegophis jenkinsi* (relacionada con cecilias)

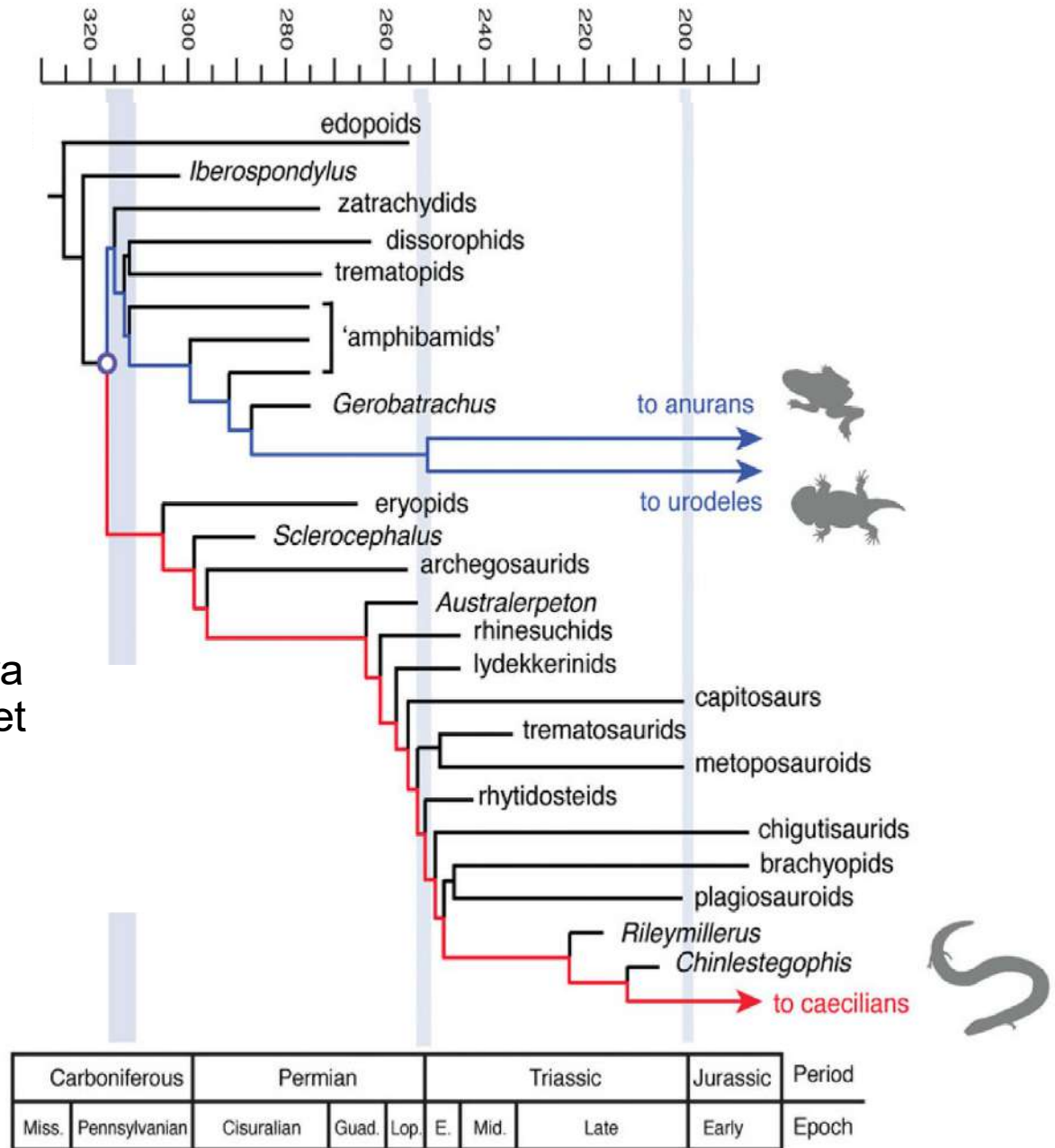


**Hipótesis nueva\*:**  
Lissamphibia = no es un grupo natural

\*Aún con poco apoyo para ser concluyente (Santos et al. 2020)

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

Santos et al. 2020. A review of the fossil record of caecilians (Lissamphibia: Gymnophionomorpha) with comments on its use to calibrate molecular timetrees. Biol. J. Linn. Soc. 131: 737-755

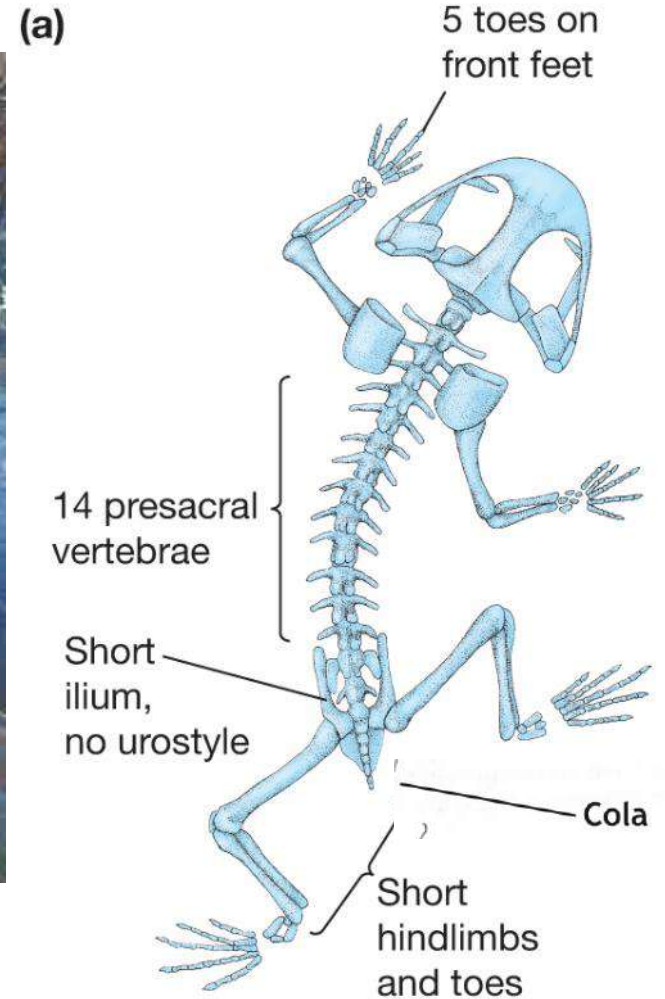


## Ventajas de la forma corporal

Animal que pudo nadar hacia el agua o escapar con brincos hacia la tierra

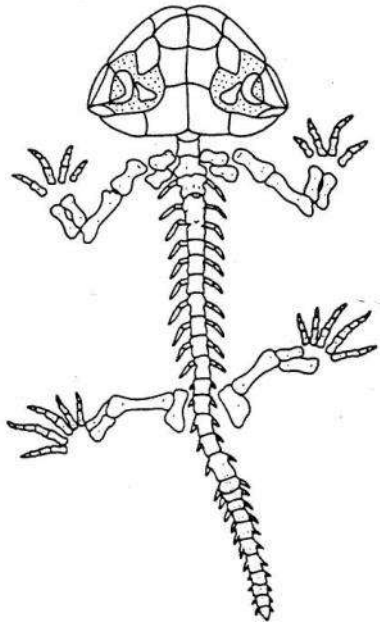


***Triadobatrachus massinoti***  
(Lissamphibia: Salientia; Triásico)

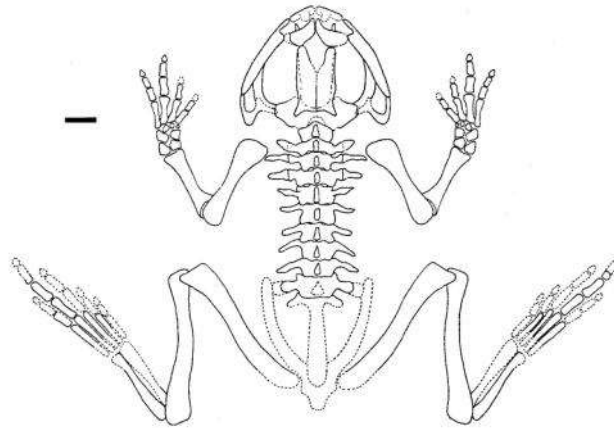


# Historia

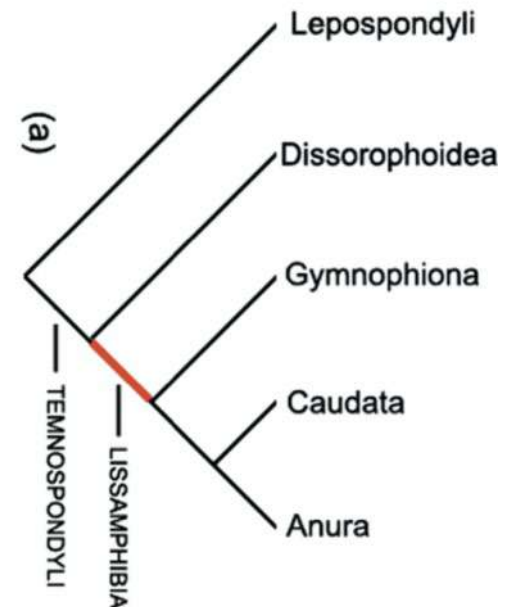
- Fósiles mas antiguos de Lissamphibia
  - Salamandras y anuros de hace 286 m.a.
- Historias evolutivas separadas
  - Se mantienen caracteres comunes que parecen ser vitales en su vida
  - Caracteres reproductivos, locomotores han evolucionado independientemente



*Karaurus sharovi*  
(Lissamphibia: Urodela)

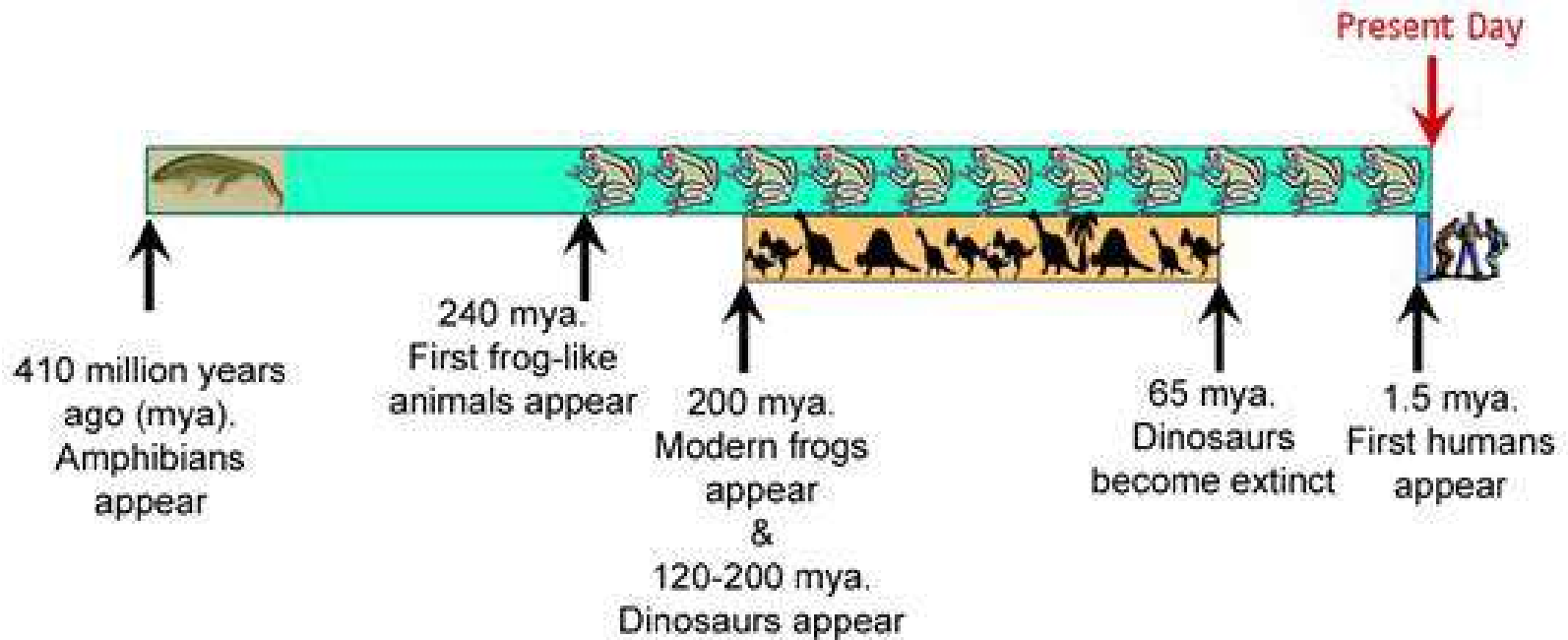


*Vieraella herbstii*  
(Lissamphibia: Salientia)



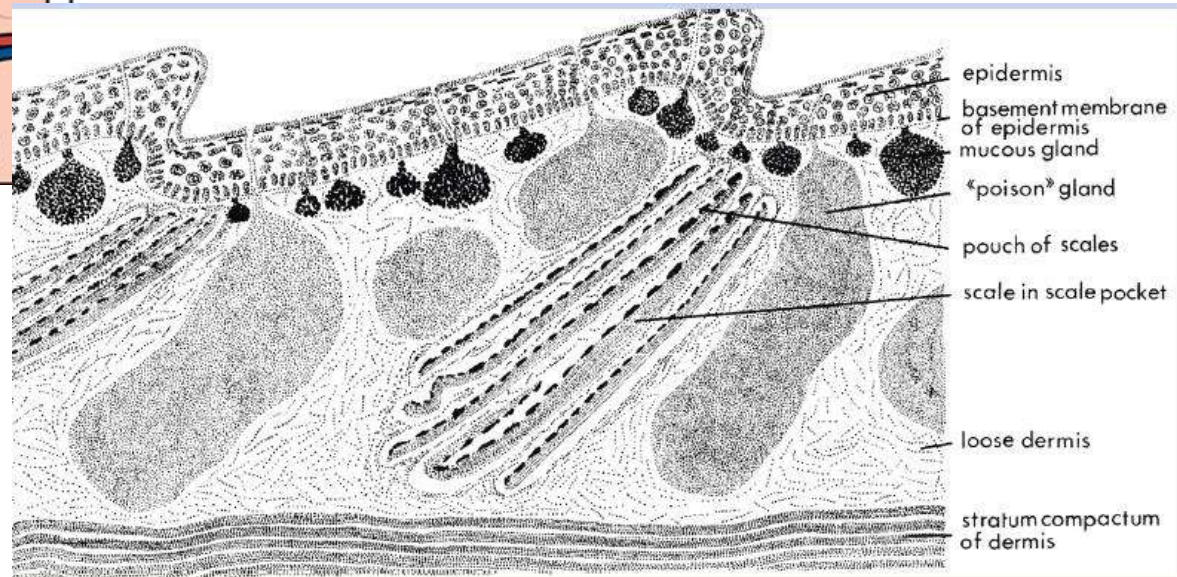
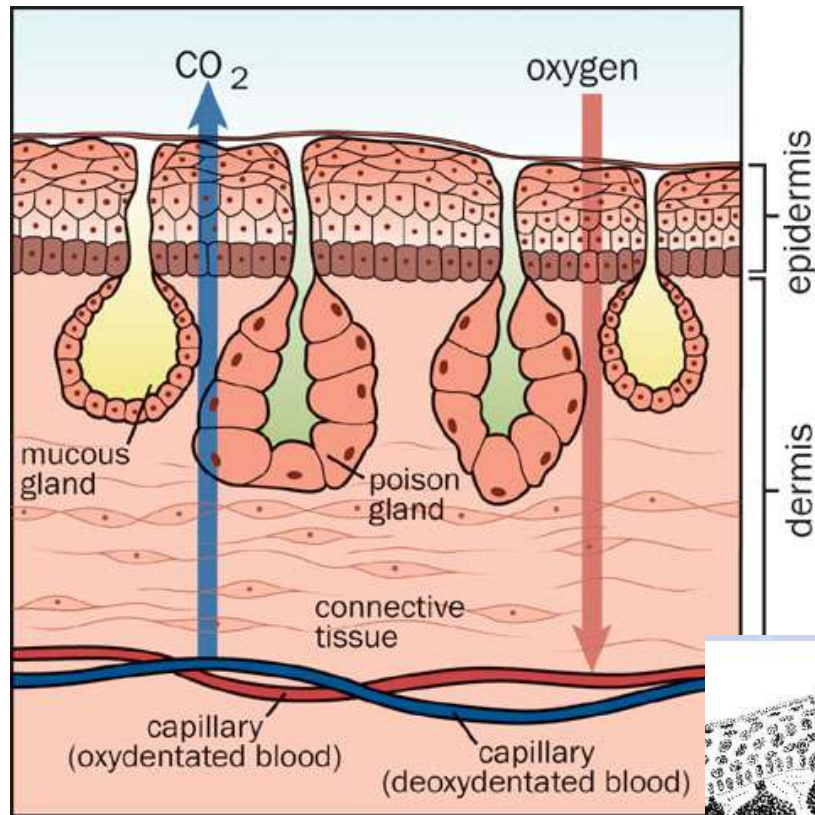


# Historia



# Características generales de los anfibios modernos

## 1. Piel delgada, modificada para intercambio gaseoso



## 2. Lisanfibrios son carnívoros (al menos en estado adulto)

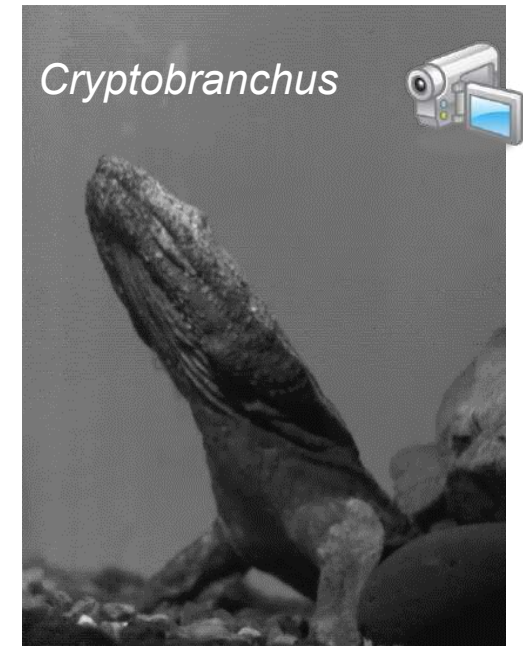
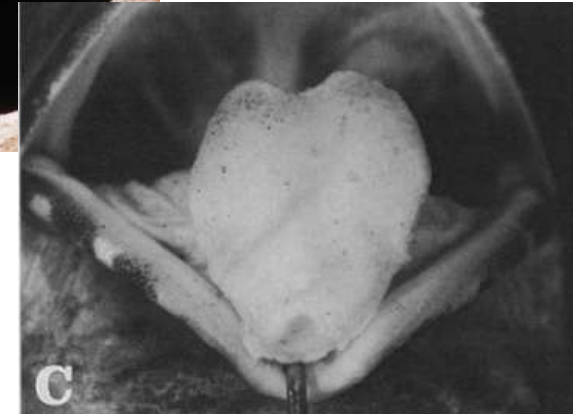


Consumen todo lo que puedan agarrar y tragar

- **Poca especialización morfológica**

➤ Diferencias en la forma y movimiento de la lengua entre especies acuáticas y terrestres

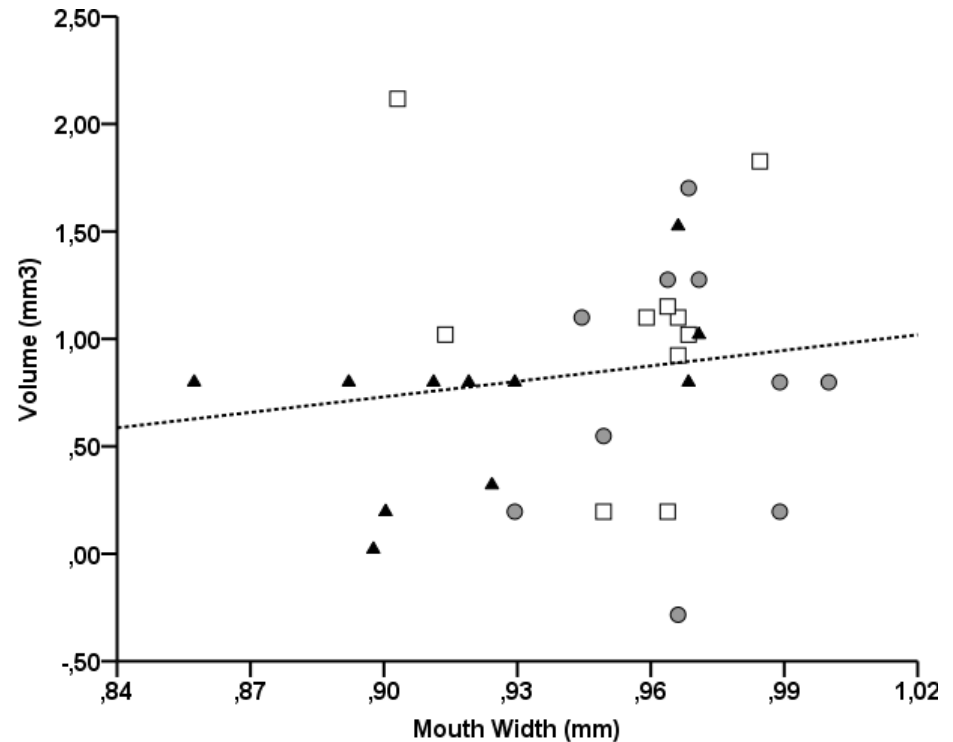
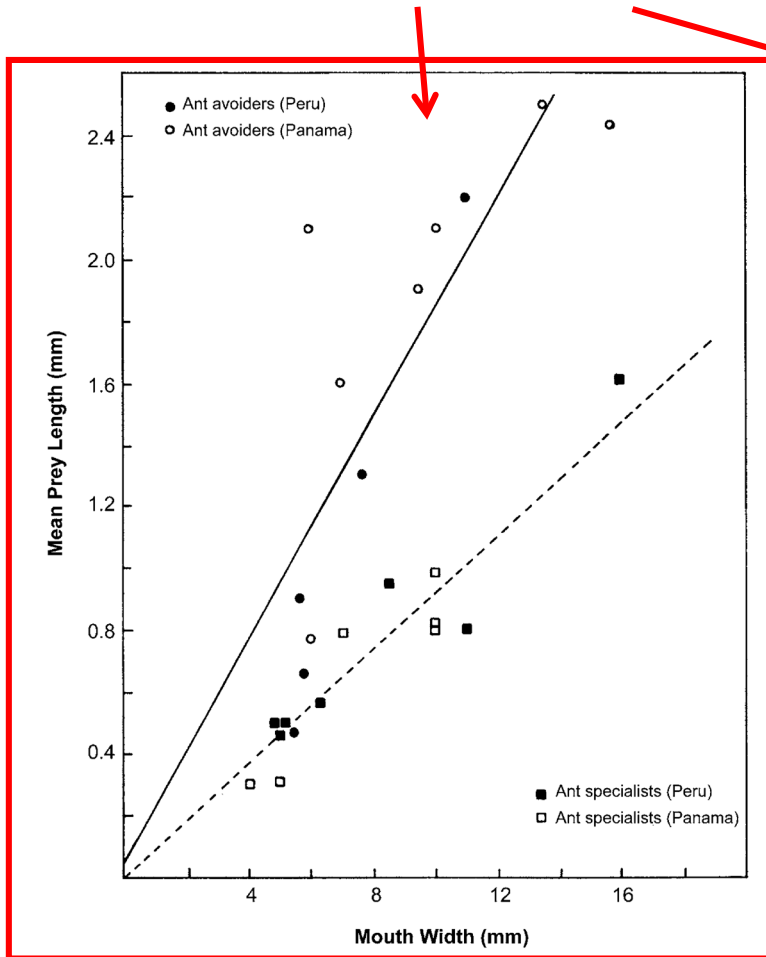
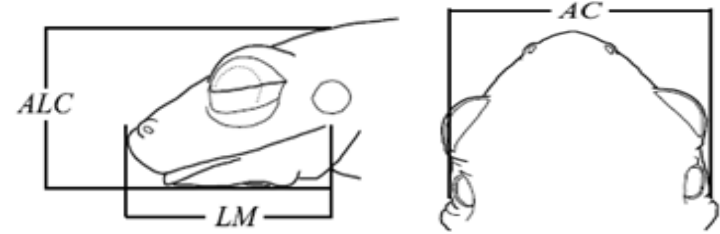
- ✓ Ancha e inmóvil en especies acuáticas
- ✓ Móvil y protrusible



➤ Tamaño de la cabeza es importante en el tamaño de presa que pueden consumir

✓ Mecanismo para evitar competencia

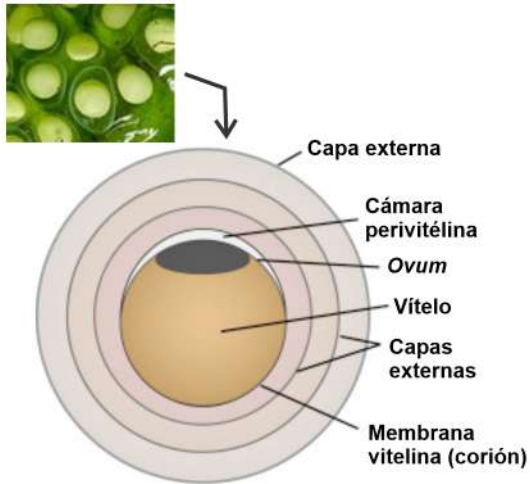
✓ ¿Es o no una regla?



Tres spp. de ranas de cristal de Colombia (Cortés & Gutiérrez, unpublished data)

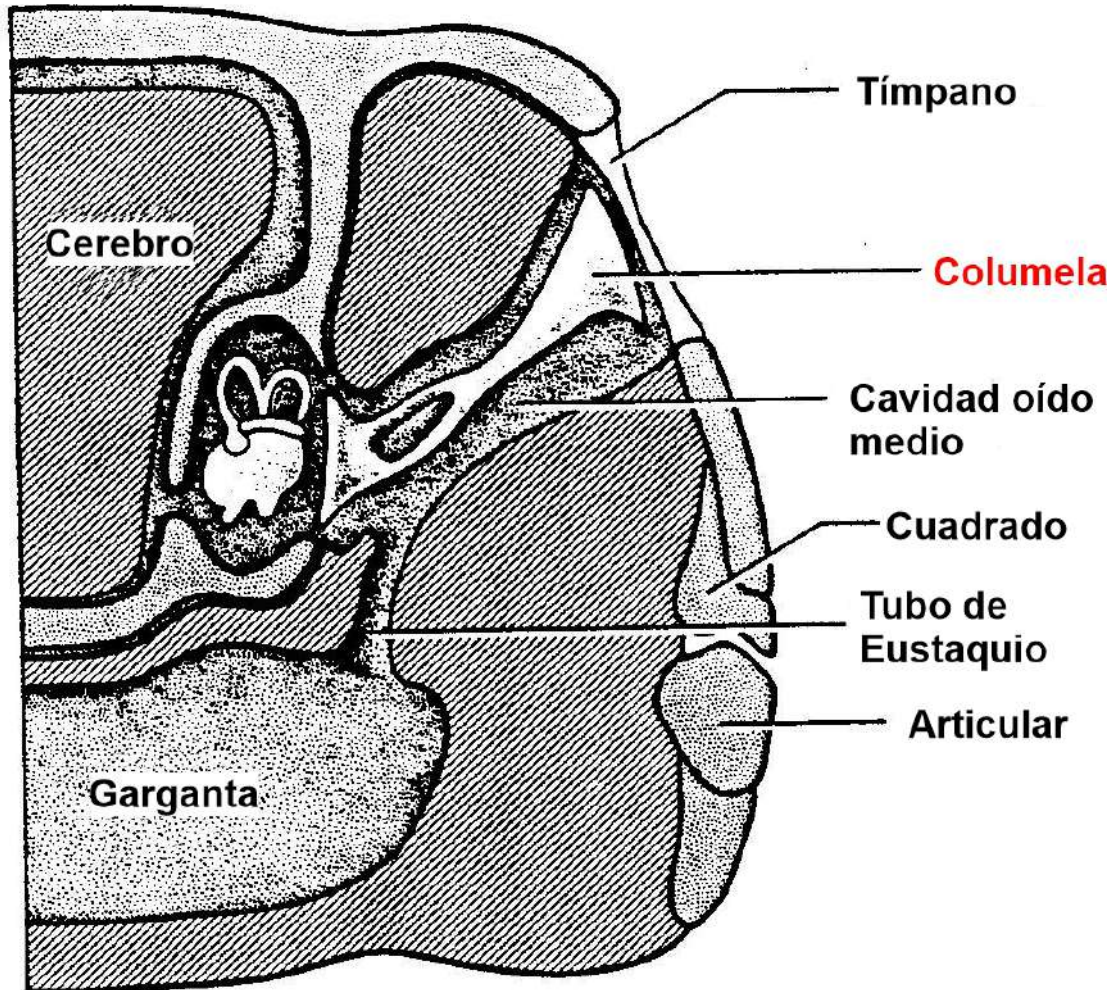
### 3. Huevo anamniótico

- Sin membranas extraembrionarias
  - ✓ Necesidad de ambientes húmedos para el desarrollo sin deshidratarse



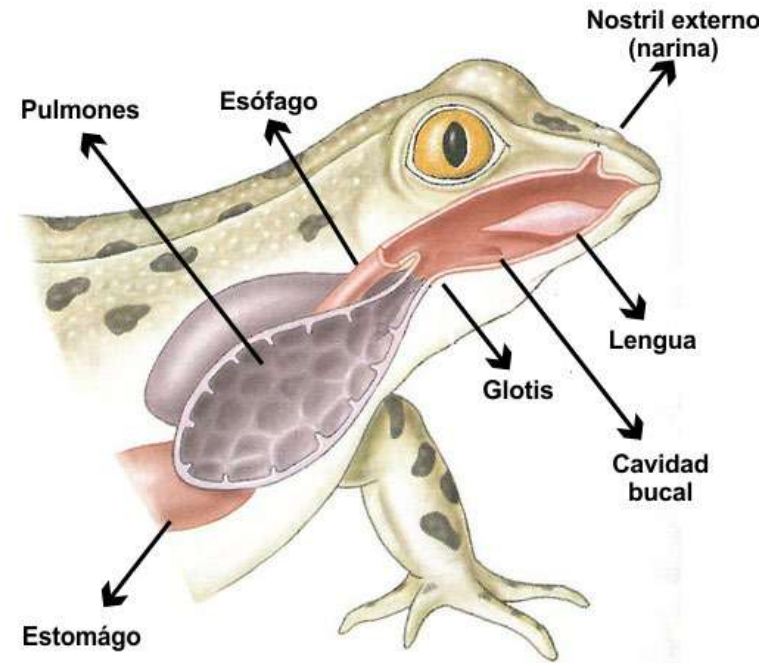
#### 4. Cartílago hiomandibular (hueso mandibular) de los peces se modifiko a **columela** (hueso ótico)

- Transmisión de sonido

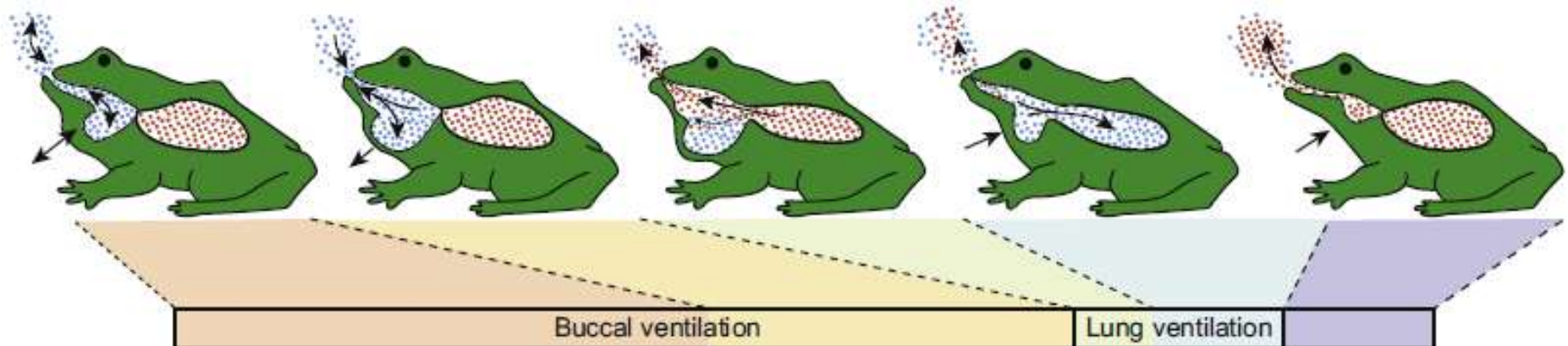


## 5. Pulmones presentes en la formas terrestres (excepto salamandras Plethodontidae en América)

- Pulmones simples

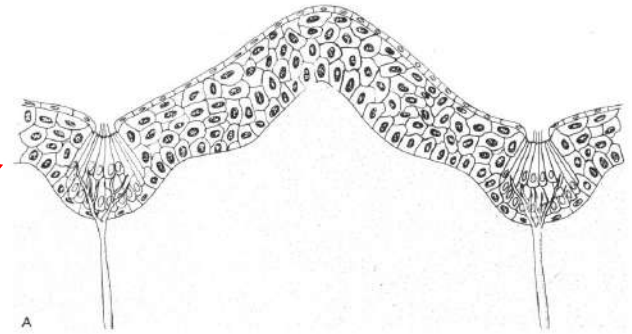
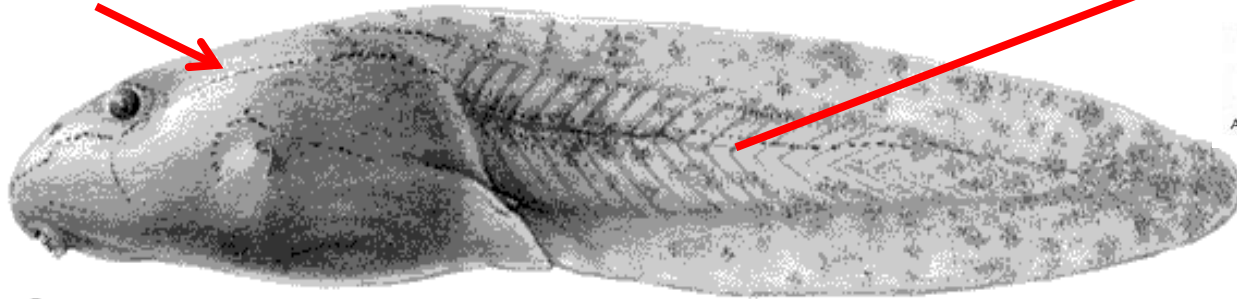


- Ventilación a través de bombeo bucal





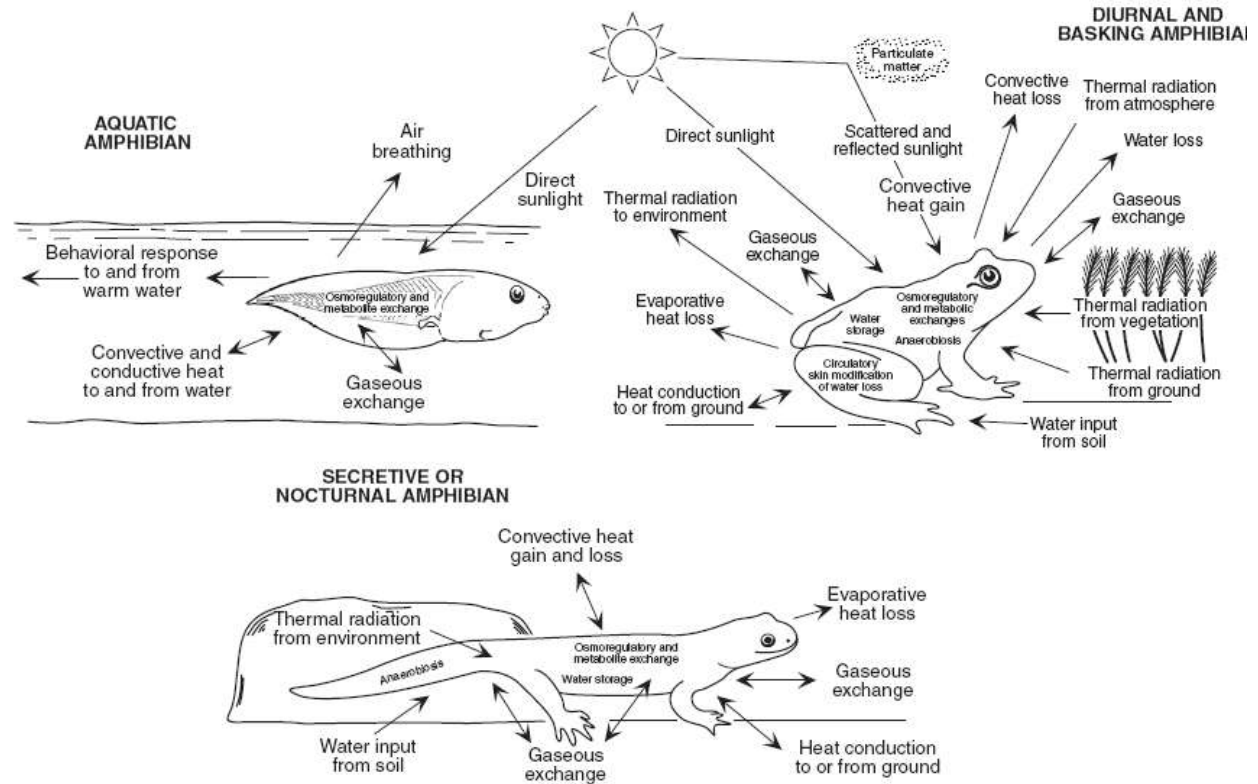
## 6. Remanentes de la línea lateral



Δ

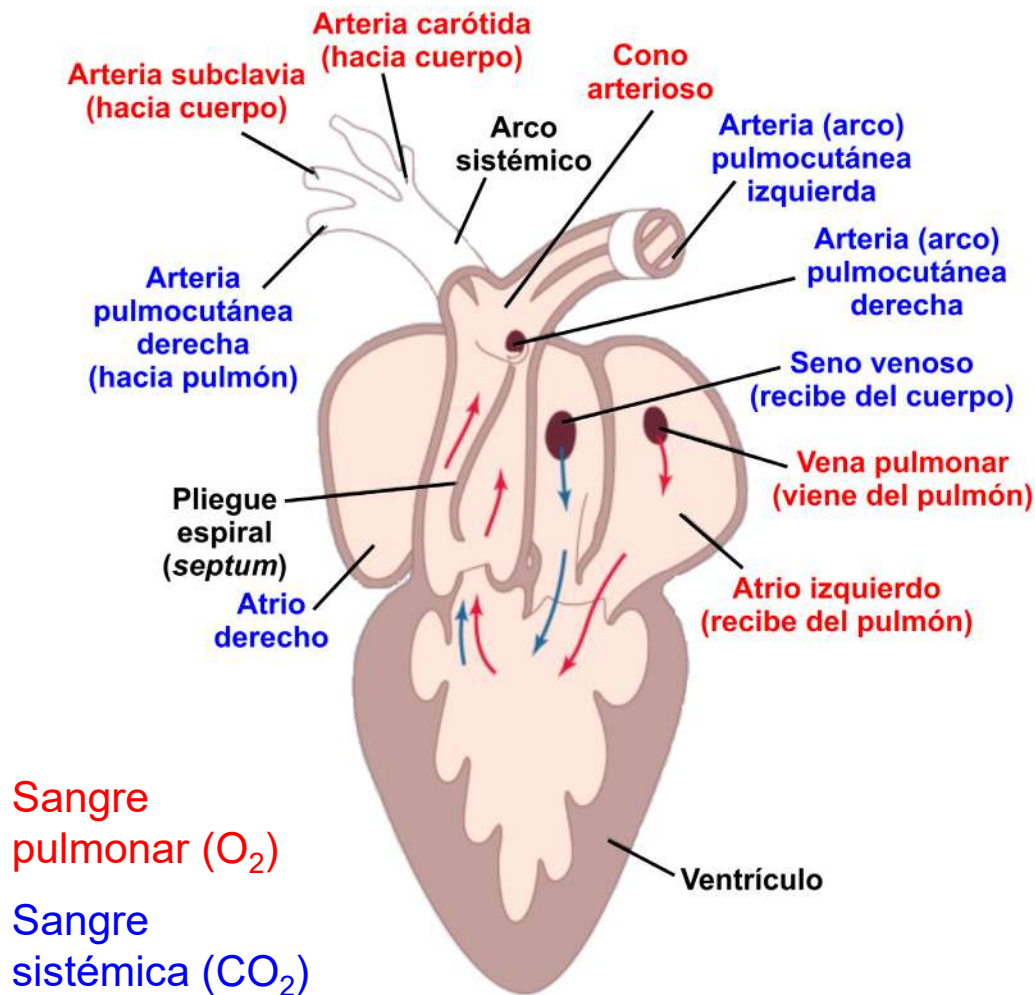
## 7. Ectotérmicos

- Poiquilotermos
- Homeotermos (vía ectotermia)

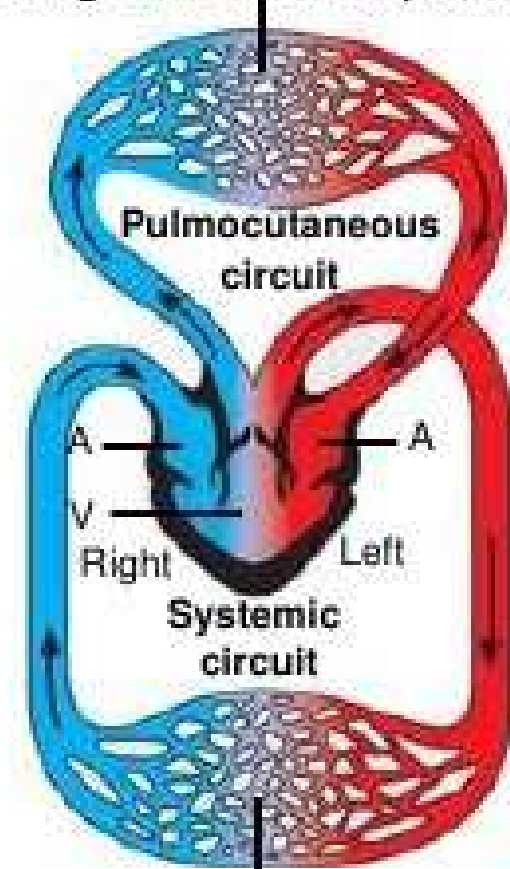


## 8. Corazón tricamerado y circulación doble cerrada

- Circuitos sanguíneo y pulmonar
- Mecanismo eficaz para evitar mezcla de sangre en el único ventrículo



Lung and skin capillaries



Systemic capillaries

## 9. Vejiga urinaria importante en la regulación de agua corporal

- Importante órgano osmorregulatorio
- Producción de orina diluida (amoniotélicos)
- Órgano de almacenamiento de agua (20-30%) en periodos de stress hídrico
  - Lavado de amoniaco (desecho nitrogenado)
  - Hidratación corporal o de huevos
  - Reabsorción de glucosa para evitar congelamiento (a través de hiperglicemia: e.g. *Lithobates sylvaticus*)

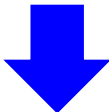


Frogs reabsorb glucose  
from urinary bladder

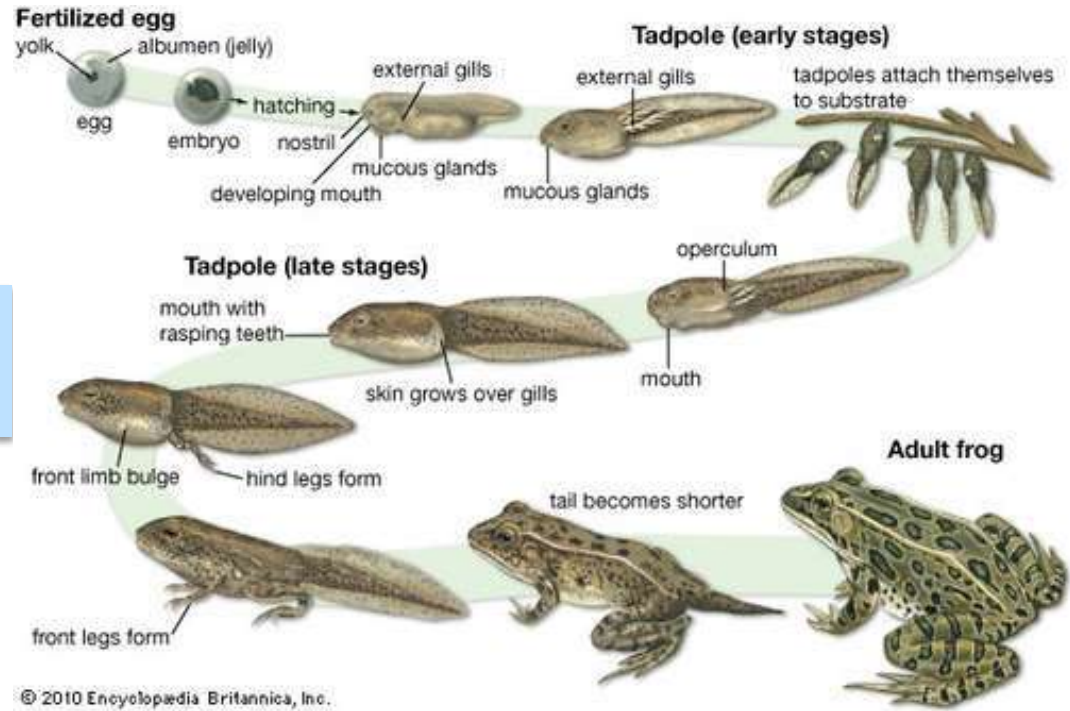
*Lithobates sylvaticus*

# 10. Ciclo de vida bifásico (anfibio) ancestral

Hay variaciones del patrón general (e.g. desarrollo directo)



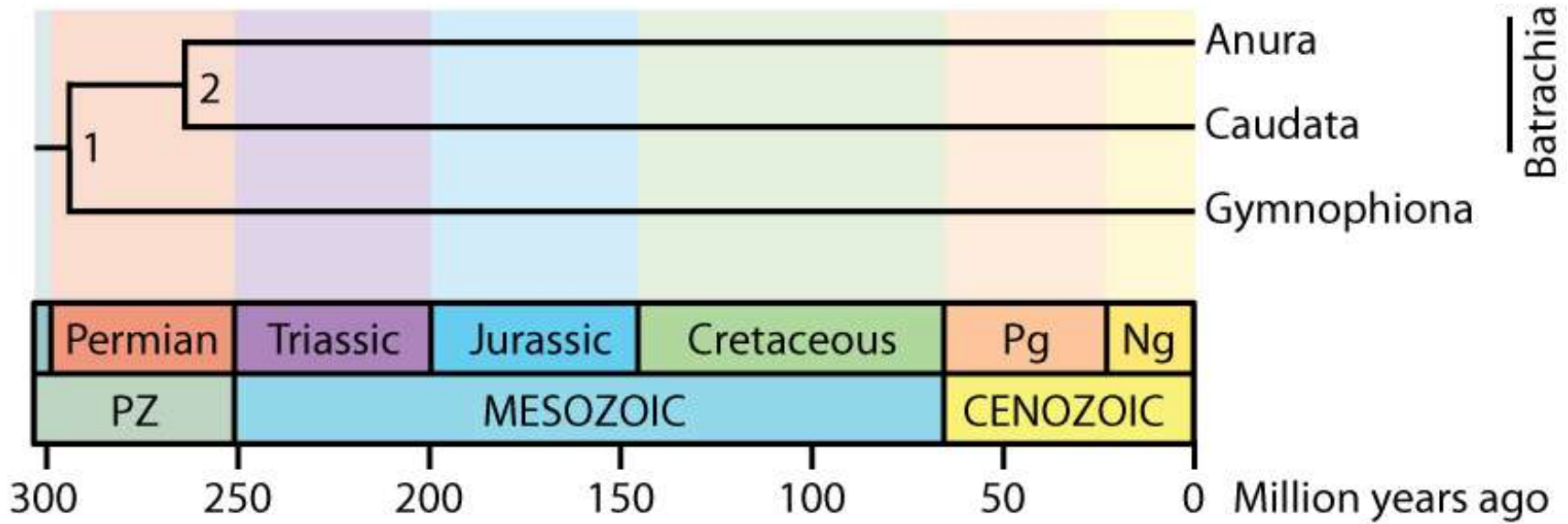
*Raorchestes*  
(Anura: Rhacophoridae)



*Pristimantis* (Anura: Craugastoridae)

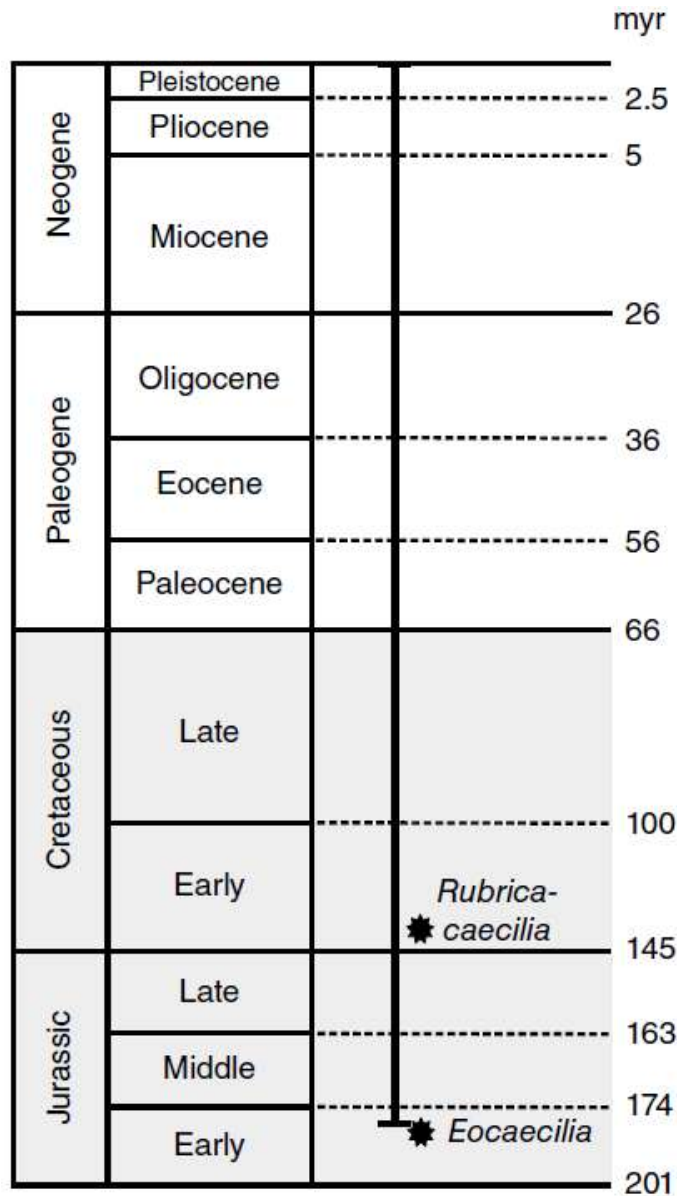
# Sistemática, taxonomía y diversidad

- Los **anfibios modernos** (actuales), distribuidos en tres ordenes pertenecen a la Subclase Lissamphibia
  - Distribución:** cosmopolita (excepto en regiones polares, desiertos extremos e islas oceánicas aisladas)
  - Conocidos desde el periodo Pérmico, hace 290 m.a.



Cannatella *et al.* 2009. Amphibians (Lissamphibia). Pp. 353-356. In: The timetree of life (Hedges, S.B. & Kumar, S., ed.). Oxford University Press, New York

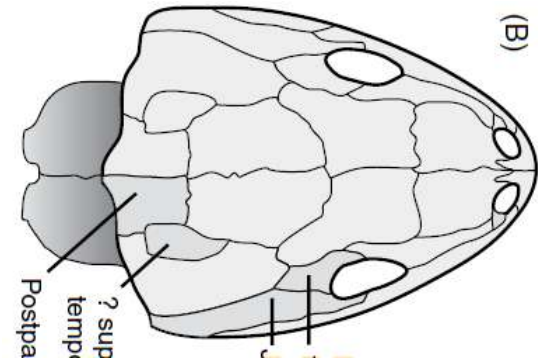
# Apoda y Gymnophiona: cecilias



**Apoda**  
(*Eocaecilia*)

**Gymnophiona**  
(modernas)

Cráneo estegocrotáfico (sin foramen temporal)



**Tipo zigocrotáfico**  
(ancestral)



Foramen temporal ausente

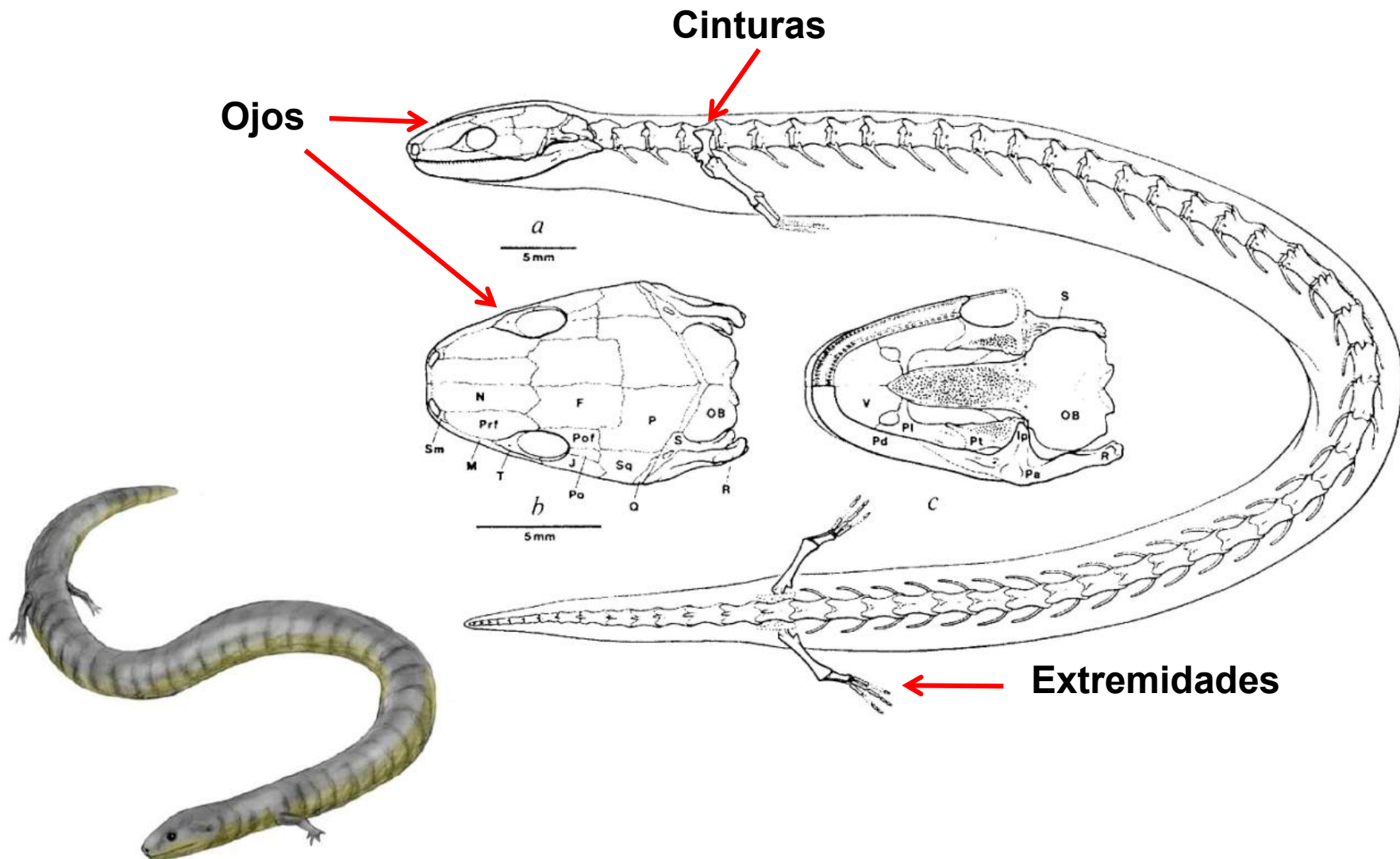
Foramen del tentáculo



# Registro fósil

## 1. *Eocaecilia micropodia*

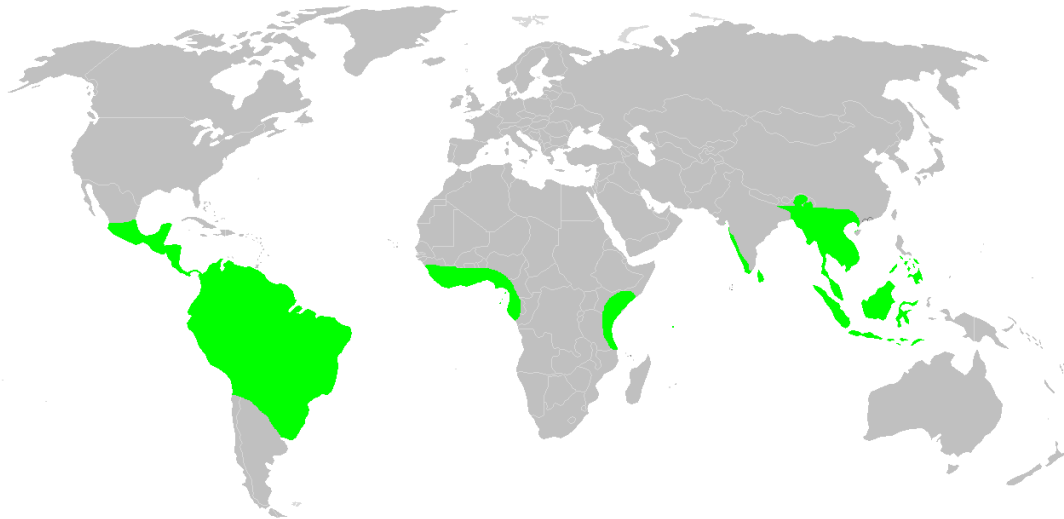
- Jurásico temprano (Arizona, EEUU)



1. Actualmente: **11 familias** de anfibios apodos
2. Terrestres fosoriales o acuáticas

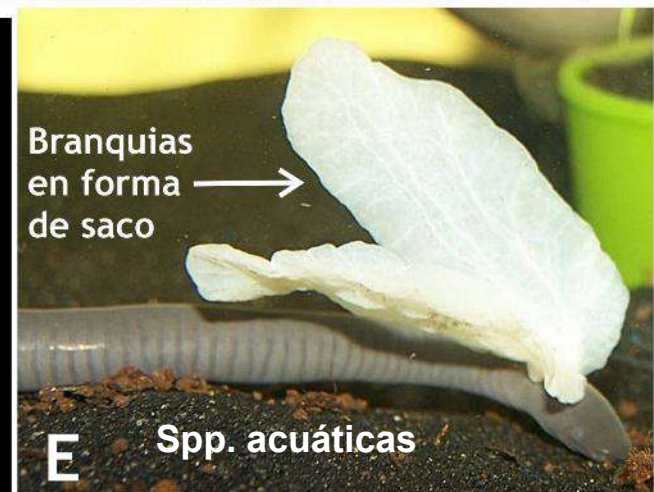
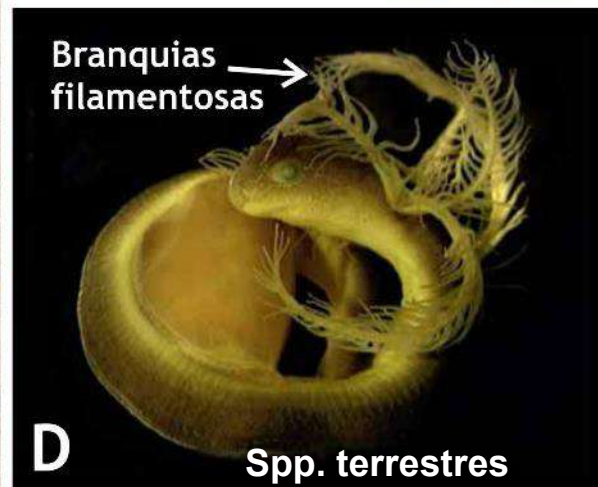
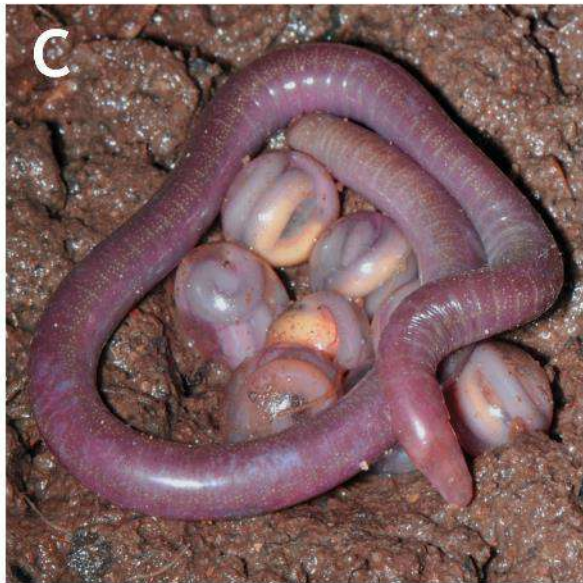


3. Distribución tropical





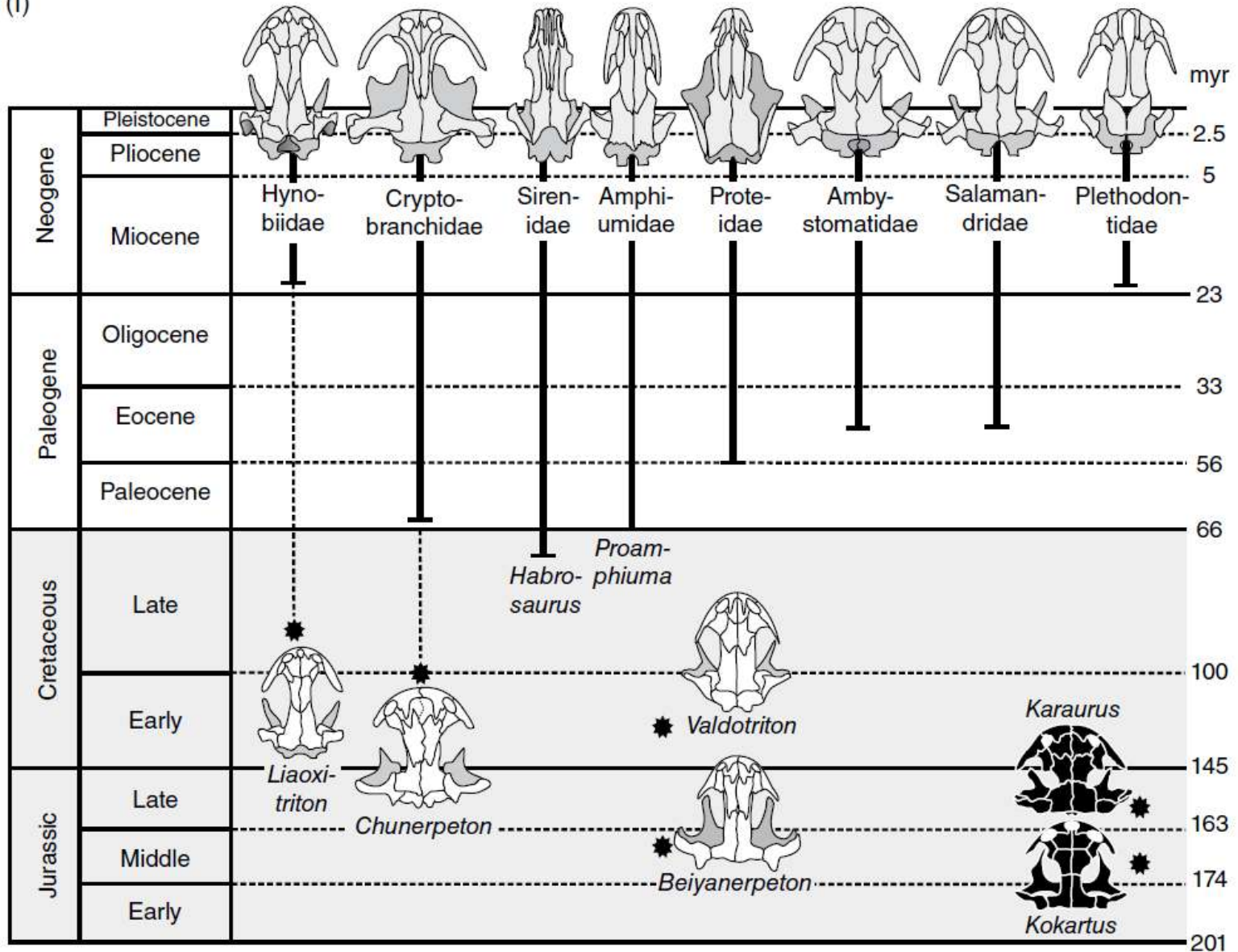
# Gymnophiona: Características



# Urodela y Caudata

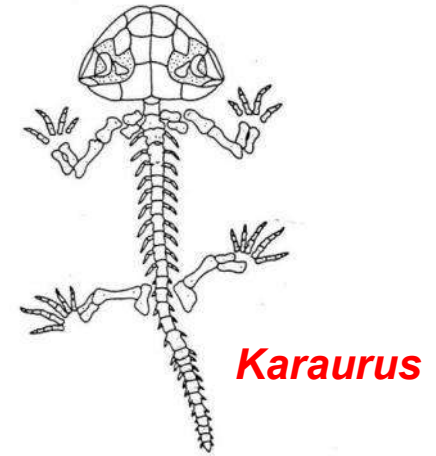
1. Cráneos negros: Urodela
2. Cráneos blancos: Caudata (modernos)

(I)



▪ **Historia:** 170-159 m.a. (Jurásico)

- ✓ *Marmorerpeton* (170 m.a.)
- ✓ *Kokartus* (165 m.a.)
- ✓ *Karaurus sharovi* (161 m.a.; **fósil mejor preservado más antiguo conocido**)



**Orden Caudata:** salamandras y tritones

1. Animales con cola (todos)
2. Cuatro extremidades
  - Excepto algunas spp. totalmente acuáticas
3. Locomoción por ondulaciones laterales
  - Posiblemente condición ancestral

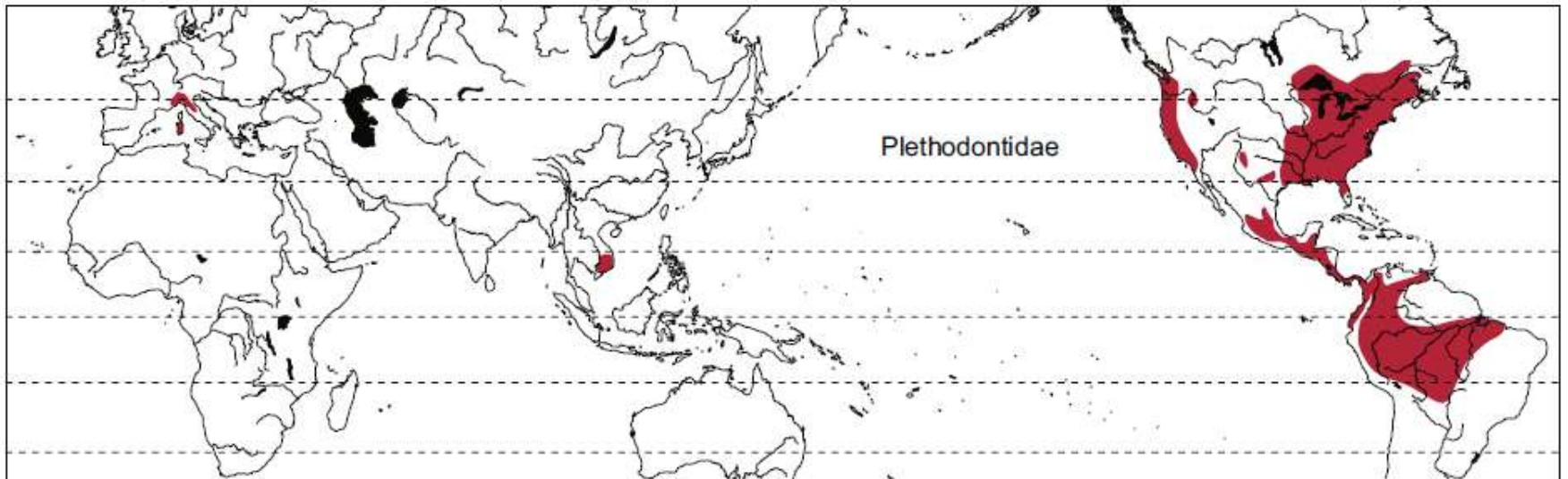
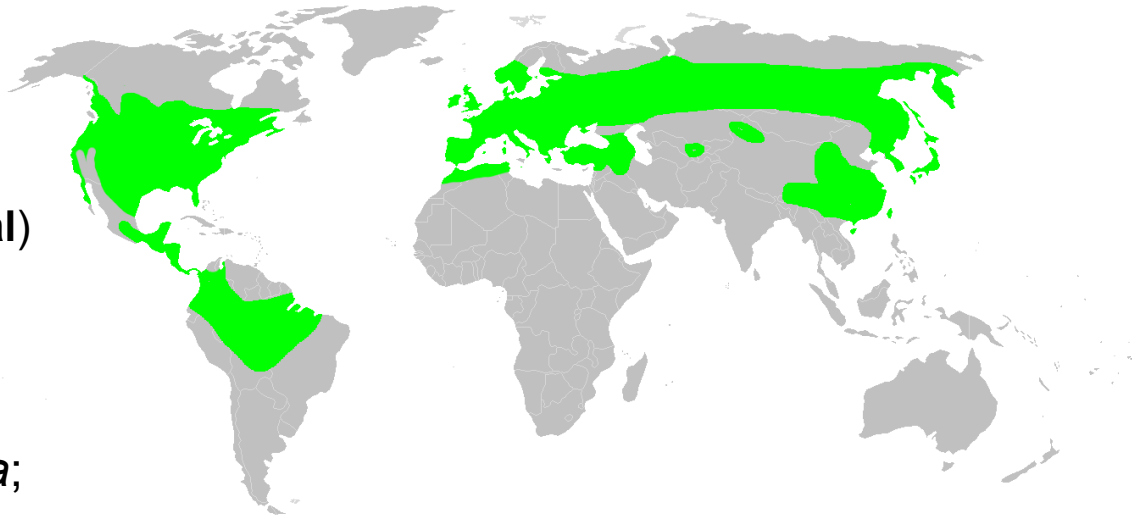


# Distribución y contenido

Holártica

## 9 familias

- **Plethodontidae** (única con distribución tropical: **Neotropical**)
- **Colombia:** Plethodontidae
  - ✓ Dos géneros (*Bolitoglossa*; *Oedipina*)



## Caudata: Características

- Acuáticas, semiacuáticas, terrestres (*Bolitoglossa*)
- Algunas especies con cuidado parental
- Algunos grupos paedomórficos
- Tamaño corporal: 30 mm – 2 m (*Andrias*)

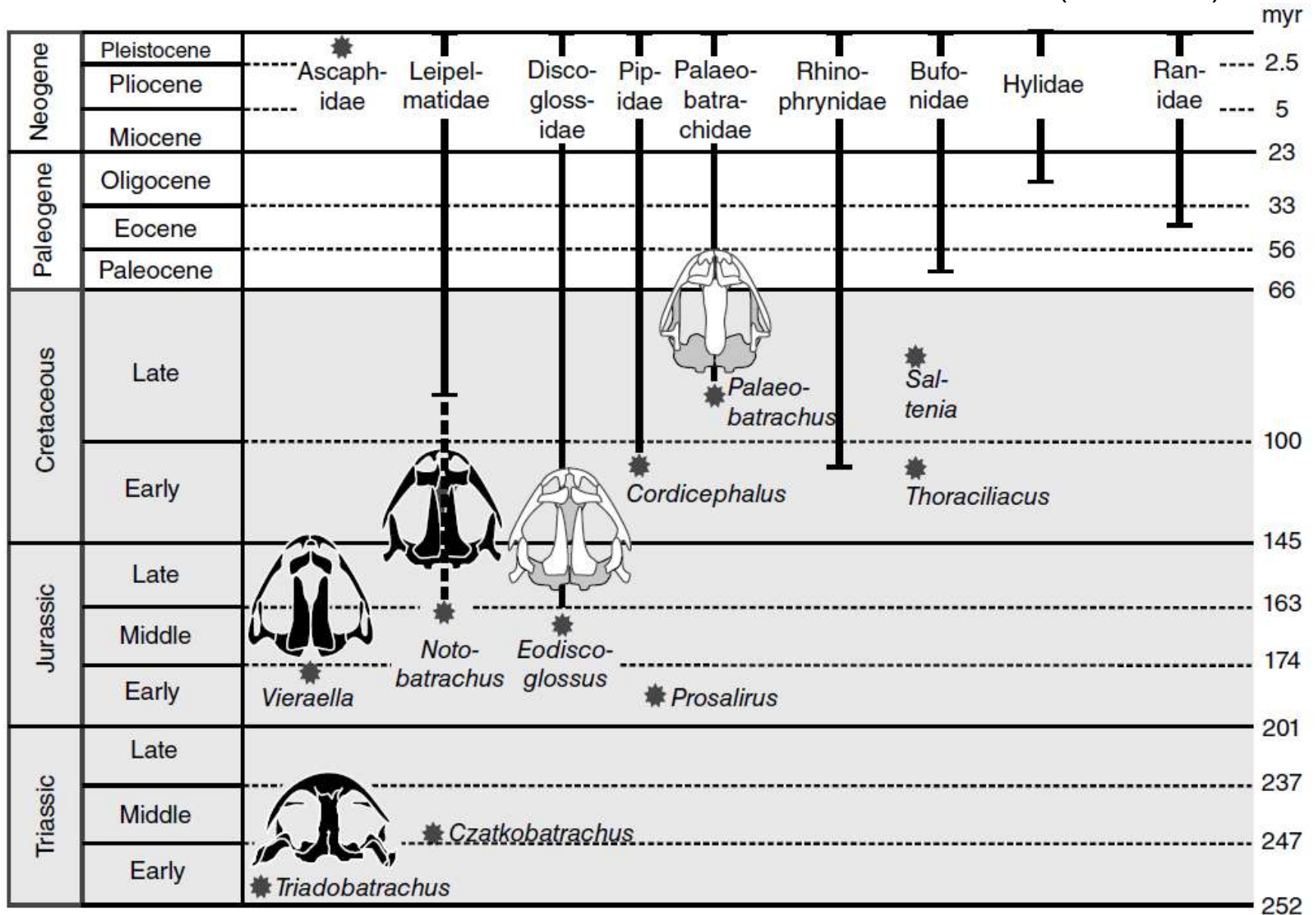


**Andrias**

# Salientia y Anura

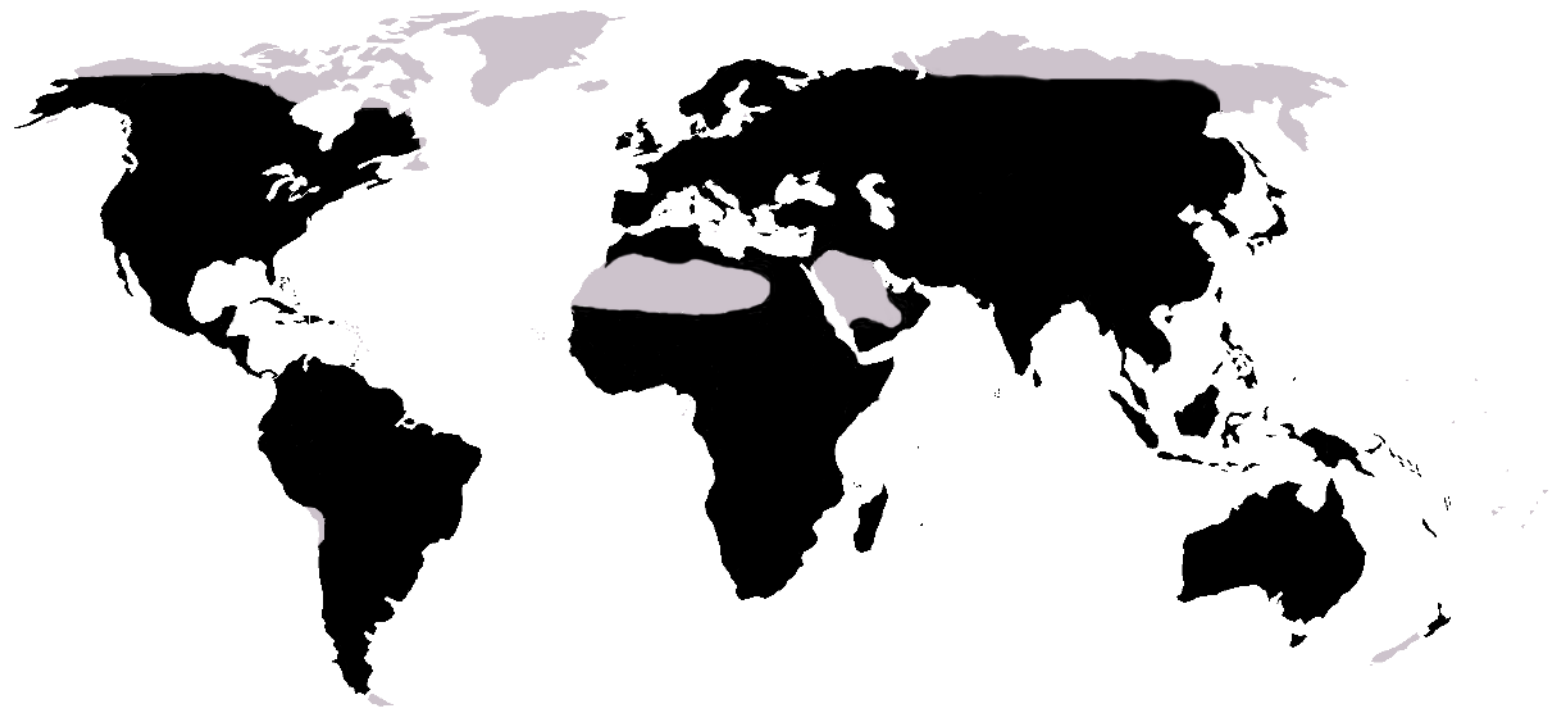
1. Cráneos negros: Salientia

2. Cráneos blancos: Anura (modernos)



## Orden Anura: ranas y sapos

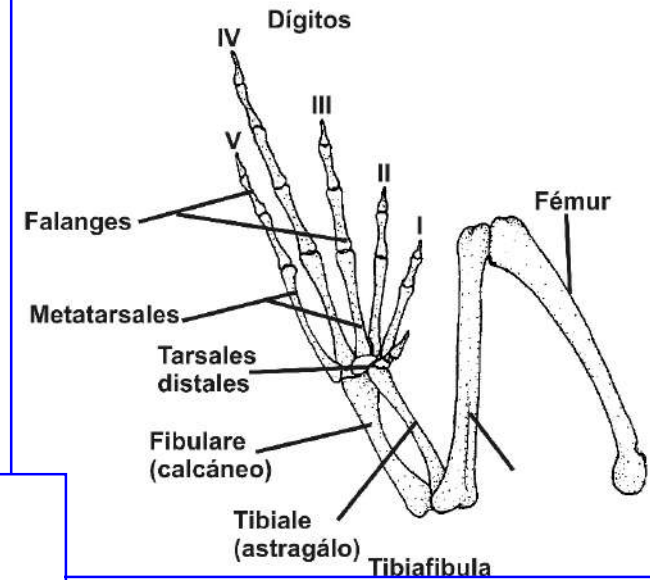
1. Grupo mas grande de anfibios ( $\approx 7468$  spp. = 88.4% del total de anfibios)
2. Distribución cosmopolita (excepto en regiones polares, desiertos extremos e islas oceánicas aisladas)
3. 56 familias (Frost *et al.* 2022, v6)



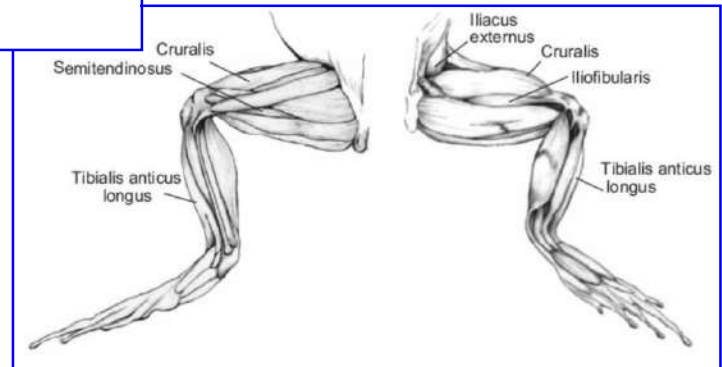
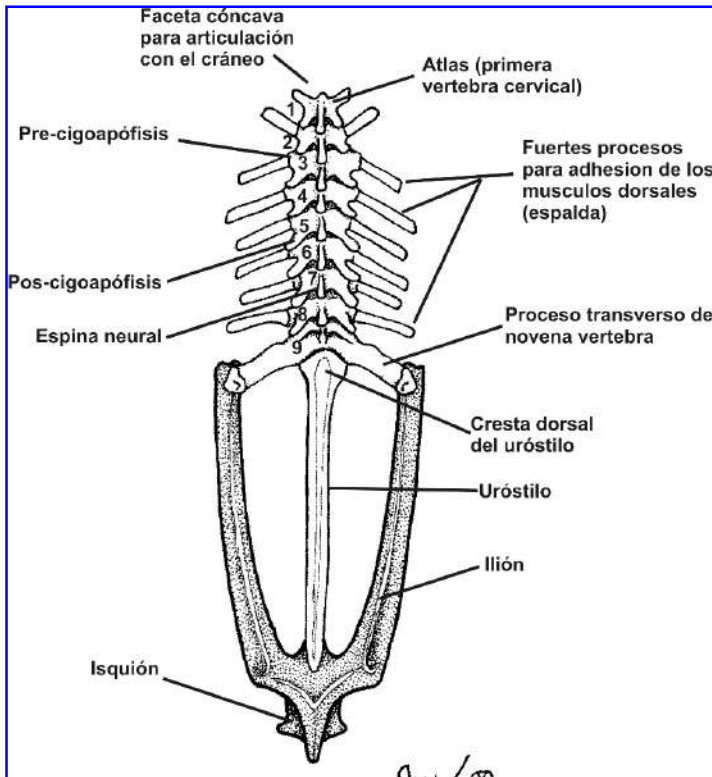
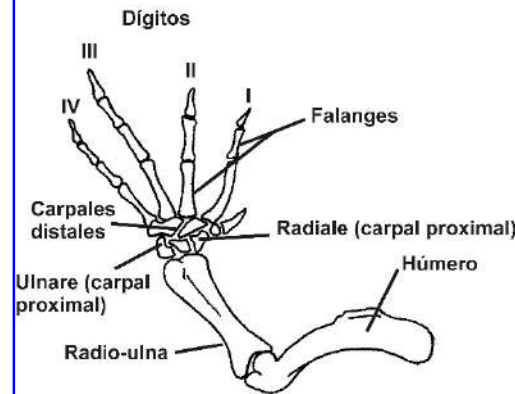
# Especializaciones esqueléticas para el salto

- Extremidades posteriores y músculos es un sistema de palanca que catapulta el animal hacia adelante
- Columna vertebral y cintura pélvica

## Extremidad posterior

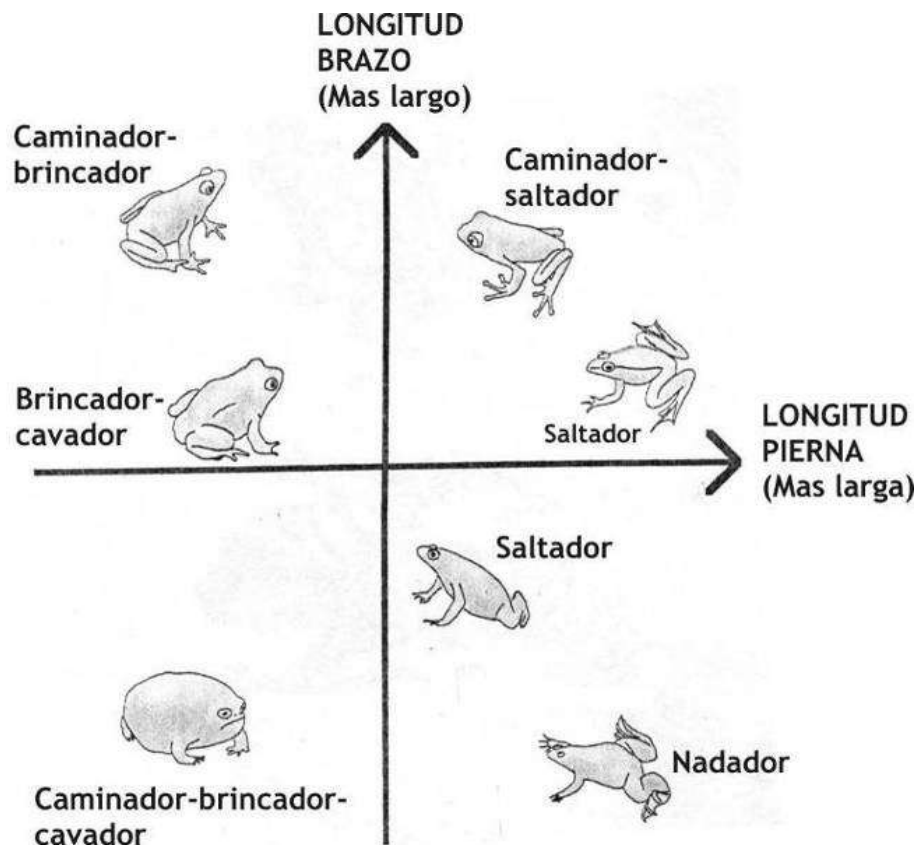


## Extremidad anterior

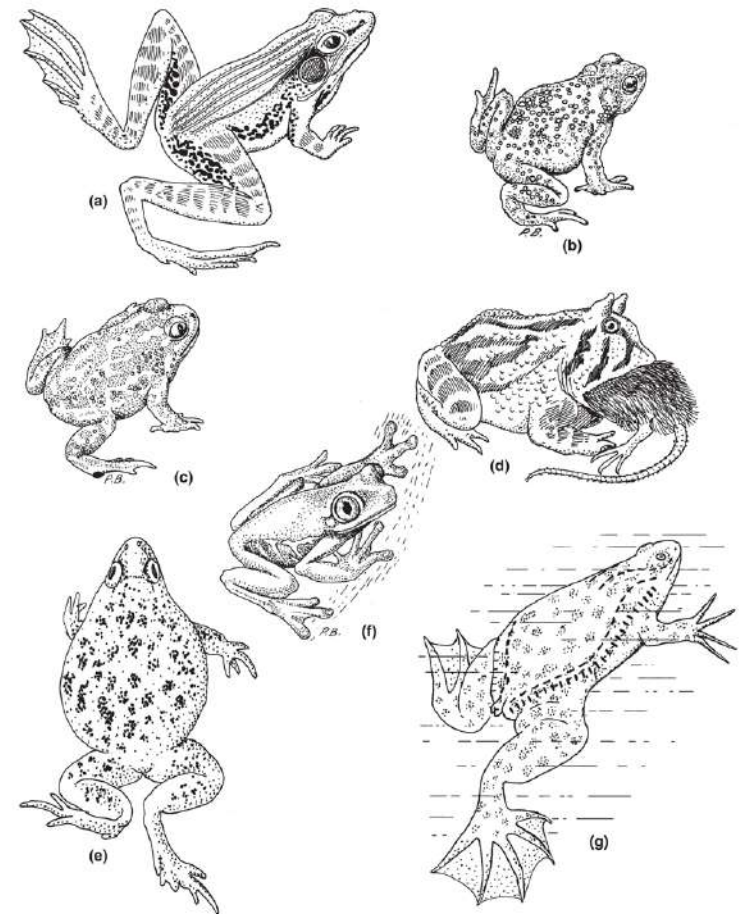




## Tipos locomotores de ranas: proporción de la longitud brazo/pierna



## Especializaciones ecológicas y la forma del cuerpo



### ■ Nadadores (A, G)

- ✓ Cuerpos robustos
- ✓ Brazos cortos/piernas largas

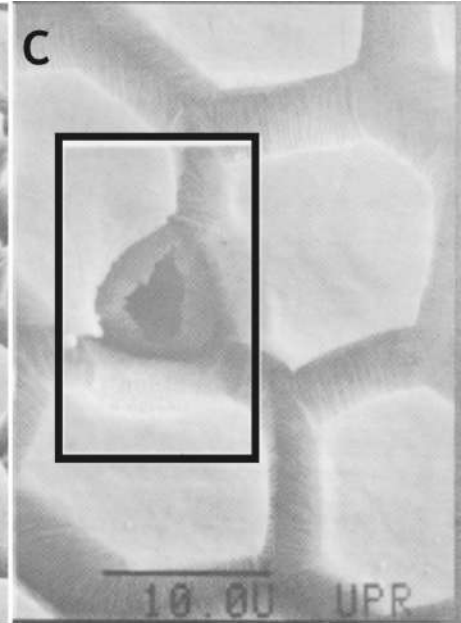
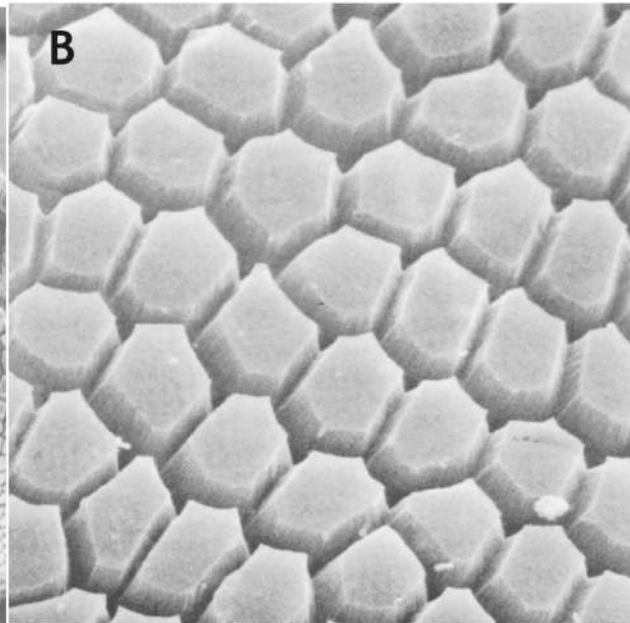
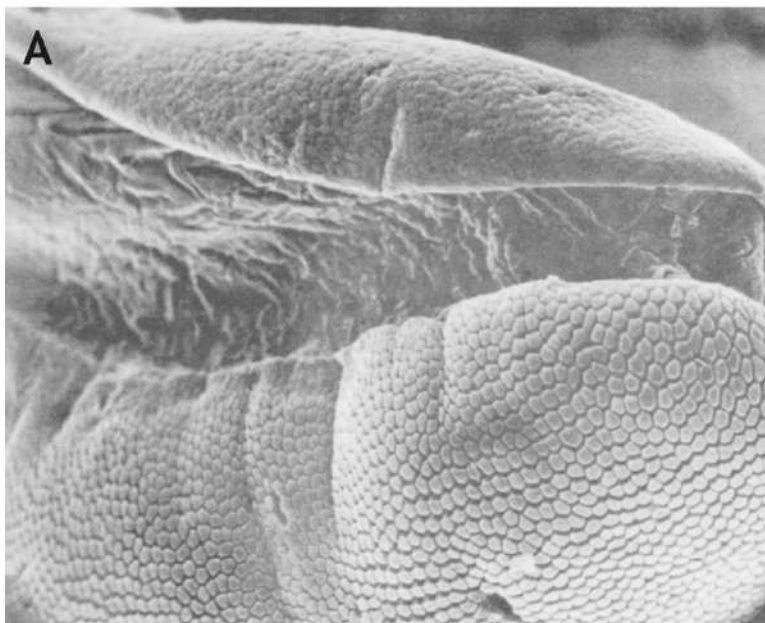
### ■ Caminadores (B, C, D, E)

- ✓ Cuerpos robustos
- ✓ Brazos/piernas cortos

### ■ Arbóreas (F)

- ✓ Cuerpos delgados
- ✓ Piernas largas

# Adaptaciones para los hábitos arbóreos



# Locomoción e historia natural

## ■ Especies caminadores

- ✓ **Extremidades cortas:** no escapan rápidamente)
- ✓ Locomoción por brincos
- ✓ Búsqueda activa del alimento en amplias áreas
- ✓ Se hacen conspicuas a depredadores
- ✓ Defensa: presencia de glándulas venenosas



## ■ Especies saltadoras

- Extremidades largas; locomoción por saltos; escape rápido
- Búsqueda sedentaria del alimento
- No son conspicuas
- Sin químicos defensivos

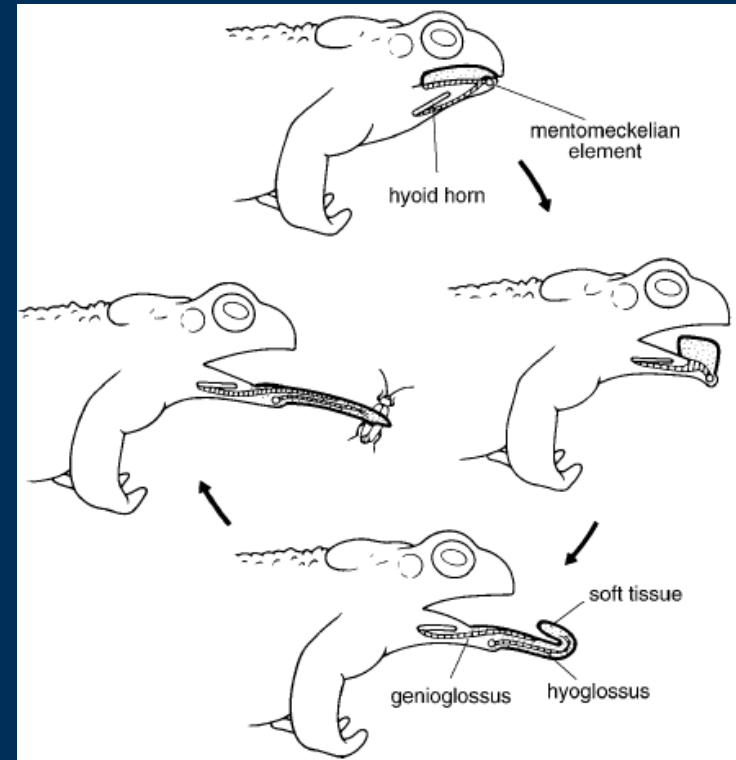


## Locomoción y dieta

- Especies que forrajean activamente
  - ✓ Generalistas/especialistas
  - ✓ Espectro estrecho de presas
- Especies sedentarias
  - ✓ Generalistas
  - ✓ Amplio espectro de presas

## Captura de la presa

- Especies acuáticas
  - ✓ Succión
- Especies terrestres
  - ✓ Utilización de la lengua



## Carácter mas distintivo: el canto

### 1. Producción de cantos en los machos

- Atracción de las hembras
- Indicador de condición anímica

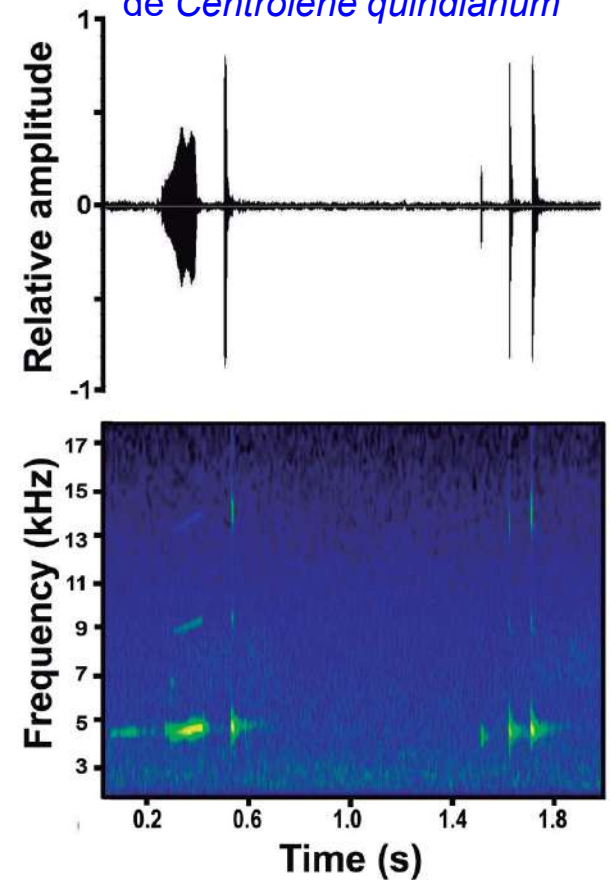


Cantos en ranas



*Rhinella marina*

Oscilograma y espectrograma de *Centrolene quindianum*



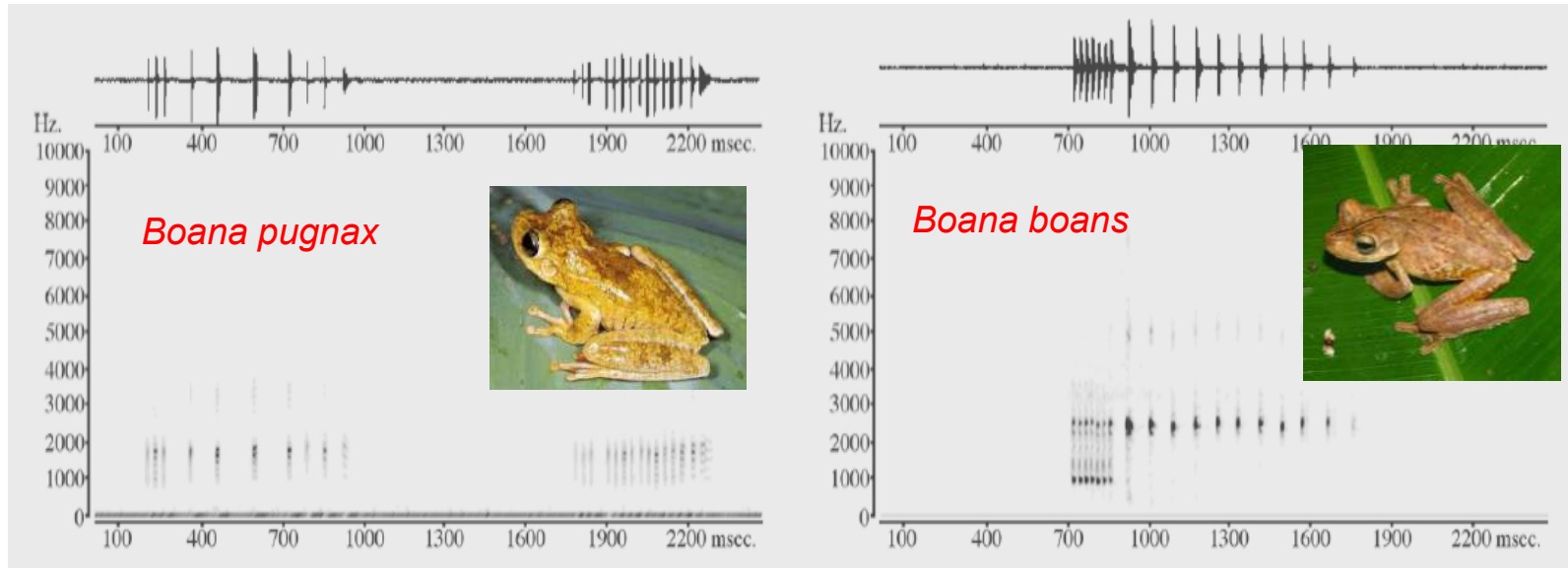
### 2. Advertencia de territorios entre machos

**The territoriality, vocalizations and aggressive interactions of the red-spotted glassfrog, *Nymphargus grandisonae*, Cochran and Goin, 1970 (Anura: Centrolenidae)**

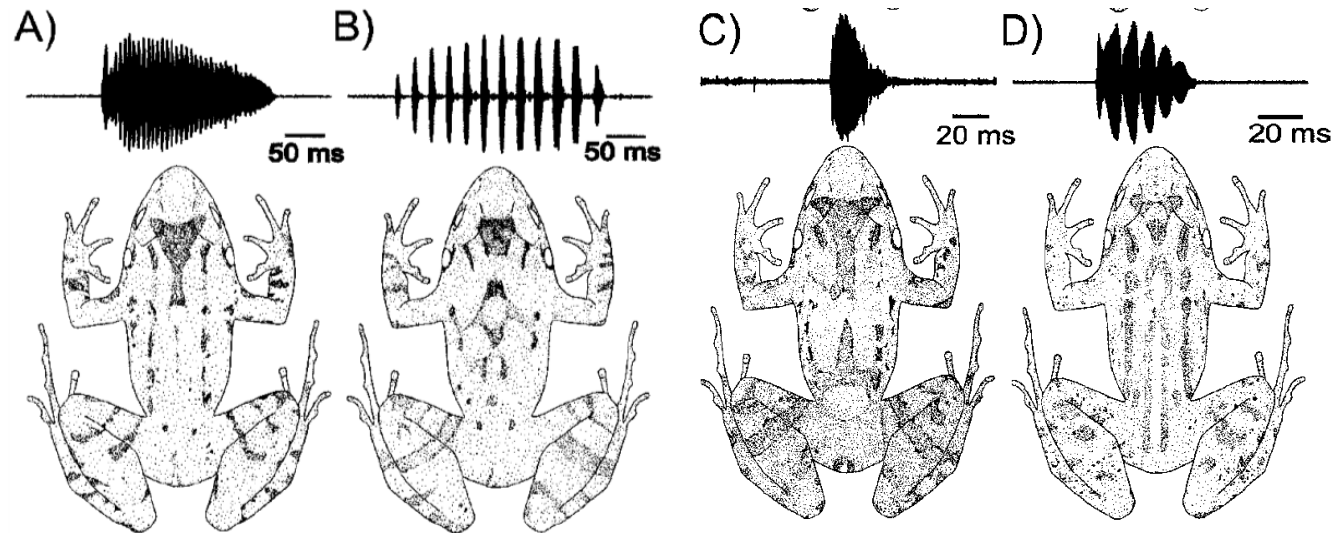
Carl Richard Hutter<sup>a\*†</sup>, Sergio Esobar-Lasso<sup>b</sup>, Julián Andrés Rojas-Morales<sup>b‡</sup>, Paul David Alfonso Gutiérrez-Cárdenas<sup>c§</sup>, Henry Imba<sup>d</sup> and Juan Manuel Guayasamin<sup>e</sup>

### 3. Mecanismo de aislamiento reproductivo

- Reconocimiento de especies / Evitar entrecruzamiento



### 4. Herramienta taxonómica



Cuatro especies del género *Adenomera*

# Diversidad de historias de vida en anfibios

Características más representativa de los anfibios como grupo:

1. Variedad de modos reproductivos (74)
  - Variedad supera 7:1 a otros tetrápodos



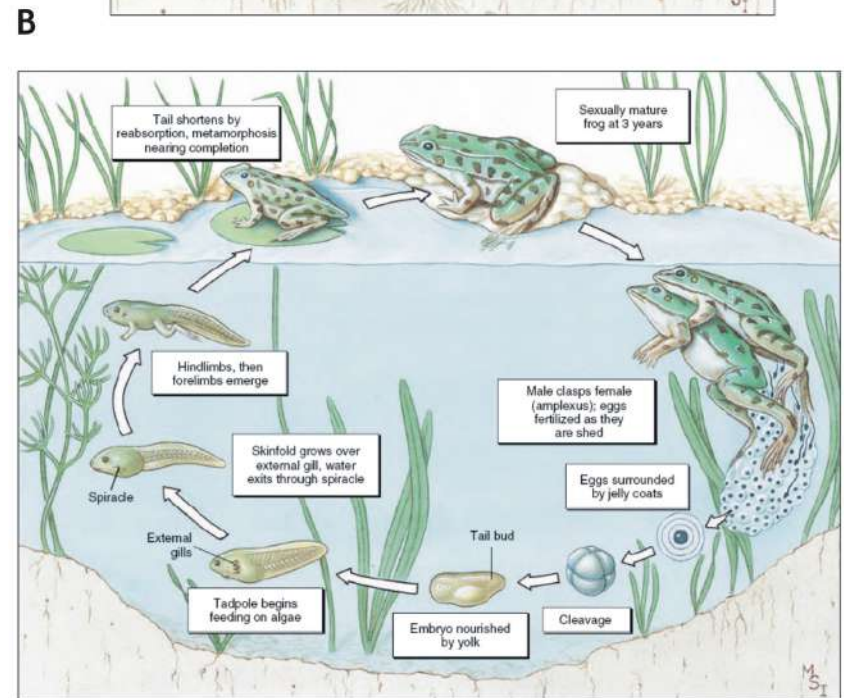
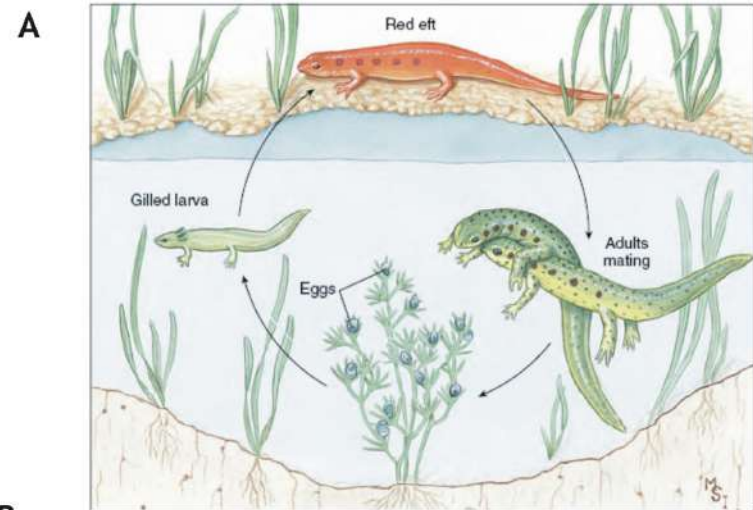
2. Cuidado parental  
(relacionado con  
modos reproductivos)



Nunes-de-Almeida et al. 2021. A revised classification of the amphibian reproductive modes. Salamandra 57: 413-427 (15 Agosto 2021)

# Patrón ancestral en anfibios: ciclo de vida bifásico

Transformación de larva acuática en adultos terrestres





# Variación a partir del patrón ancestral

- ✓ Sitios de ovoposición
- ✓ Cuidado parental

A: Huevos sobre hojas (*Centrolene savagei*)



B: Huevos en la espalda (*Hemiphractus fasciatus*)



C: Huevos en marsupio (*Gastrotheca albotineata*)



D: Transporte de larvas (*Hyloxalus subpunctatus* / *Epipedobates anthonyi*)



E: Huevos terrestres, desarrollo directo (*Pristimantis achatinus*)



F: Huevos en nidos de espuma en el agua (*Edalorhina perezi* / *Engystomops pustulosus*)



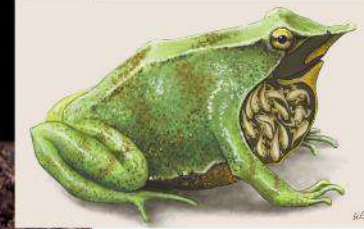
G: Huevos embebidos en dorso de hembra acuática (*Pipa pipa*)



A: Nido de espuma arbóreo (*Chiromantis xerampelina*)



B: Huevos terrestres, desarrollo de larvas en el saco vocal del macho (*Rhinoderma darwini*)



C: Huevos acuáticos, ingeridos por la hembra y desarrollo larval en el estómago; regurgitación de neonatos (*Rheobatrachus silus*)



D: Huevos que eclosionan en larvas en oviducto de la hembra; "parto" de renacuajos (*Limnonectes larvaepartus*)



Larvas removidas del oviducto

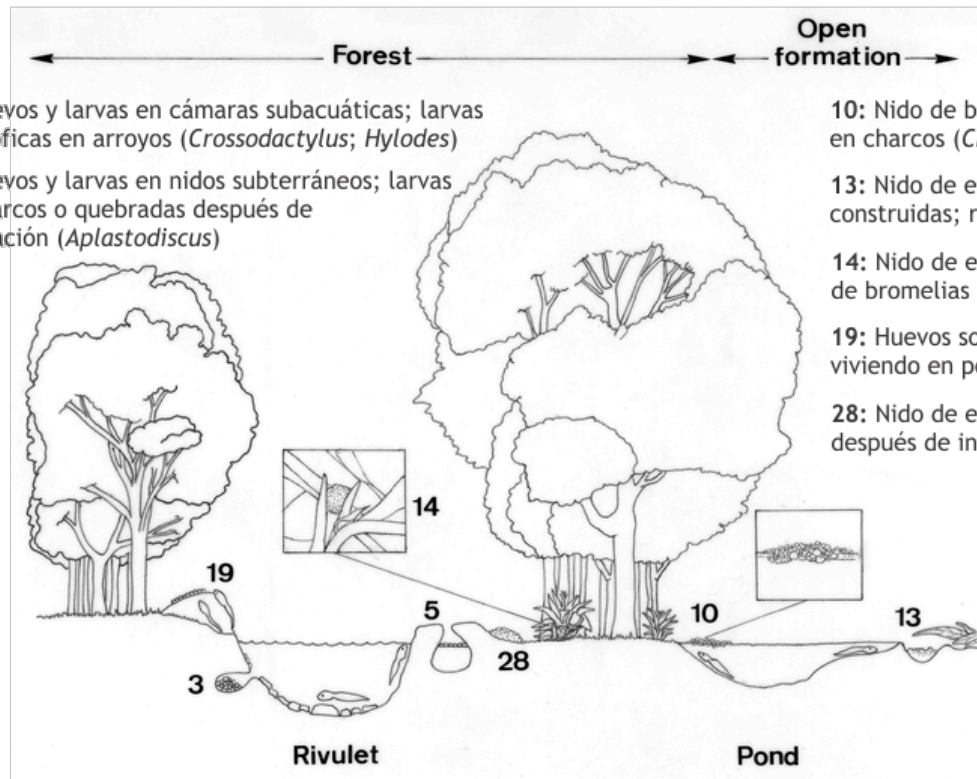
E: Viviparidad (*Nectophrynoides asperginis*)



F: Nido en hojas (*Phasmahyla cochranae*)

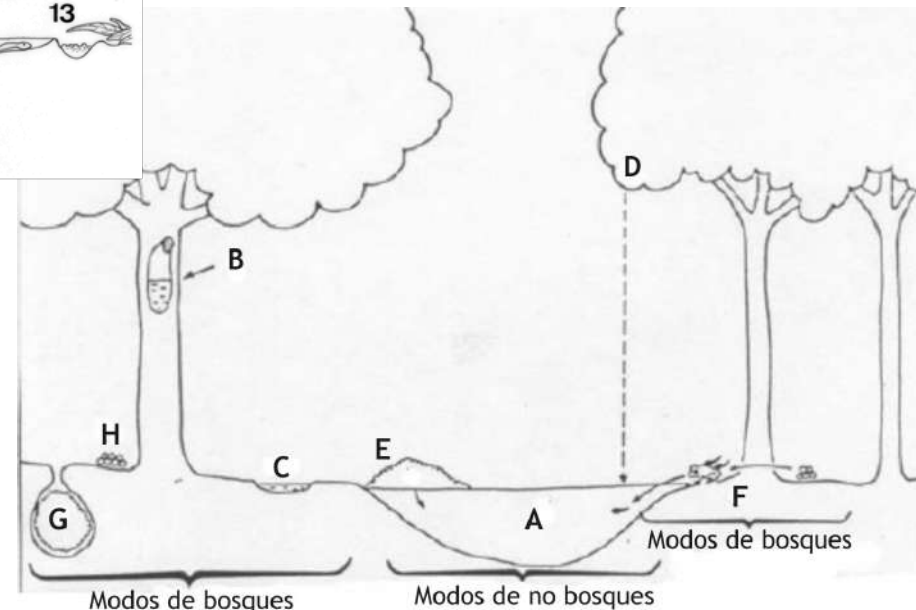


# Variación (especialmente en el Neotrópico) asociada a maximización de beneficios y reducción de costos en el fitness



Siete modos reproductivos que ocurren en bosques de la Mata Atlántica (Brasil)

Modos reproductivos en Santa Cecilia (Ecuador)



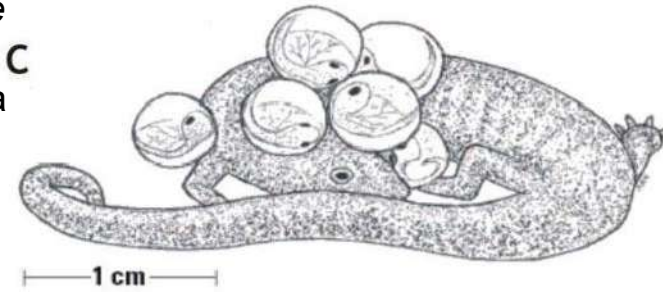
# Cuidado parental



Macho *Centrolene savagei* atendiendo nidada



Hembra de *Ichthyophis kohtaoensis* con nidada



Hembra de *Bolitoglossa* con nidada



Macho de sapo partero *Alytes obstetricans* con huevos en los muslos

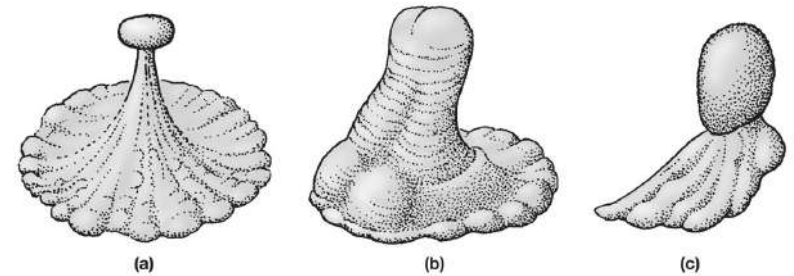
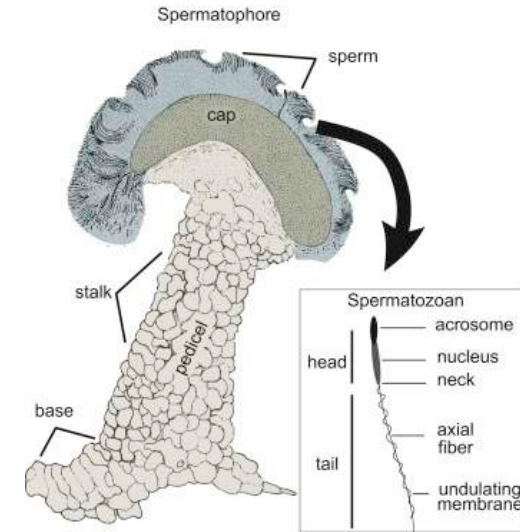
Neonatos de *Boulengerula taitanus*



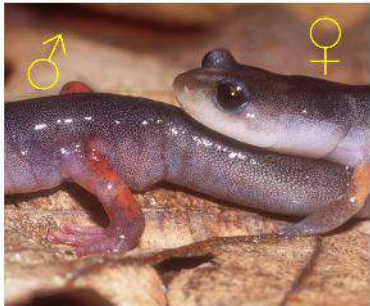
# Caudata

Mayoría con fertilización interna

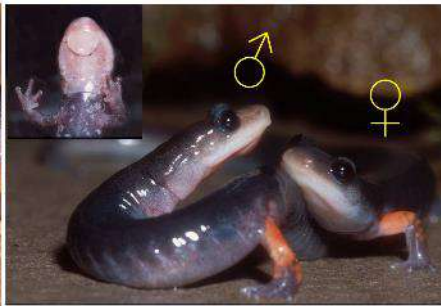
1. Fertilización externa: *Cryptobranchidae*, *Hynobiidae* y *Sirenidae*
2. Fertilización interna a través de espermatóforo
  - Hay un elaborado proceso de cortejo



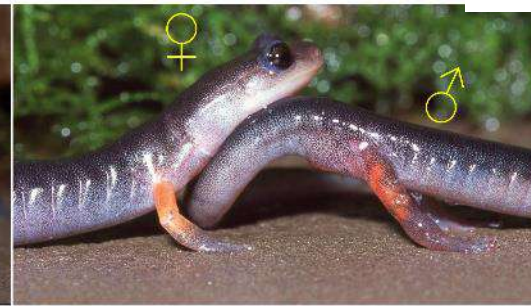
© 2013 Pearson Education, Inc.



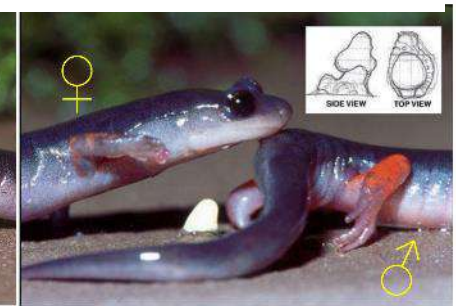
Hembra fricciona con el mentón la cola del macho ("tail-straddling") a medida que los dos en esa posición se mueven hacia adelante



Macho libera feromonas de la glándula mental en las narinas de la hembra

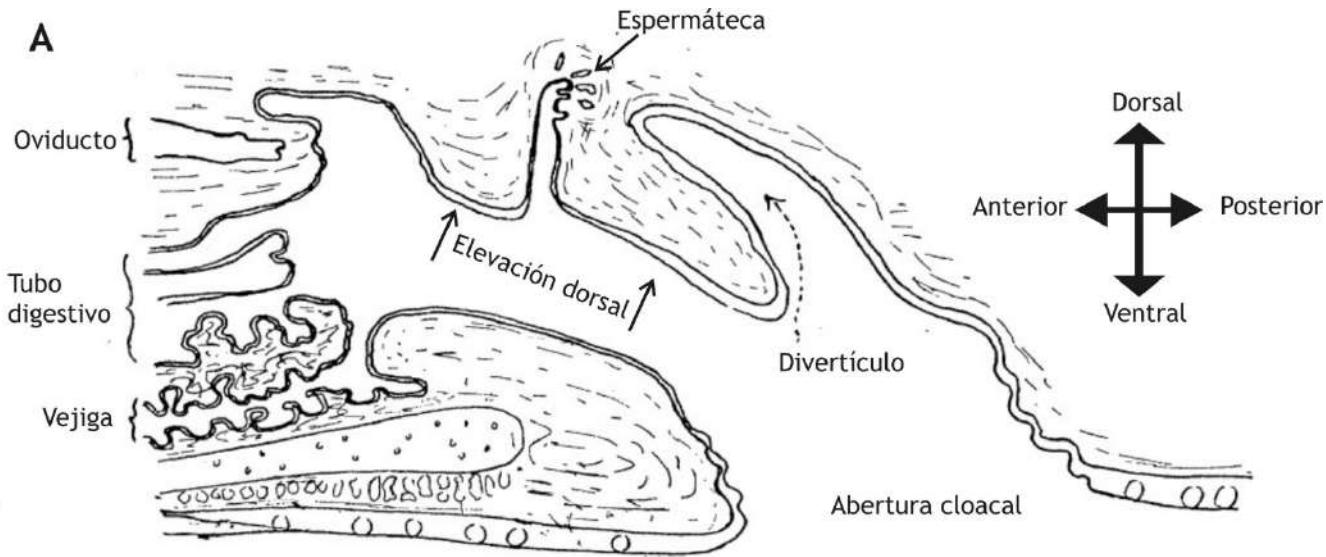
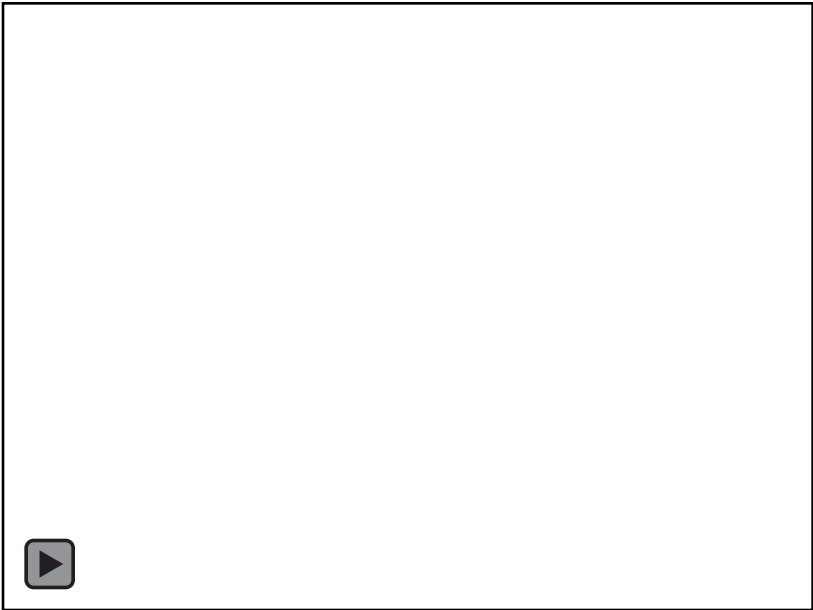
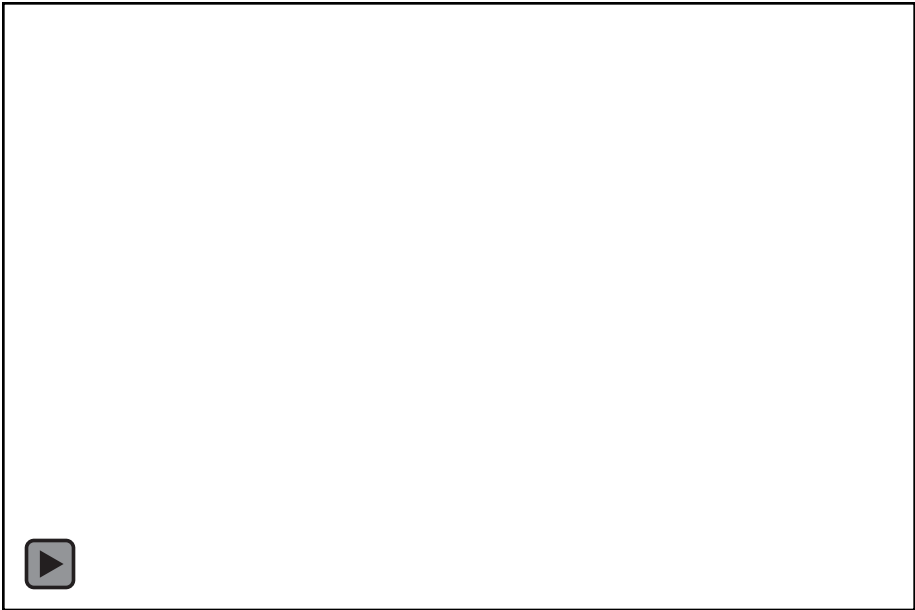


Continuación del "tail-straddling" por parte de la hembra. Macho se prepara para depositar el espermatóforo en el suelo



Espermatóforo liberado por el macho y guía la hembra hacia él. posteriormente la hembra pasa sobre el espermatóforo (blanco) y lo toma con la cloaca

# Cortejo en salamandras y almacenamiento de esperma en espermateca



# Gymnophiona

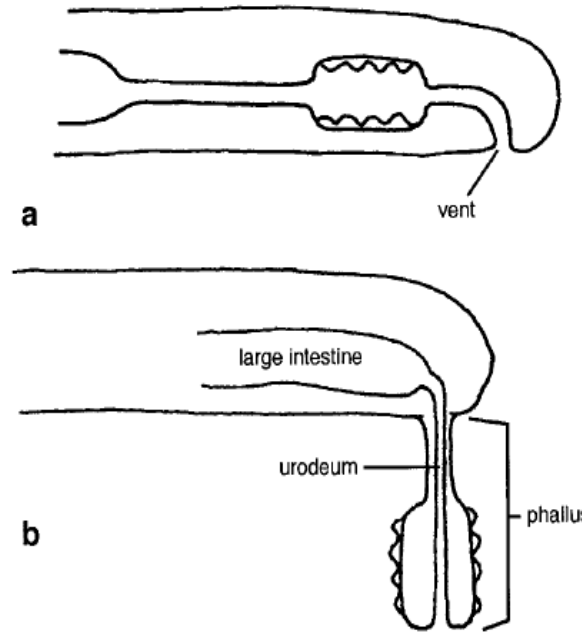
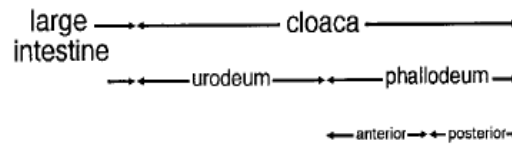
Grupo muy especializado

1. Fertilización interna

- Órgano protusible intromitente en machos

2. Cuidado parental de huevos por parte de la hembra

3. Desarrollo directo

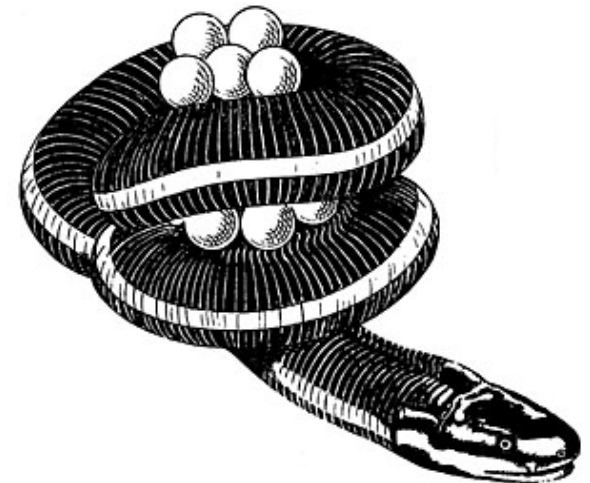


Esquema de la posición del *phalodeum* en el cuerpo del macho de una caecilia

Vista lateral del *phalodeum* de *Schistometopum gregorii*



Hembra de *Ichthyophis kohtaoensis* con nidada



## Viviparidad como característica general (75%) de las especies

### 1. Matrotrofia (alimentación a partir de la madre)

- Aumento del tamaño corporal del neonato (30-60% del tamaño de la madre)
- Huevo con vitelo y embrión se alimenta del vitelo
- Eclosión y feto se alimenta de material que arranca de las paredes del oviducto

### 2. Intercambio gaseoso a través de **branquias filamentosas** (spp. terrestres) o en **forma de saco** (spp. acuáticas)



Branquia  
filamentosa

Neonato caecilia  
terrestre



Branquia en  
forma de  
saco

Neonato caecilia acuática



## Variación en:

- Fertilización (externa; interna en *Ascaphus*, *Mertensophryne*, *Altiphrynoidea*, *Nimbaphrynoidea*)

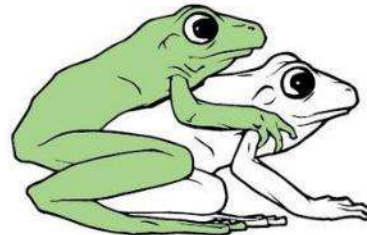
### ✓ Amplexus (diversos tipos)



*Ascaphus truei*



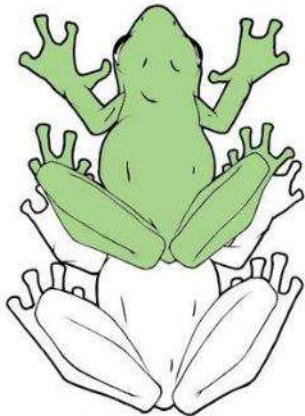
Inguinal  
(*Alytes obstetricans*)



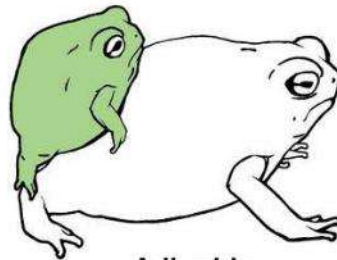
Axilar  
(*Pristimantis achatinus*)



Cefálico  
(*Colostethus inguinalis*)



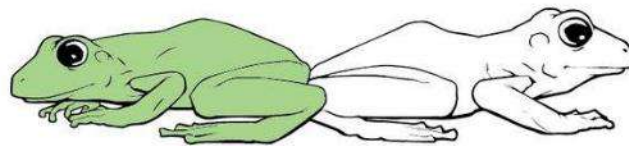
Abreviado  
(*Guibemantis liber*)



Adherido  
(*Breviceps adspersus*)



Contacto dorsal  
sin abrazo  
(*Nyctibatrachus humayuni*)



Oposición cloacal  
(*Oophaga granulifera*)