

9. SQUAMATA (SERPENTES): SISTEMÁTICA, DIVERSIDAD Y MORFOLOGÍA



Suborden Serpentes
(Lepidosauria: Squamata)

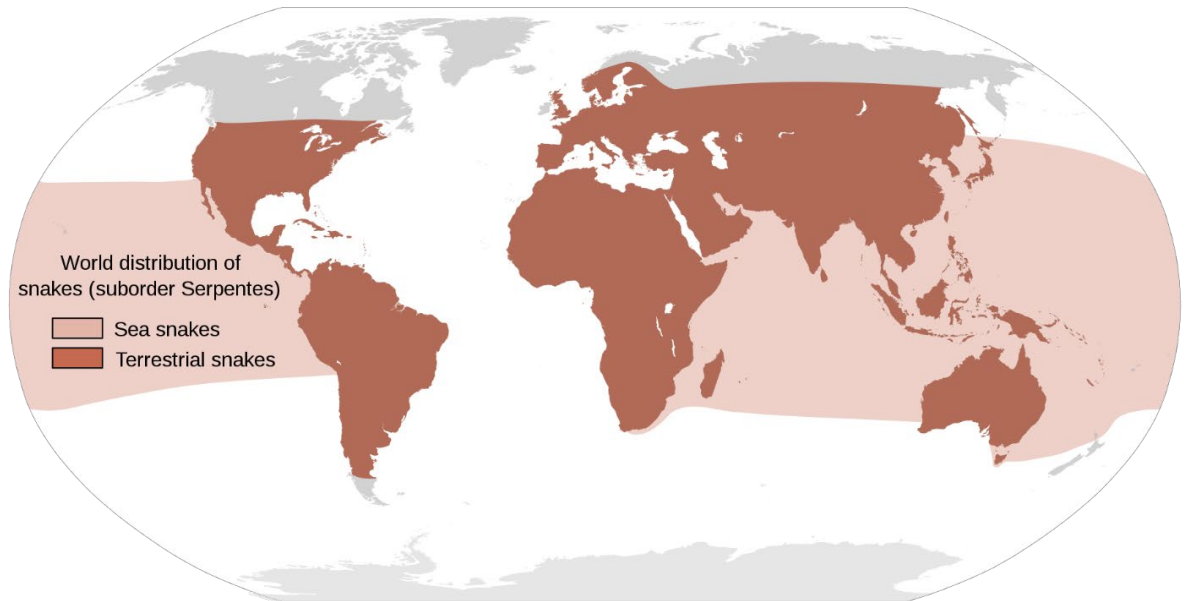
Diversidad: contenido y distribución

Grupo diverso de reptiles

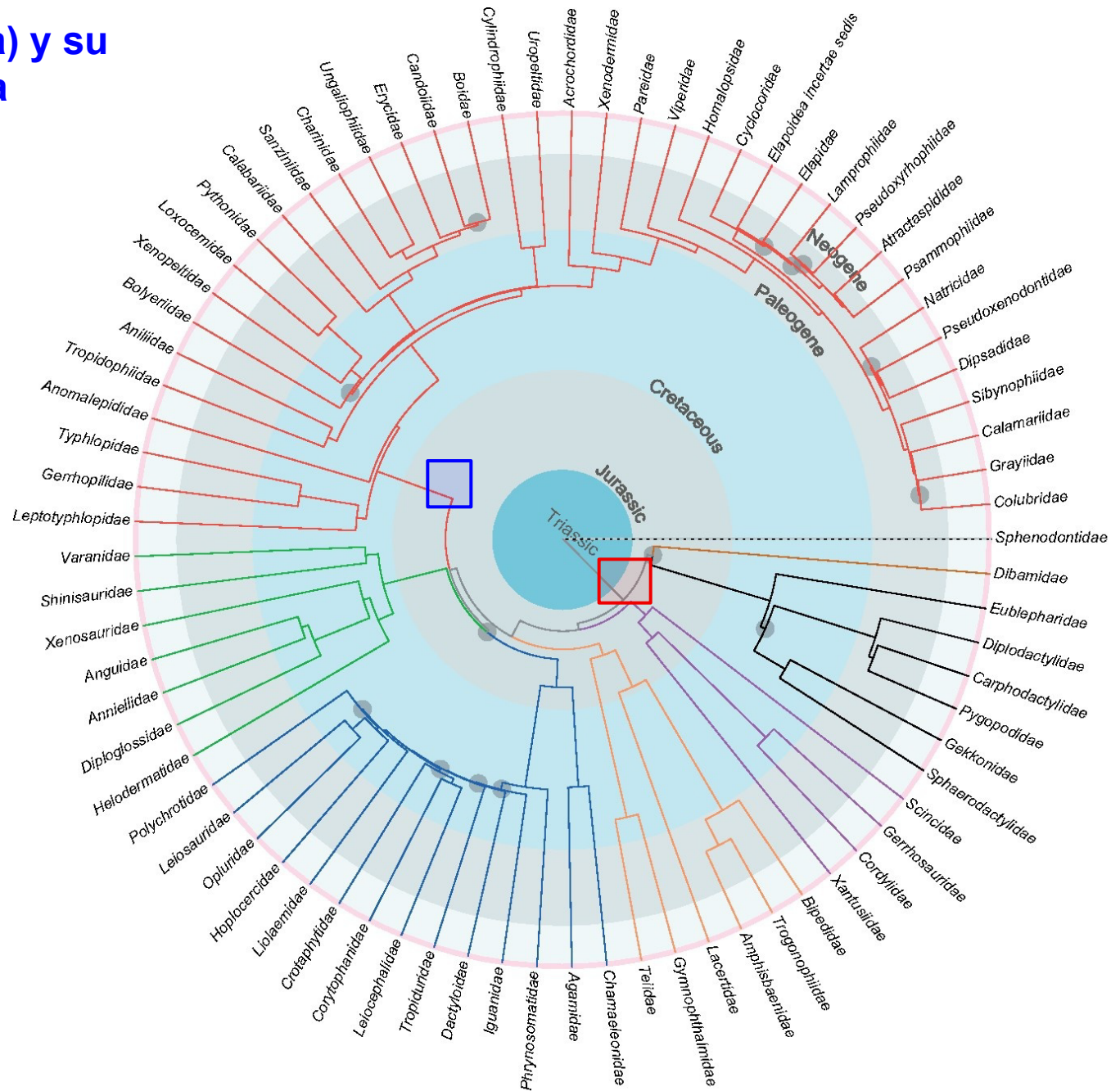
- **Segundo grupo** con mayor riqueza de especies = 4187 spp. (Reptile-database, mayo/2025)
- 42 familias (Boundy 2021)
- 33.7% de Reptilia
- 34.8% de Squamata

Distribución

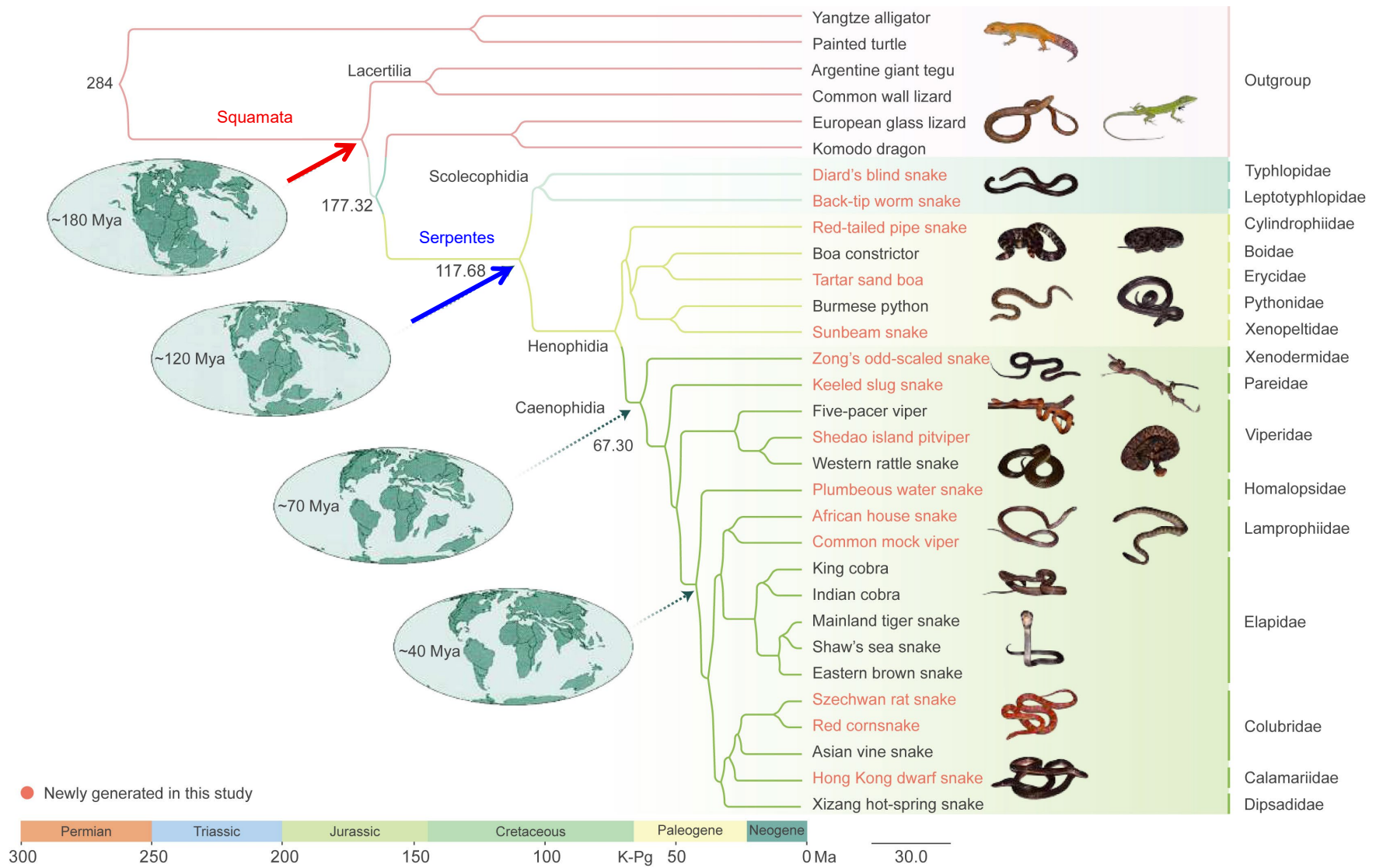
- En todos los continentes, excepto la Antártica

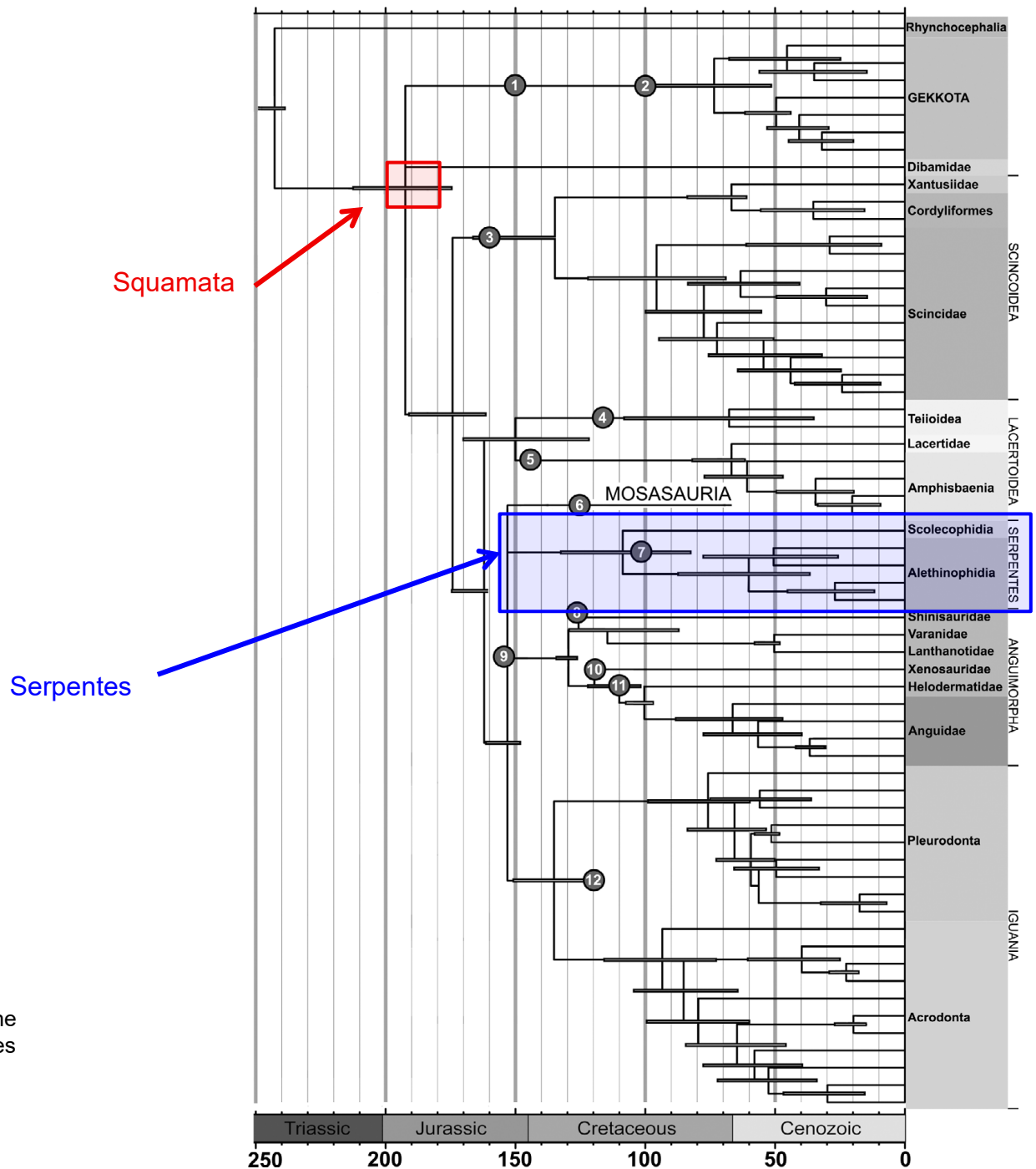


Serpentes (Ophidia) y su relación con Sauria



Burbrink et al. 2020. Interrogating genomic-scale data for Squamata (lizards, snakes, and amphisbaenians) shows no support for key traditional morphological relationships. *Syst. Biol.* 69: 502-520





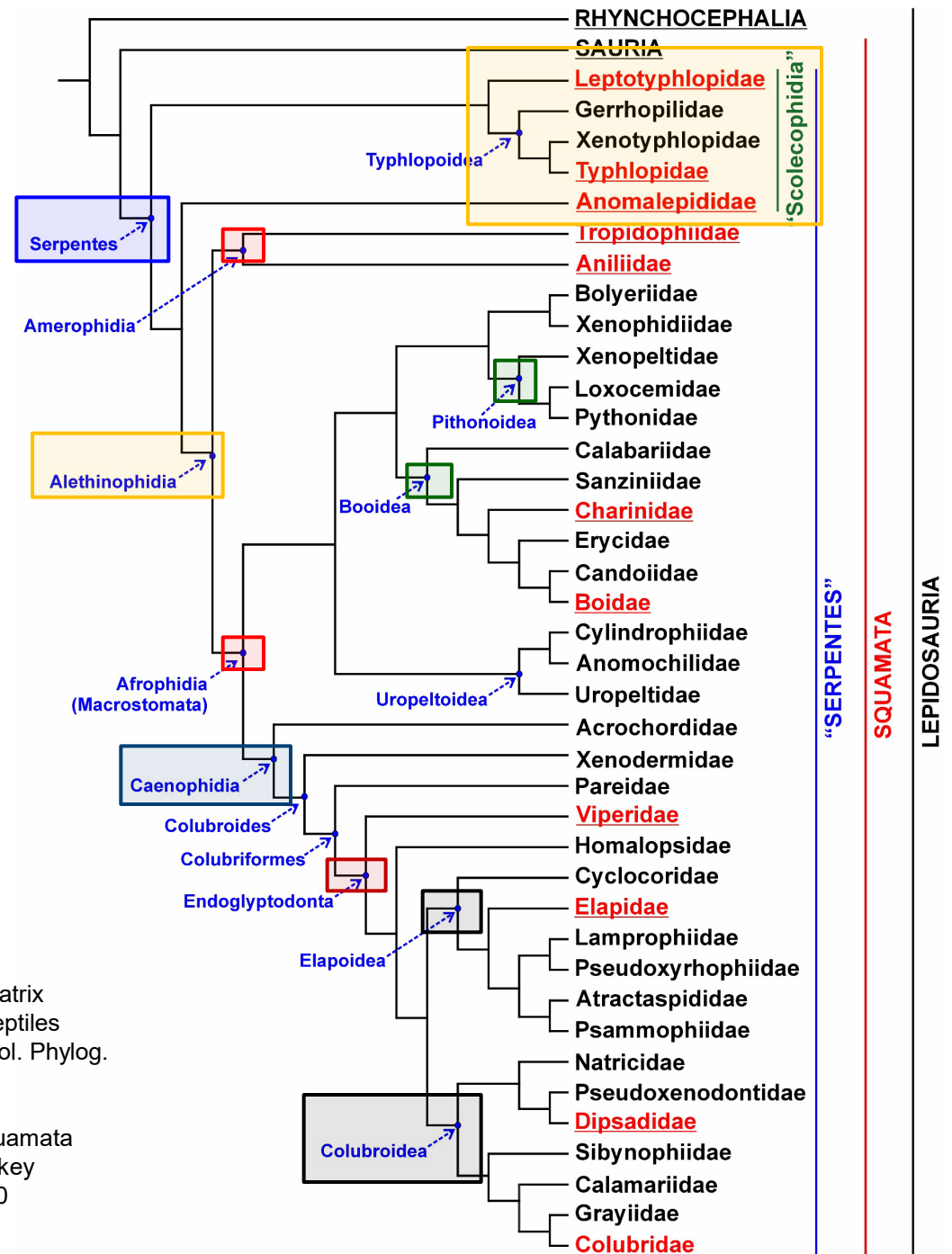
Evans, S.E.. 2022. The origin and early diversification of squamates. Pp. 7-25. In: The origin and early evolutionary history of snakes (Gower, D.J. & Zaher, H., eds). Cambridge University Press. Cambridge.

Relaciones filogenéticas serpientes modernas

rojo = presentes en Colombia

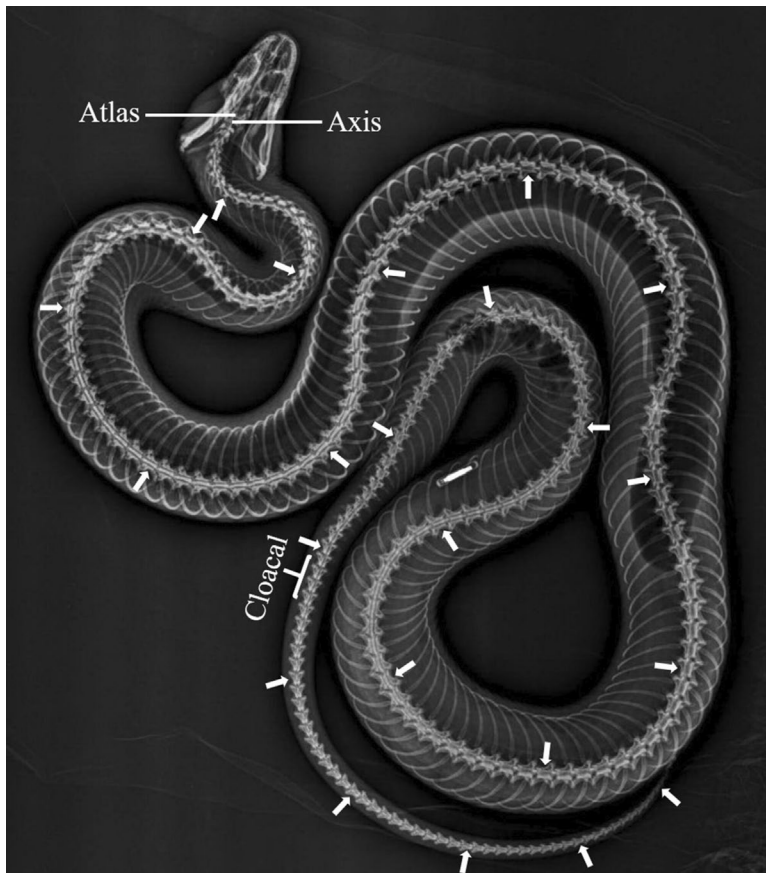
Modificado de:

- Zheng & Wiens. 2016. Combining phylogenomic and supermatrix approaches, and a time-calibrated phylogeny for squamate reptiles (lizards and snakes) based on 52 genes and 4162 species. *Mol. Phylog. Evol.* 94: 537-547
- Burbrink et al. 2020. Interrogating genomic-scale data for Squamata (lizards, snakes, and amphisbaenians) shows no support for key traditional morphological relationships. *Syst. Biol.* 69: 502-520



¿Qué es una serpiente?

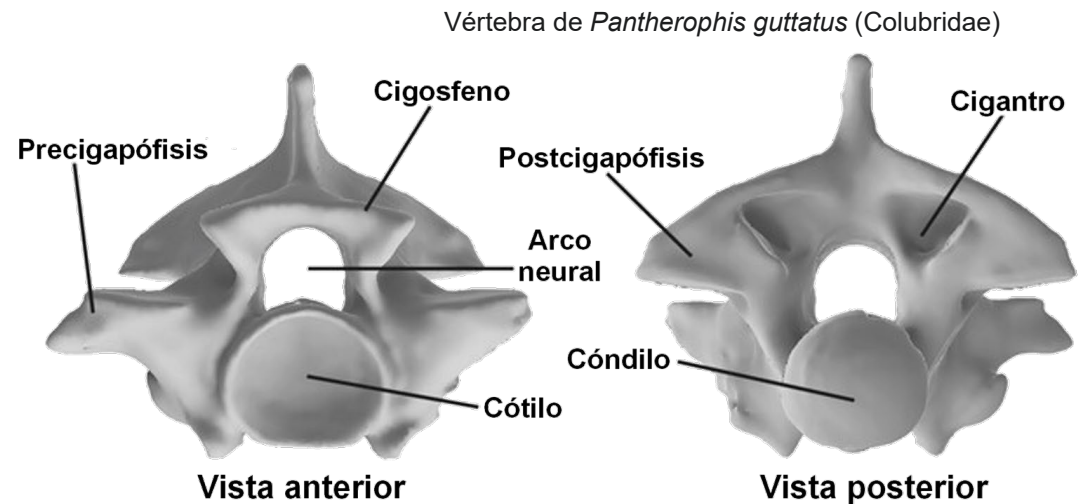
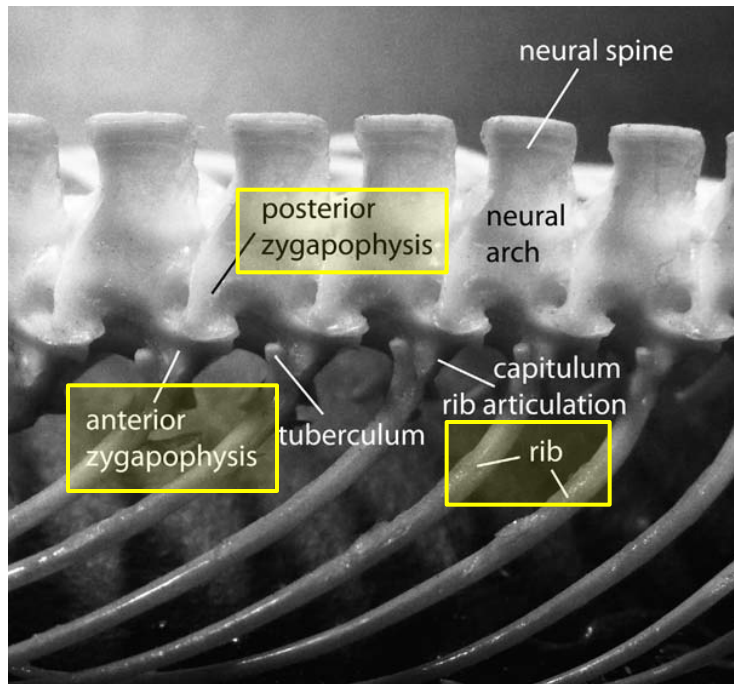
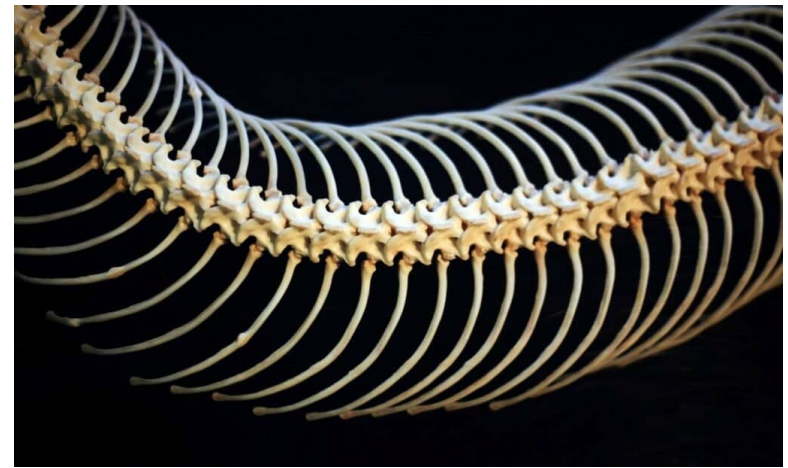
- Cuerpos elongados (serpentiforme)
 - Elongación del cuerpo acompañada por incremento en el número de vertebras (120-240; aunque $\gg 500$)



Radiografía de hembra de *Natrix tessellate* (Natricidae). Esqueleto completo con 232 vertebras (contadas cada 10 vertebras: flechas blancas)

Vértebras en las serpientes

- Cada vértebra con un par de costillas
 - Cuerpo flexible = movimientos extremadamente ondulatorios
- Articulación fuerte y firme entre vertebras
 - **Cigapófisis**: proyecciones óseas del arco neural laterales pareadas
 - Precigapófisis (anterior; proyección cranial)
 - Postcigapófisis (posterior; proyección caudal)



- Postcigapófisis de vértebra anterior se entrelaza con precigapófisis de la vértebra posterior
 - Restringe torsión
 - Proporciona estabilidad
- Aumentar eficacia de los sistemas de palanca relacionados con los músculos que flexionan lateralmente la columna vertebral

Articulación pivotante entre cigosfeno-cigantro

Cigosfeno: proceso en forma de cuña orientado hacia adelante

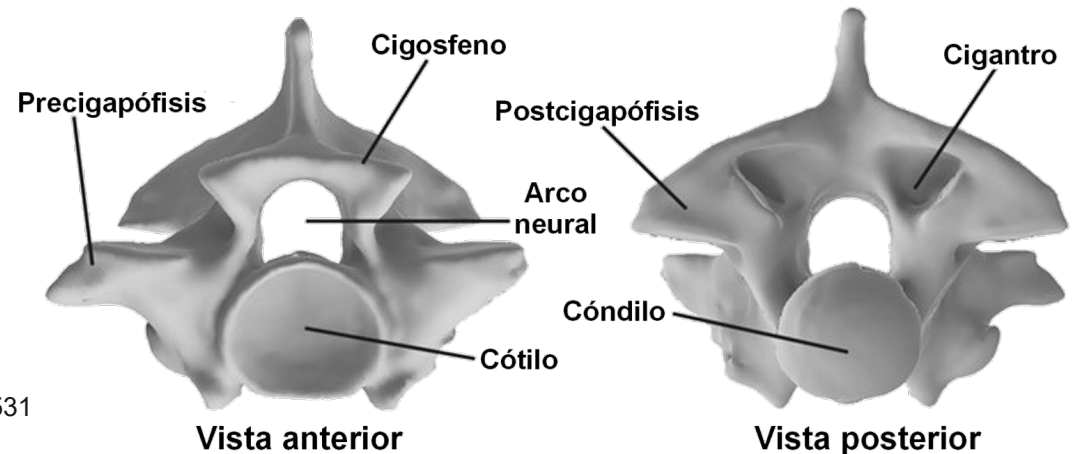
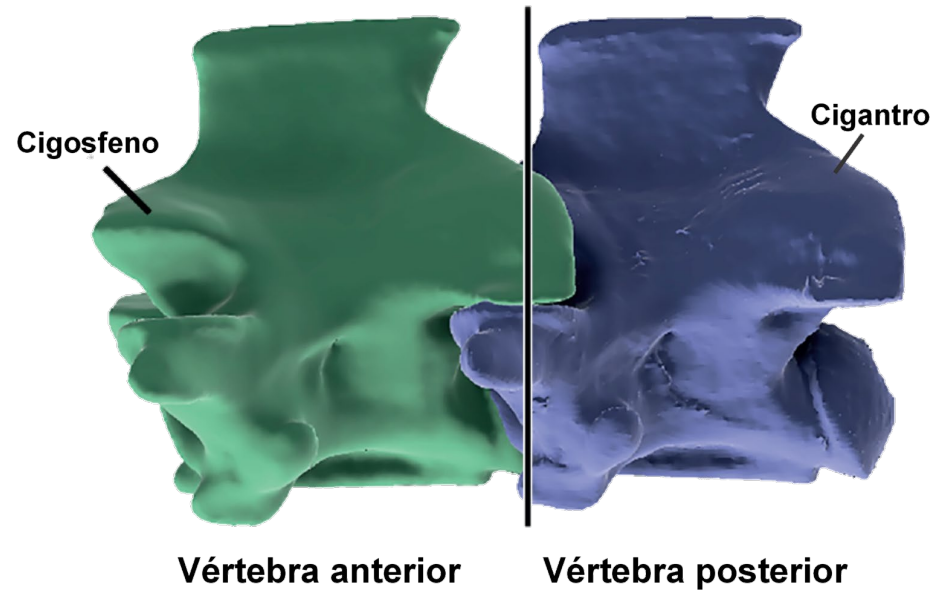
Cigantro: depresión en la parte posterior

Estabilización de la columna vertebral: hay movimientos horizontales y verticales de la columna vertebral, pero evita rotaciones de las vértebras individuales entre sí

Derek et al. 2020. Experimental modification of morphology reveals the effects of the zygosphenue–zygantrum joint on the range of motion of snake vertebrae. J. Exp. Biol. 223: jeb216531

Tingle et al. 2024. Functional diversity of snake locomotor behaviors: A review of the biological literature for bioinspiration. Ann. New York Acad. Sci. 1533: 16-37

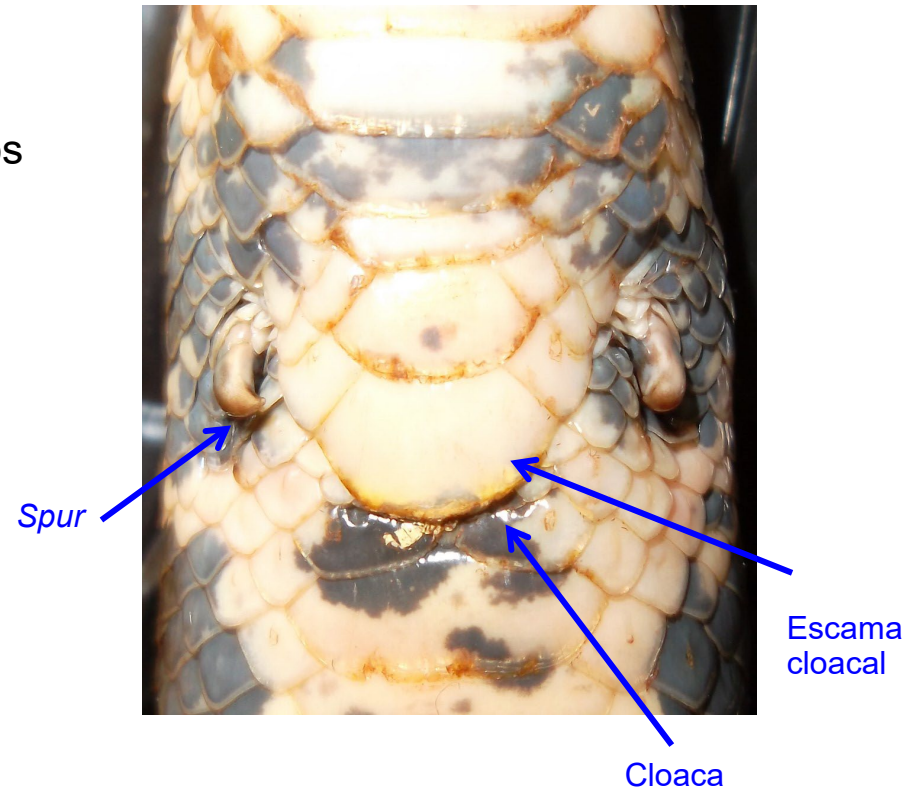
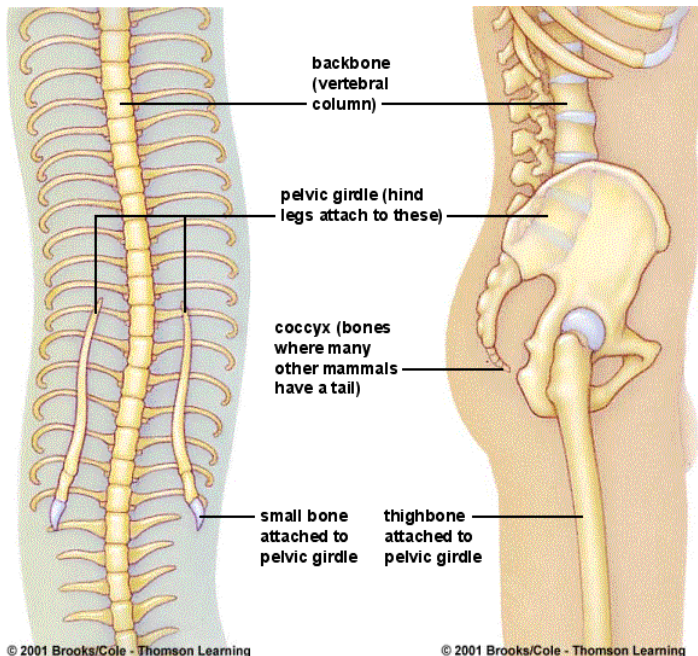
Vista lateral izquierda de vértebra de *Pantherophis guttatus* (Colubridae)



Reptiles apodos (sin extremidades anteriores ni posteriores)

Sin cinturas pectoral y pélvica

- Presencia de (“**spurs**”) pélvicos en machos de algunas familias (e.g. Boidae, Pithonidae)
- Vestigios del fémur a lado de la cloaca



- Huesos sesamoideos
- Vestigios no en contacto directo con la columna vertebral

Historia evolutiva de las serpientes

Presencia de remanentes en serpientes y el origen en reptiles con patas

Ophidia (= Pan-Serpentes)

1892. *Coniophis precedens* (fosorial).
128 m.a

Notice of New Reptiles from the Laramie Formation; by O. C. MARSH.

Longrich et al. **2012**. A transitional snake from the Late Cretaceous period of North America. *Nature* 488: 205-208

Serpentes

2000. *Haasiophis terrasanctus* (marina).
99.7 m.a.

A Fossil Snake with Limbs

Eitan Tchernov,¹ Olivier Rieppel,^{2*} Hussam Zaher,³
Michael J. Polcyn,⁴ Louis L. Jacobs⁴

Ophidia (= Pan-Serpentes)

2006: *Najash rionegrina* (terrestre). 85 m.a.

A Cretaceous terrestrial snake with robust hindlimbs and a sacrum

Sebastián Apesteguía^{1,2} & Hussam Zaher³

Serpentes

1979. *Pachyrhachis problematicus*
(marina)

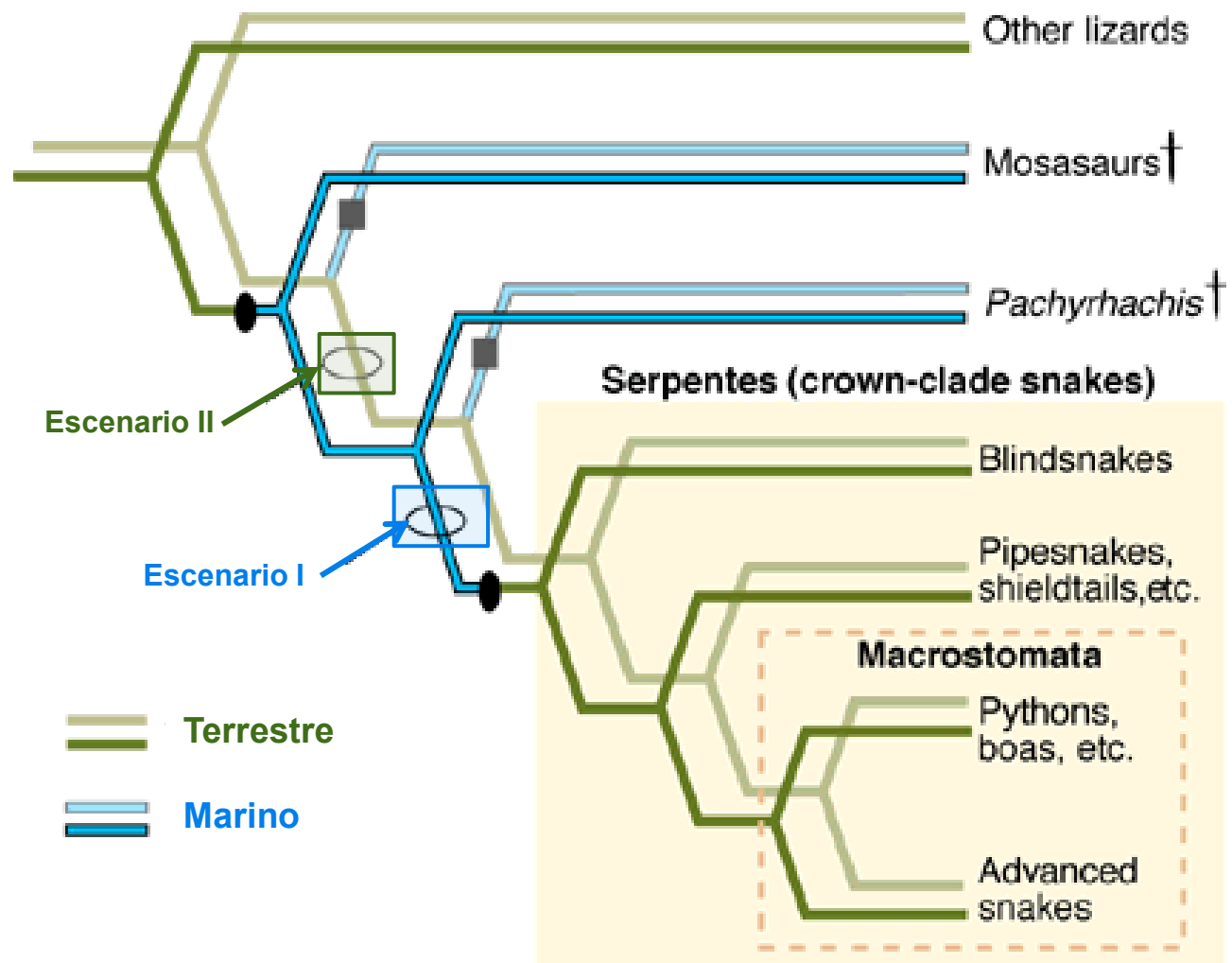
Haas, G. **1979**. On a new snakelike reptile from the Lower Cenomanian of Ein Jabrud, near Jerusalem

1997 **A snake with legs from the marine Cretaceous of the Middle East**

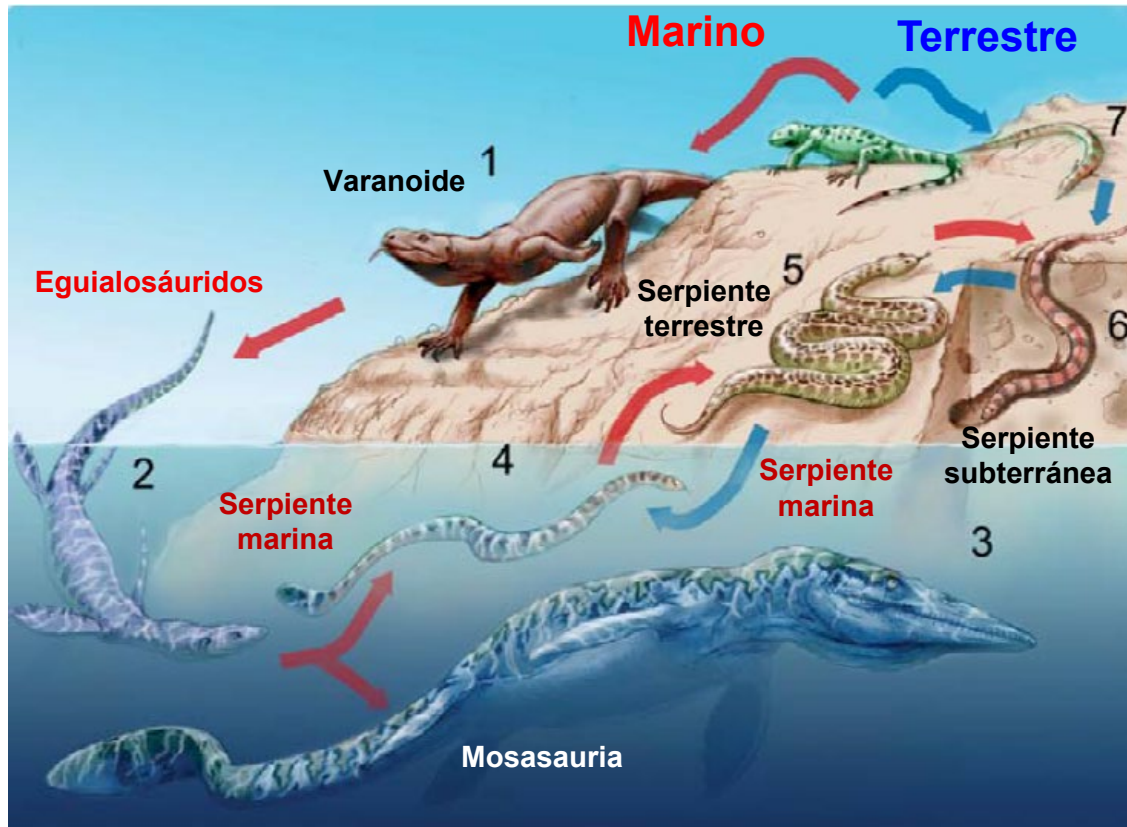
Michael W. Caldwell^{*} & Michael S. Y. Lee[†]

Escenarios ambientales de evolución de las serpientes

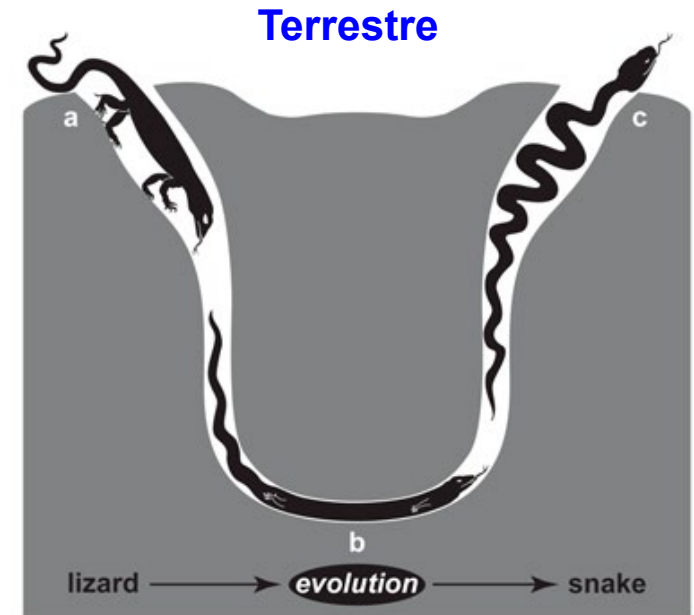
Dos posibles escenarios



Curso evolutivo hipotético en cada escenario



Modificado de: Apesteguía, S. 2007. Lepidosaurios en movimiento: de los lagartos a las serpientes. Inv. Cienc. Agosto: 55-61



Held. 2014. How the snake lost its legs: curious tales from the frontier of Evo-Devo. Cambridge University Press, Cambridge. 285 pp.

Hsiang et al. 2015. The origin of snakes: revealing the ecology, behavior, and evolutionary history of early snakes using genomics, phenomics, and the fossil record. BMC Evol. Biol. 15: 87.

Da Silva et al. 2018. The ecological origins of snakes as revealed by skull evolution. Nature Comm. 9: 376

Yi & Norell. 2015. The burrowing origin of modern snakes. Sci. Adv. 1: e1500743

1892: *Coniophis precedens* Marsh. 1892. Am. J. Sci. 43: 449-453

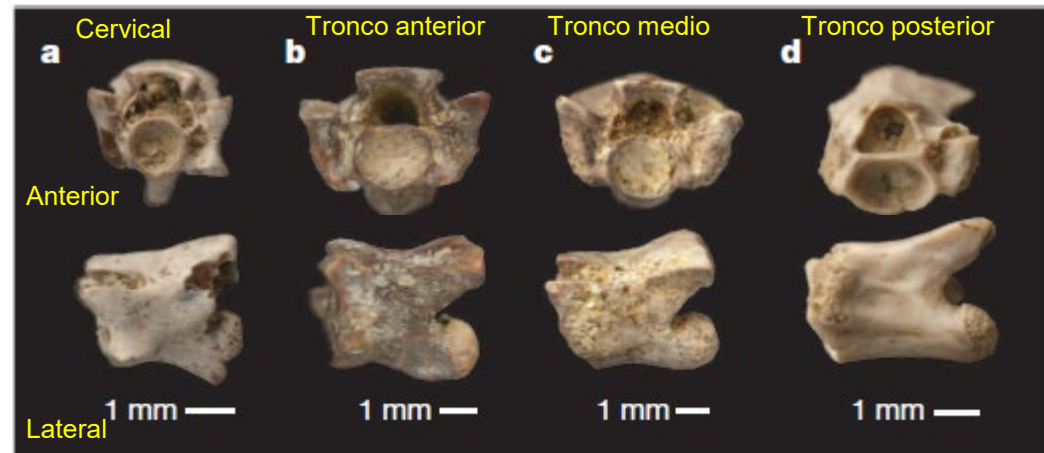
- Cretáceo medio (~ 128 m.a.)
- Wyoming, EEUU



Representa un fósil transicional: cuerpo de serpiente y cabeza de lagarto

- Características ambientales (donde se encontraba el fósil), vertebras y cráneo-mandíbula

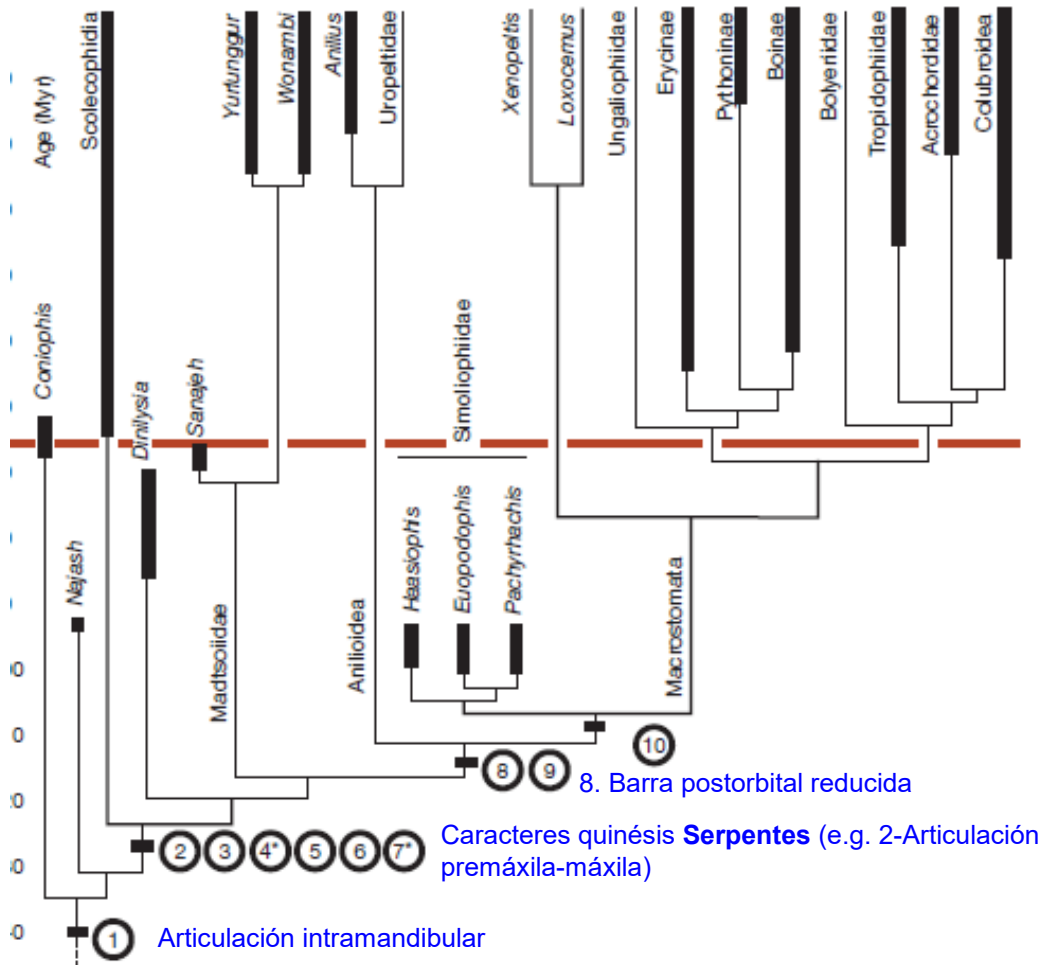
- Ambiente de origen: planicie inundable continental >> origen terrestre y no marino
- Tamaño pequeño y proceso neural de la vertebra reducido >> hábitos fosoriales (ancestros lagartos fosoriales)



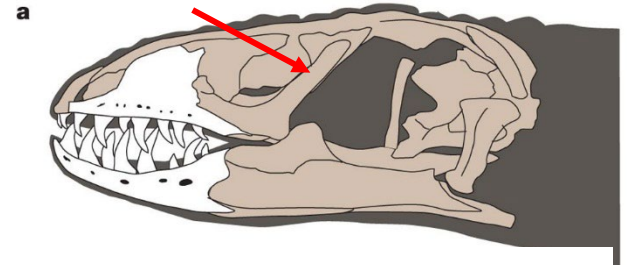
Características cráneo-mandíbula

- Cráneo transicional lagarto-serpiente: (A) dientes en forma de gancho; (B) articulación intramandibular (rostro aquinético)

- Quínésis serpientes: innovación

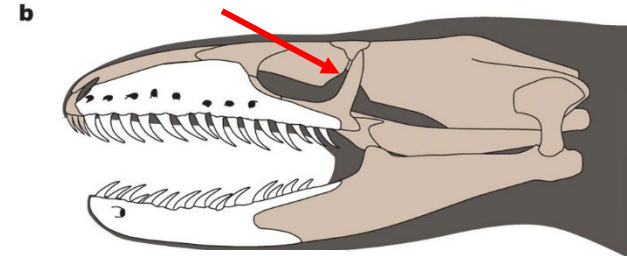


Barra postorbital amplia



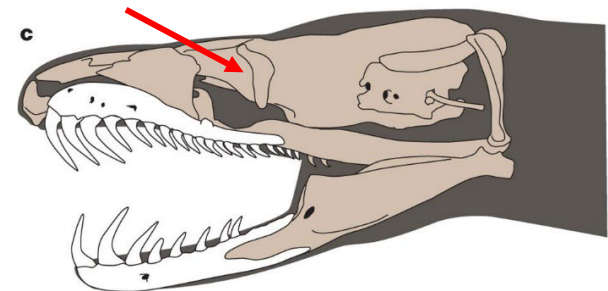
Heloderma (Varanoidea: Helodermatidae)

Barra postorbital amplia



Coniophis precedens

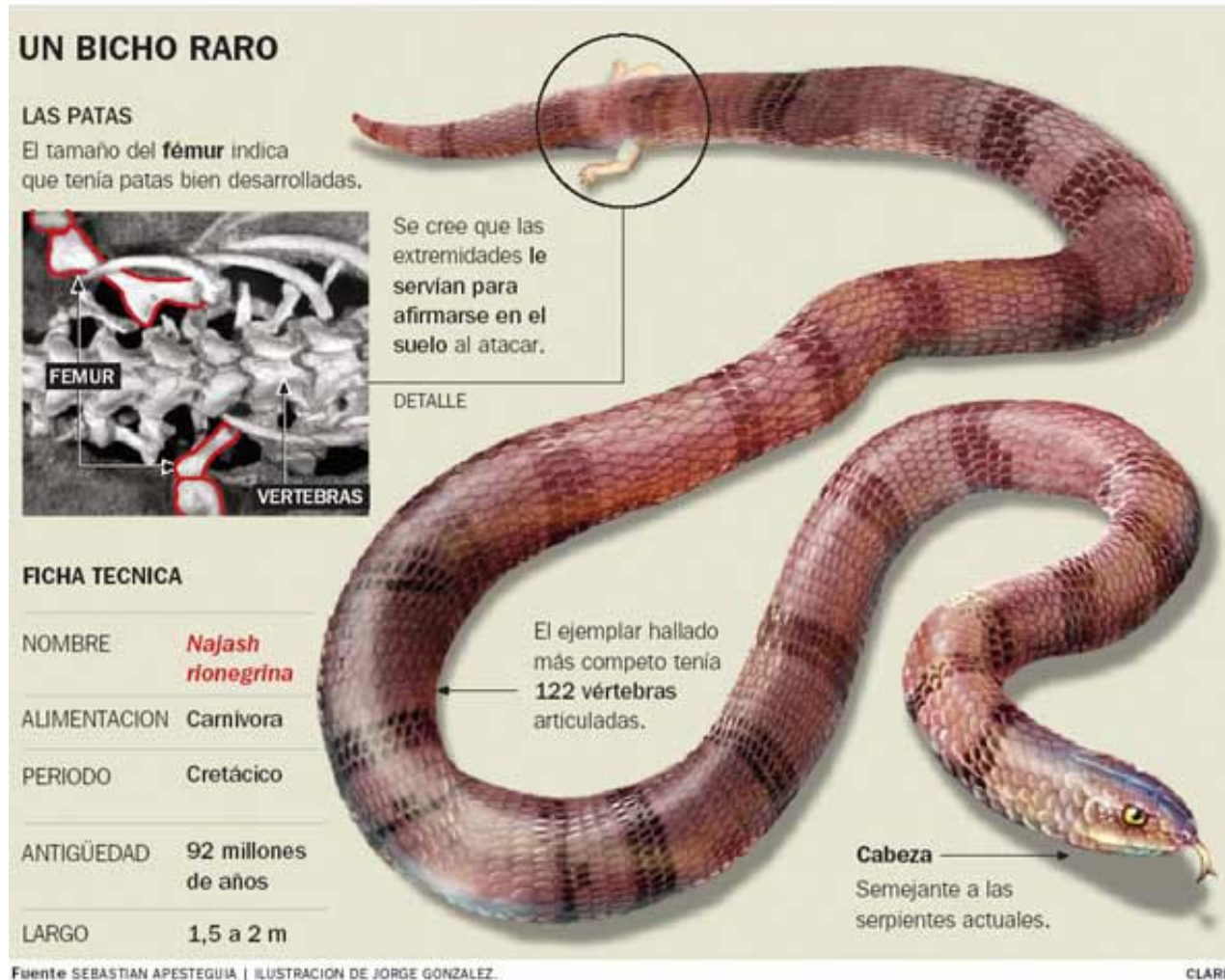
Barra postorbital reducida



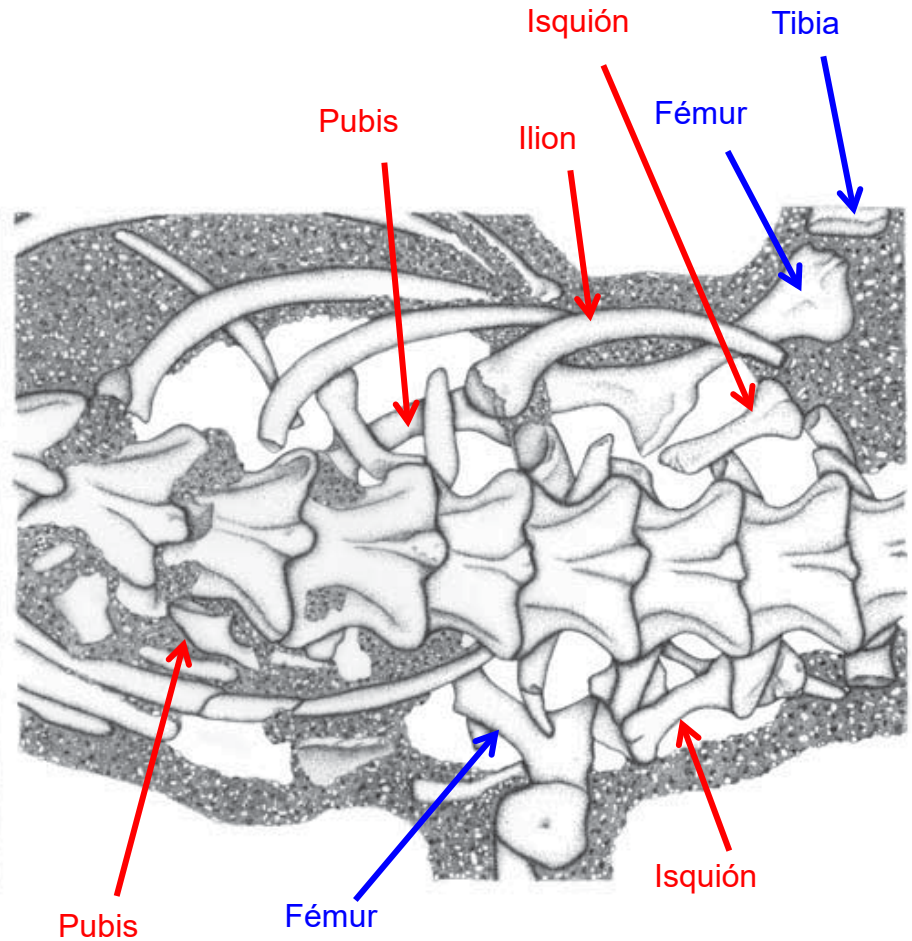
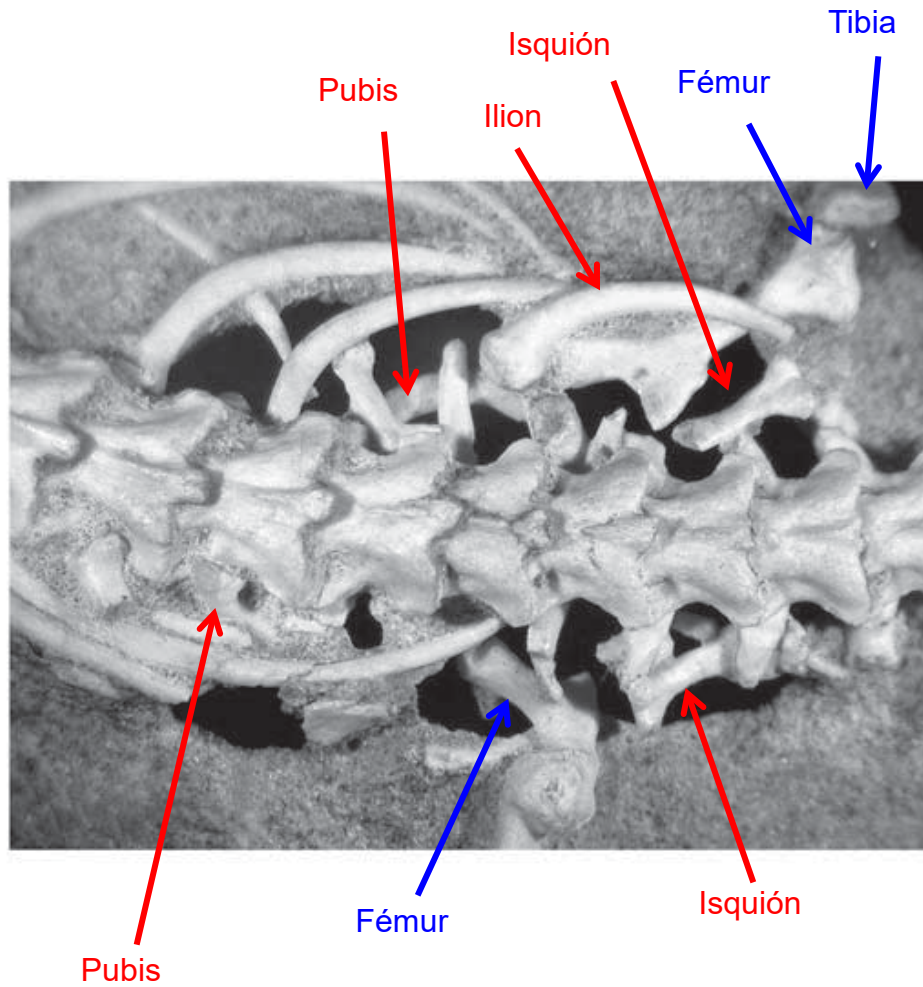
Epicrates (Serpentes: Boidae)

2006: *Najash rionegrina* Apesteguía & Zaher 2006. Nature 440: 1037-1040

- Cretáceo tardío (~ 85-90 m.a.)
- Provincia Río Negro, Argentina



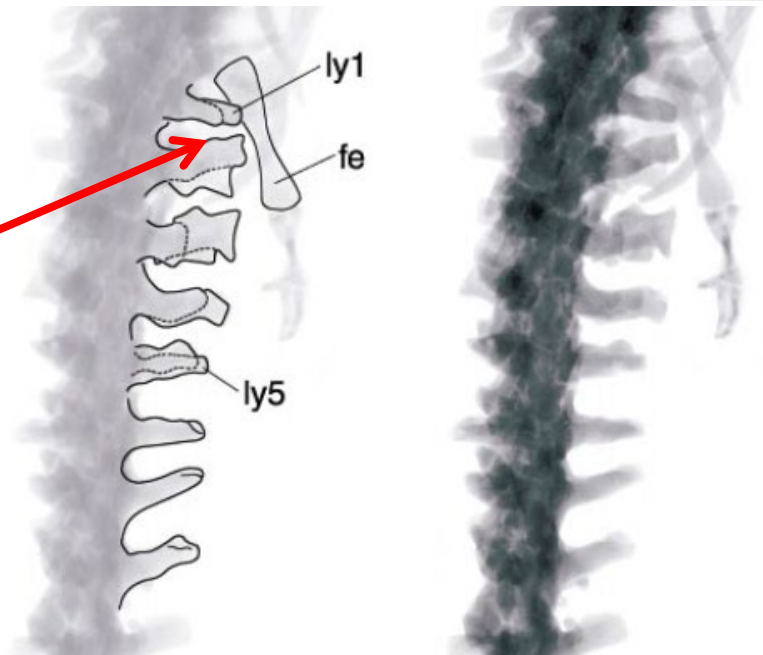
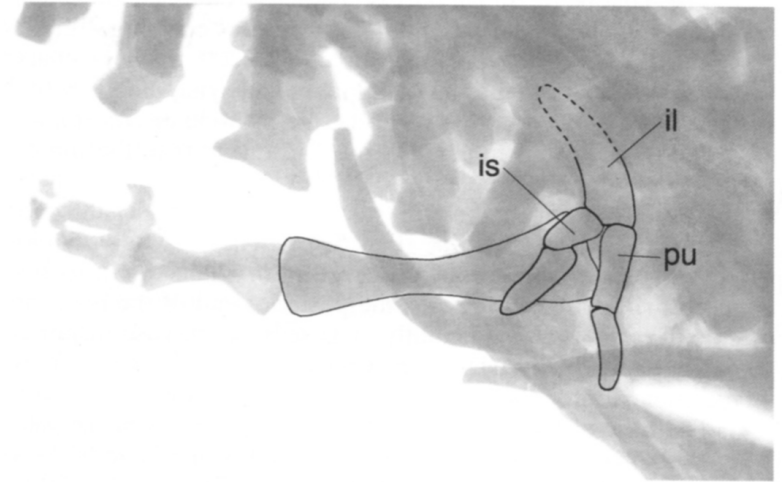
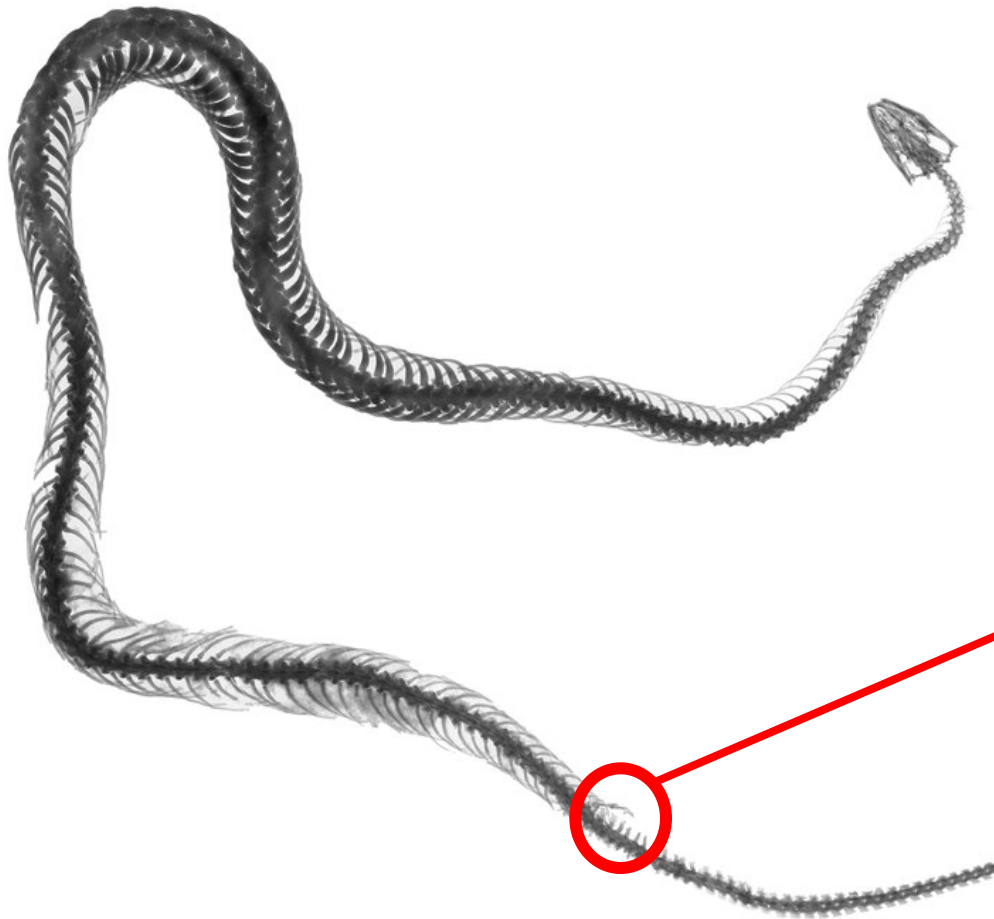
- Cintura pélvica
- Extremidades posteriores



Najash rionegrina

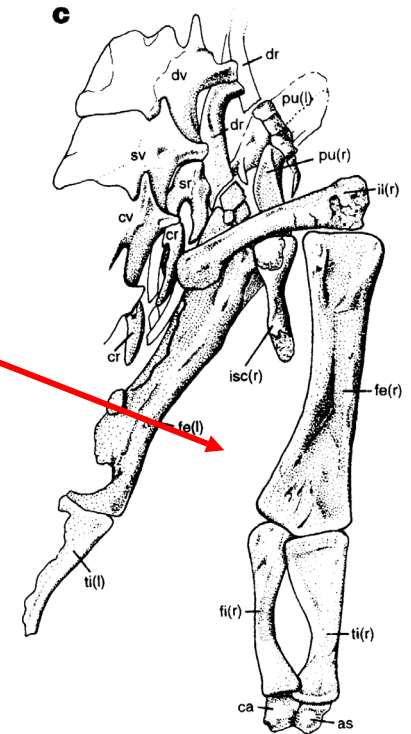
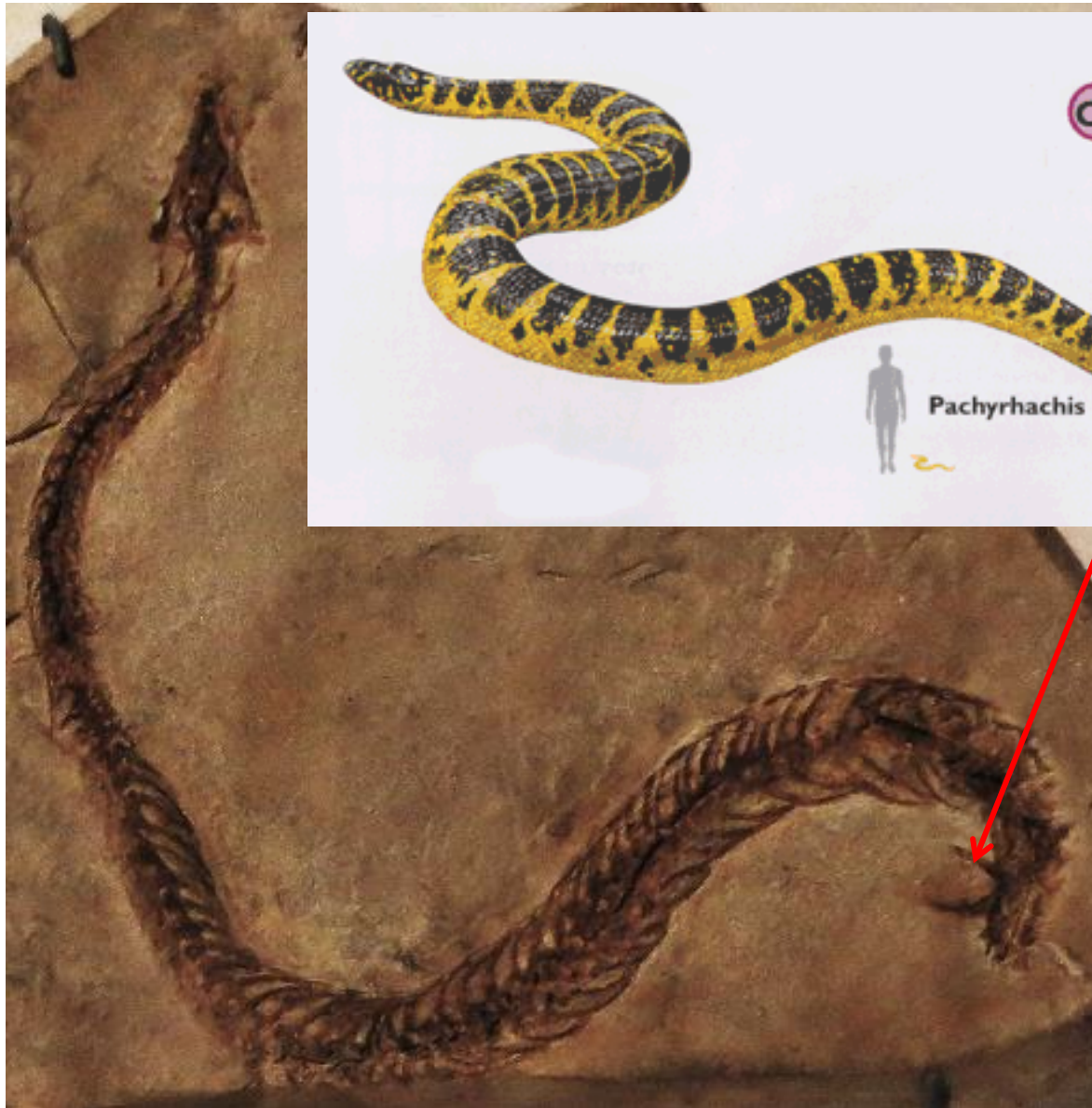
Apesteguía & Zaher 2006. Nature 440: 1037-1040

2000. *Haasiophis terrasanctus* (marina) 99.7-94.3 m.a.



1979. *Pachyrhachis problematicus* (marina)

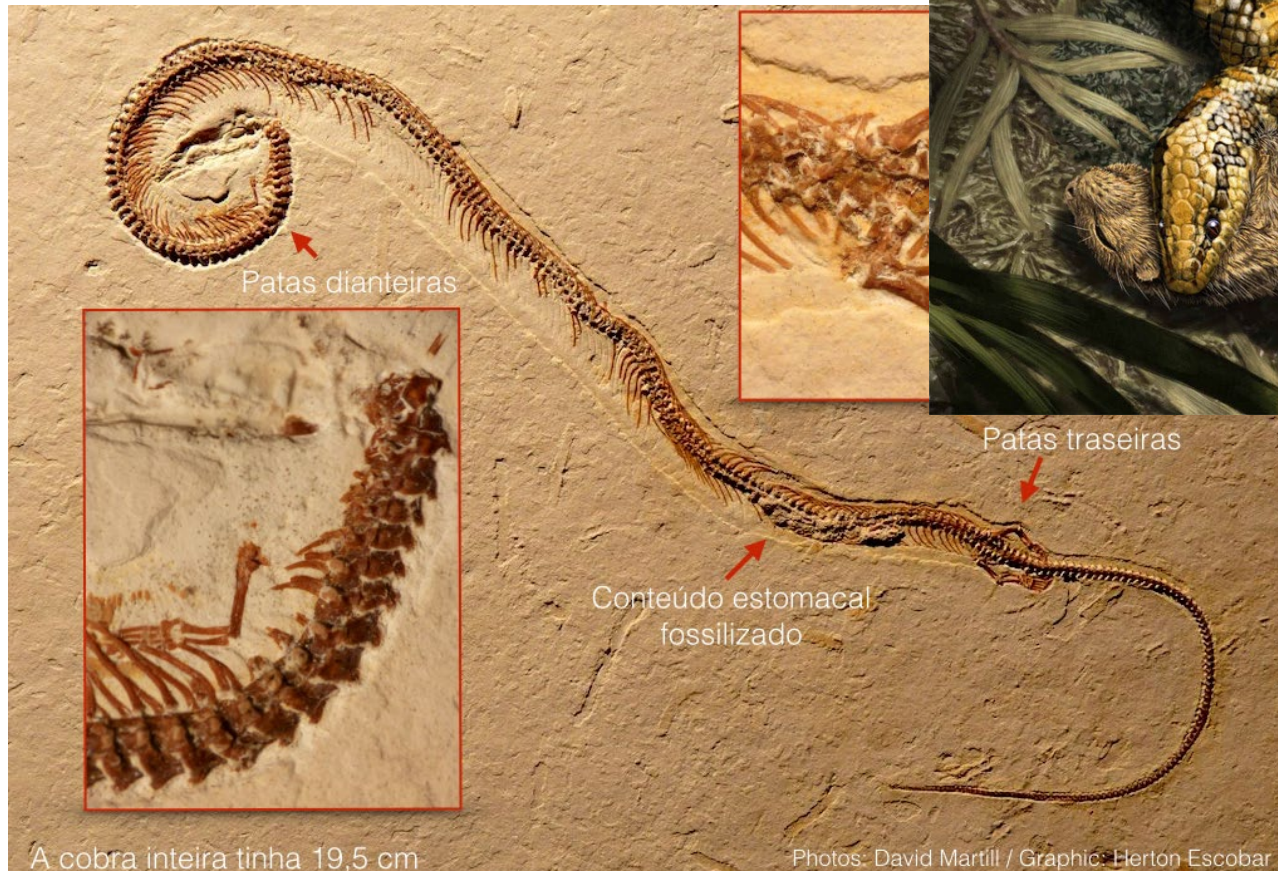
Haas, G. 1979. On a new snakelike reptile from the Lower Cenomanian of Ein Jabrud, near Jerusalem



Caldwell, M.W. & Lee, M.S.Y. 1997. A snake with legs from the marine Cretaceous of the Middle East. *Nature* 386: 705-709

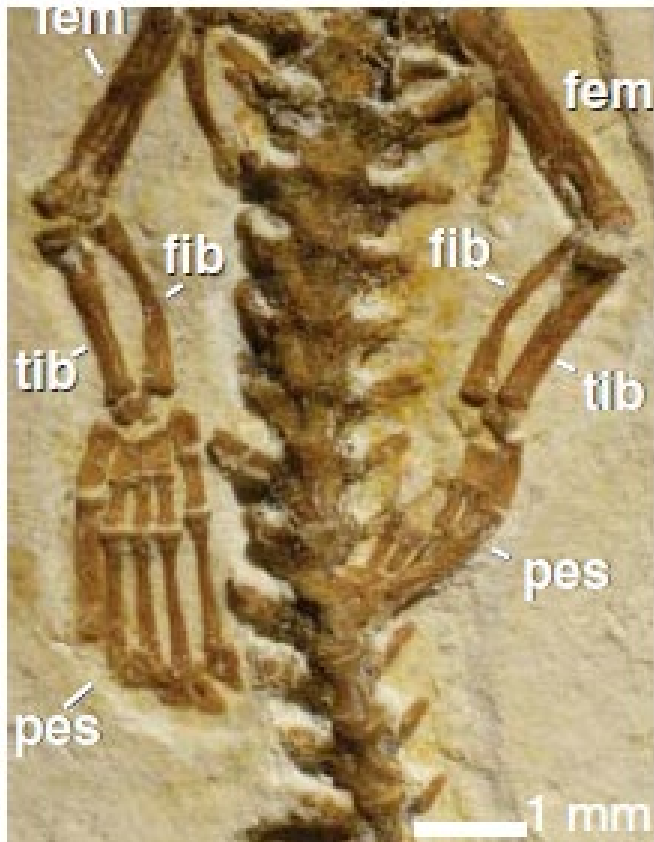
2015: *Tetrapodophis amplexus* (“serpente” de 4 patas) Martill et al. 2015.
Science 349: 416-419

- Cretáceo temprano (~ 140-130 m.a.)
- Estado de Ceará, Brasil
- Ancestro fosorial



- Cintura escapular/pélvica
- Extremidades anteriores/posteriores

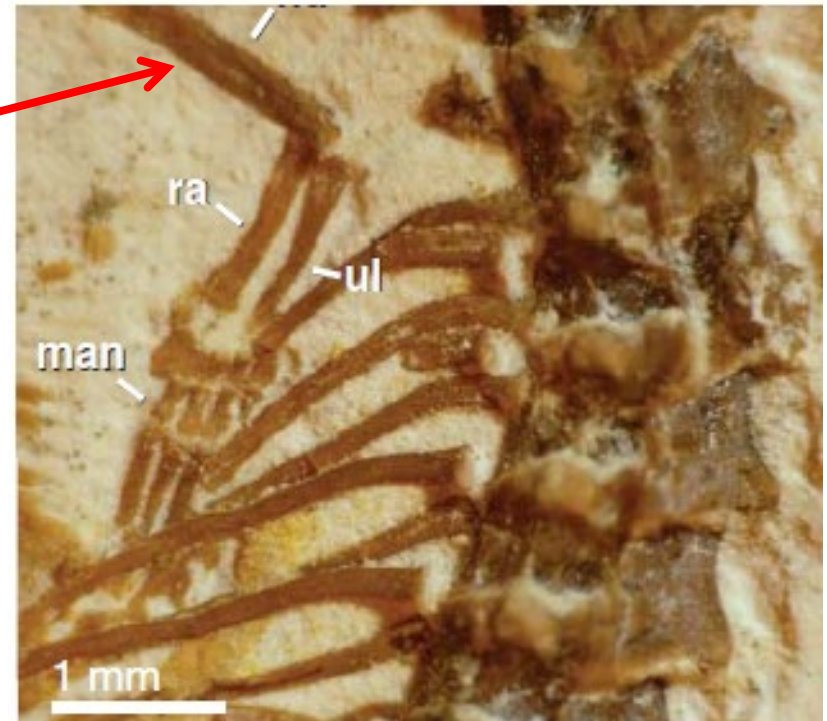
Extremidad posterior y pie



Fem: fémur
fib: fibula
tib: tibia
pes: pies

Extremidad anterior y mano

Húmero



Ra: radio
Ul: ulna
man: manus

Tetrapodophis amplexus

Martill et al. 2015. Science 349: 416-419

2015: *Tetrapodophis amplexus* (“serpiente” de 4 patas)

Martill *et al.* 2015. *Science* 349: 416-419

¡NO ES UNA SERPIENTE!

- Es un lagarto
- No es fosorial, sino acuático

Lee *et al.* 2016. Aquatic adaptations in the four limbs of the snake-like reptile *Tetrapodophis* from the Lower Cretaceous of Brazil. *Cretaceous Res.* 66: 194-199

Caldwell, M.W. 2019. *The origin of snakes: morphology and the fossil record*. First edition. CRC Press, 299 pp.

Caldwell *et al.* 2021. *Tetrapodophis amplexus* is not a snake: re-assessment of the osteology, phylogeny and functional morphology of an Early Cretaceous **dolichosaurid lizard**. *J. Syst. Palaeontol.* 19: 893-952



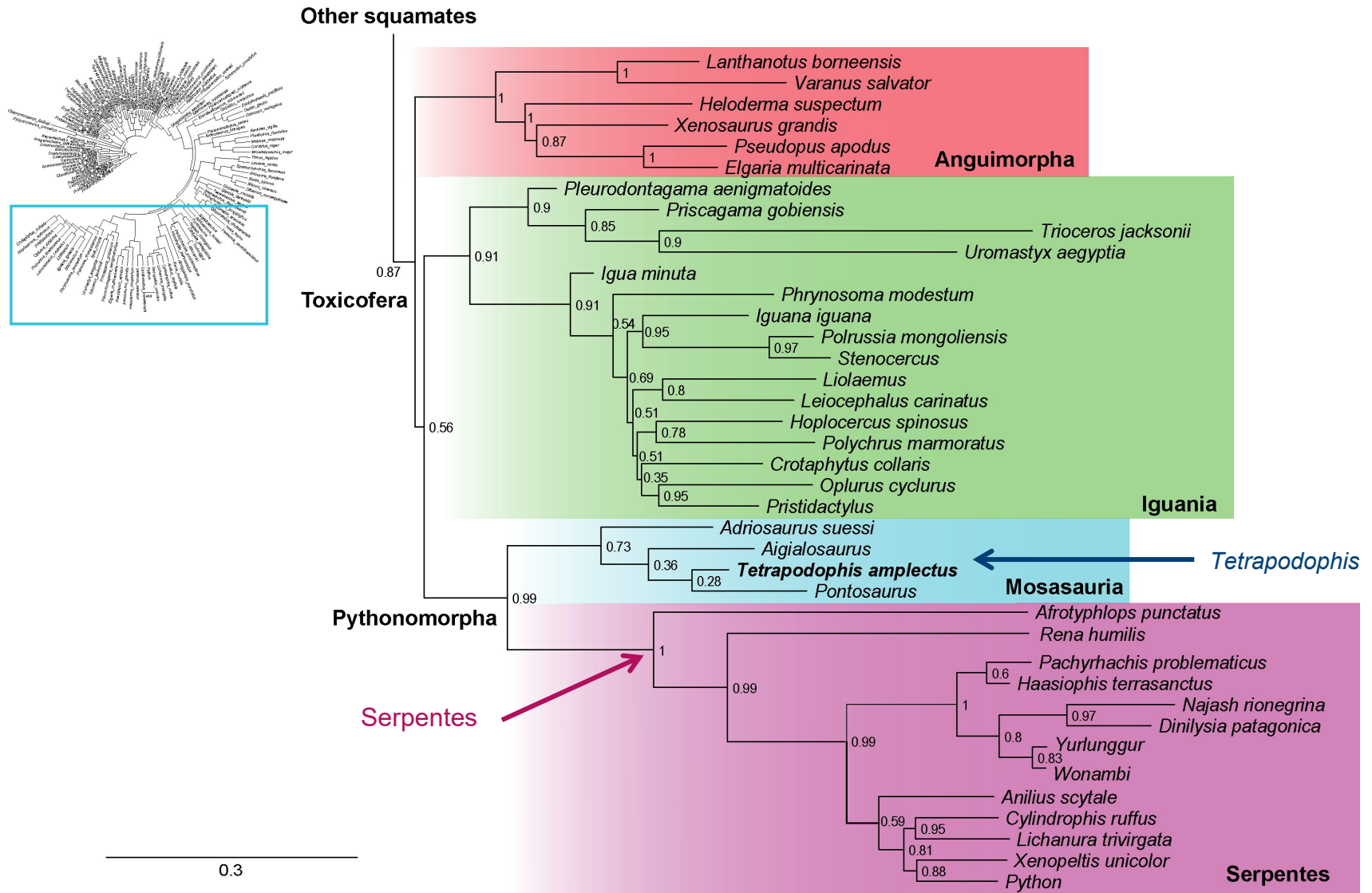
Martill (2015)



Caldwell (2019)

→ Mosasauria: Ophidiomorpha: Pythonomorpha acuáticos

Relaciones filogenéticas de serpientes con patas



Cuerpo con escamas epidérmicas

Dorso: escamas más pequeñas que las ventrales

- Scolecophidia: escamas dorsales no imbricadas o yuxtapuestas (sin el extremo posterior libre)
- Aletínophidia: escamas dispuestas en filas diagonales típicamente imbricadas

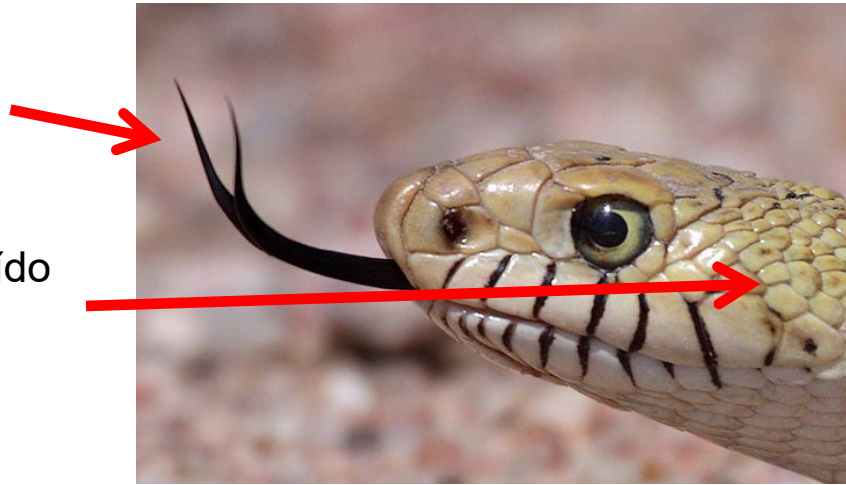
Ventre:

- Scolecophidia: escamas de igual tamaño a las dorsales
- Aletínophidia: escamas rectangulares, mas grandes que las dorsales y en posición transversal



- Lengua bífida/bifurcada

- Sin oído externo (lagartos con oído externo)

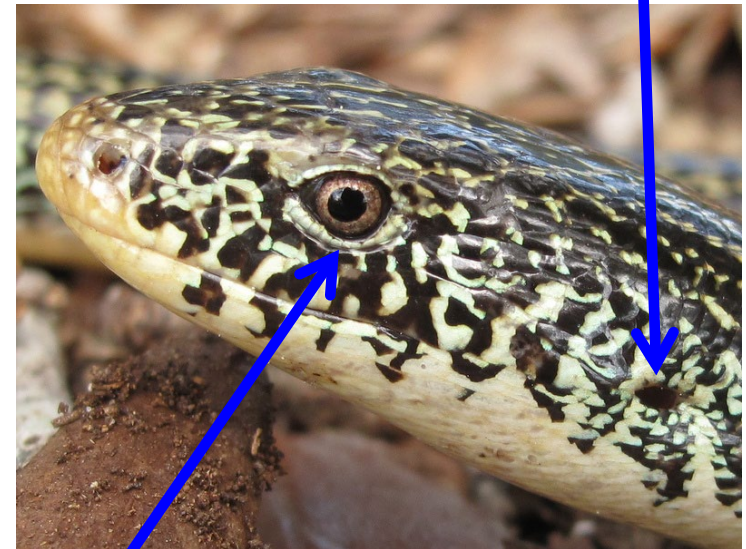


Oído
externo

- Ojos sin párpados (cubiertos por escama en forma de lente; lagartos con párpados)



Lente



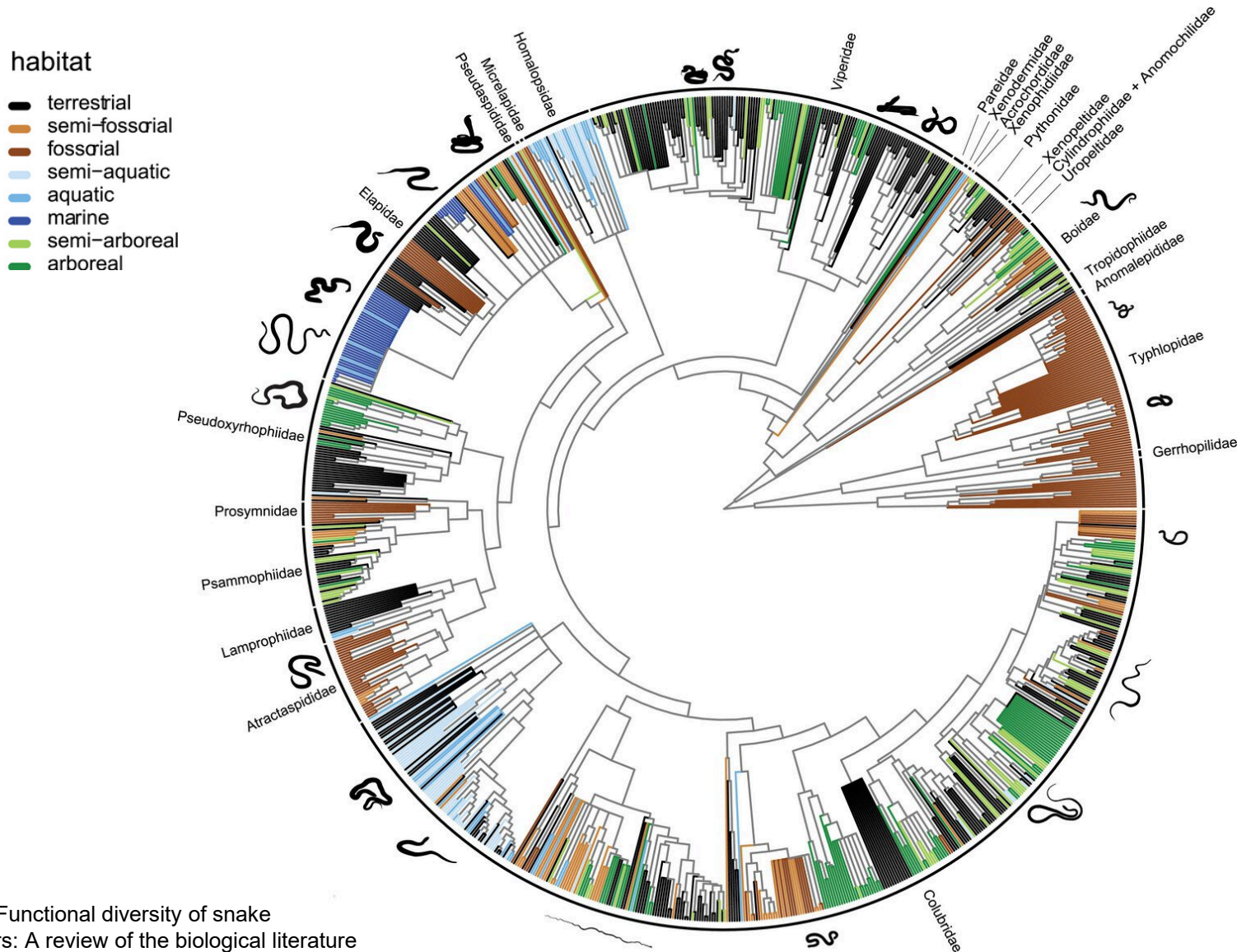
Párpados

Lagarto

- Multitud de formas y tamaños → reflejo de:
 - Adaptaciones comportamentales, ecológicas y fisiológicas
 - Generalmente carnívoras



Adaptaciones comportamentales, ecológicas y fisiológicas



Tingle et al. 2024. Functional diversity of snake locomotor behaviors: A review of the biological literature for bioinspiration. Ann. New York Acad. Sci. 1533: 16-37

Cuerpo alargado y sin extremidades

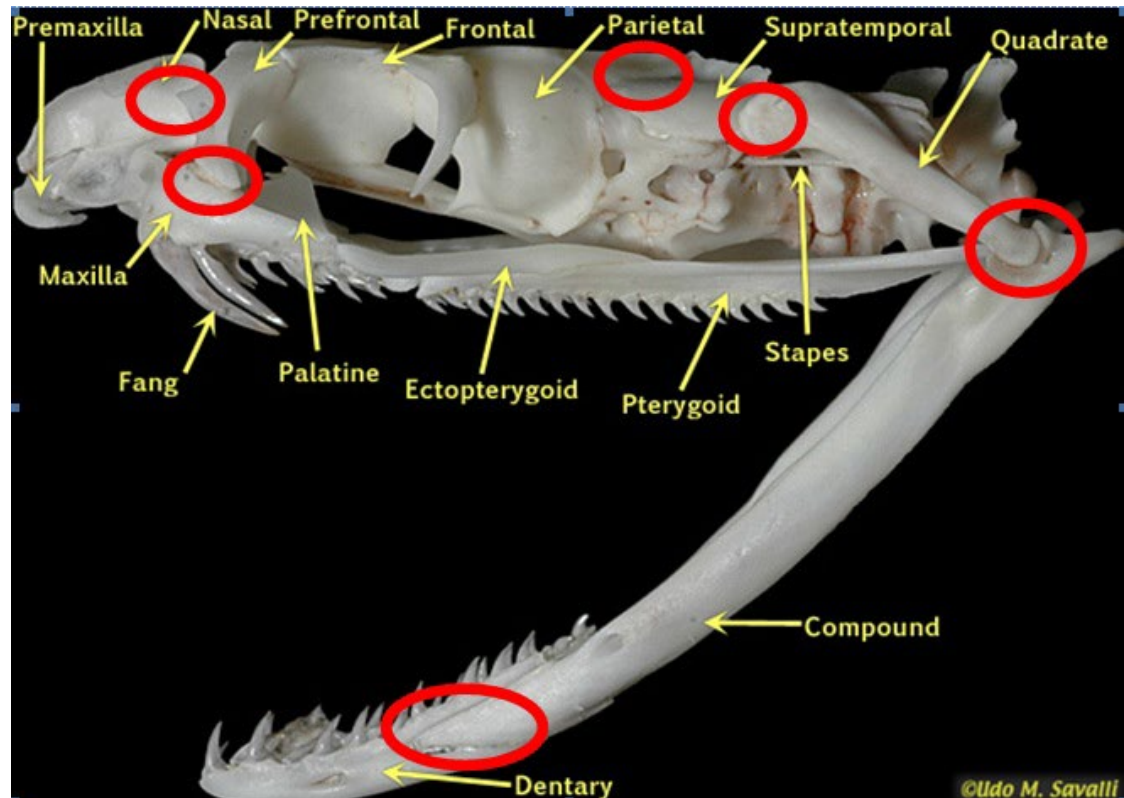
- Cabeza pequeña en relación al tamaño del cuerpo
- **Tragan presas completas**



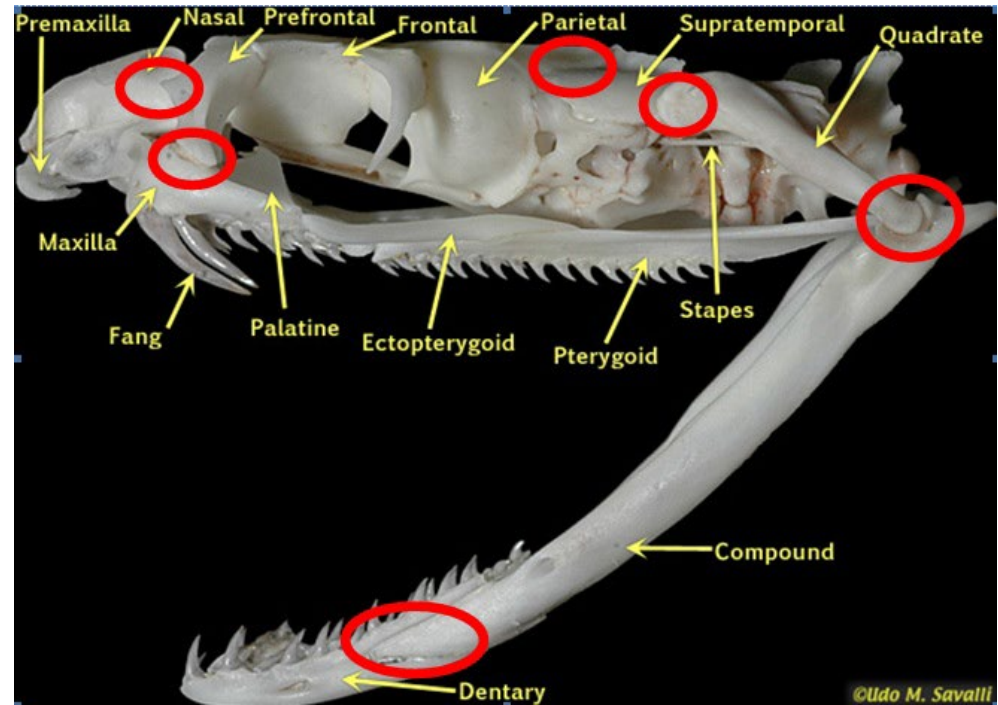
Modificaciones craneales para cumplir funciones alimenticias (**incrementar la abertura bucal**)

Cráneo de serpiente

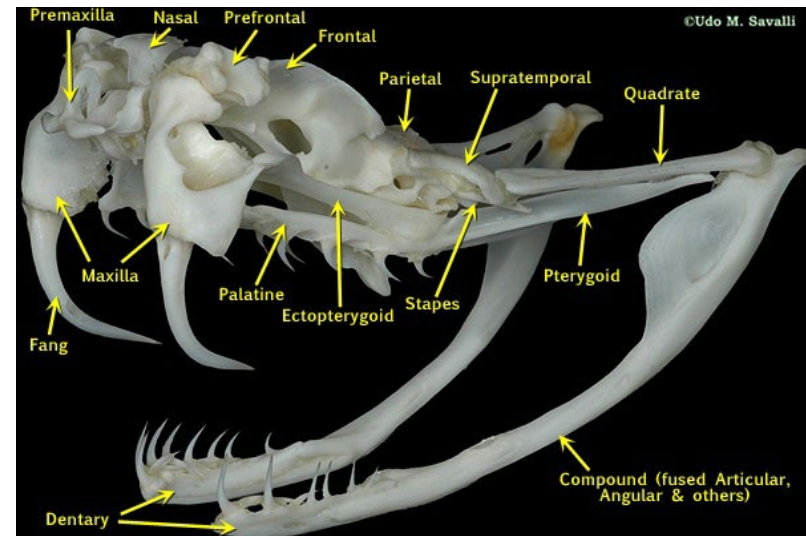
- Caja craneana ósea, sólida
- Rodeada de puntos de articulación móviles (en rojo)
- Unión de huesos mediante cartílagos
- mayor quinesis craneal que lagartos)



- **Mandíbula superior:** huesos con dientes son móviles
 - **Maxilar** (elemento lateral): captura de presa
 - **Palatinos** y **pterygoideo** (techo de la boca): transporte de la presa hacia el esófago (tragar)

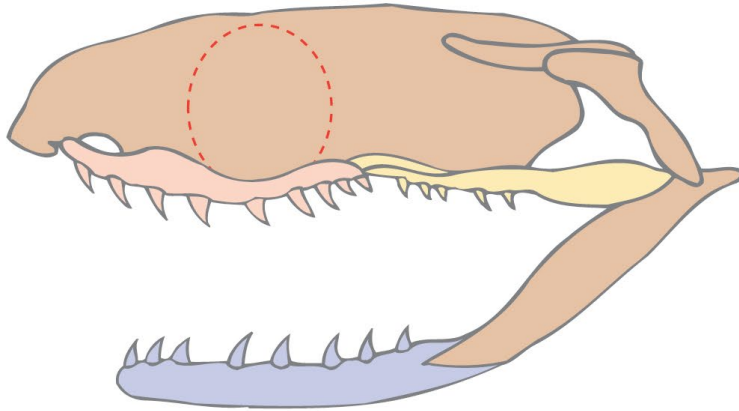


- **Mandíbula inferior:**
 - **Dentarios:** móviles, unidos por cartílago
- Mandíbulas superior e inferior no se dislocan

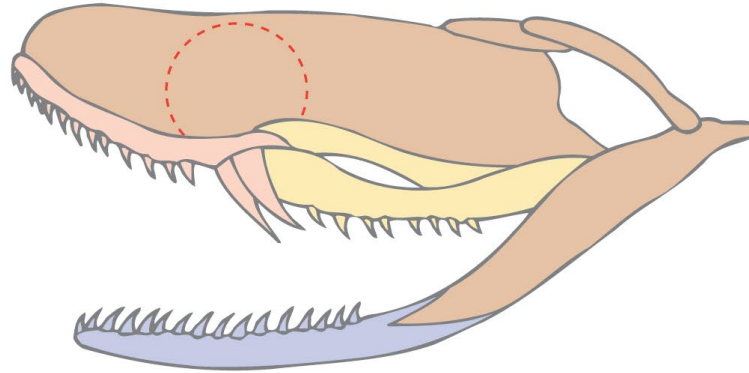


Tipos de dentición

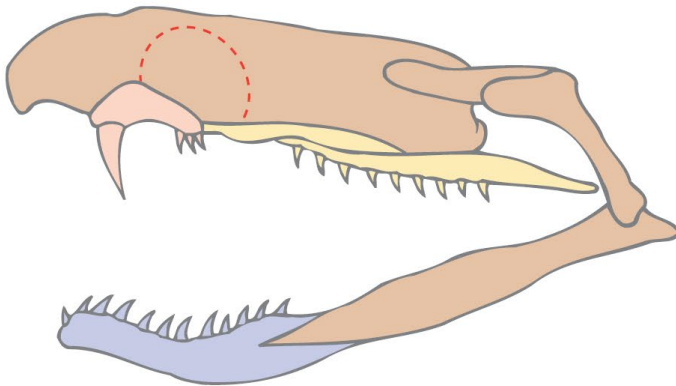
- **Café:** dermatocráneo
- **Rosado:** maxilar
- **Amarillo:** palatinos/ptérigoideos
- **Azul:** dentario



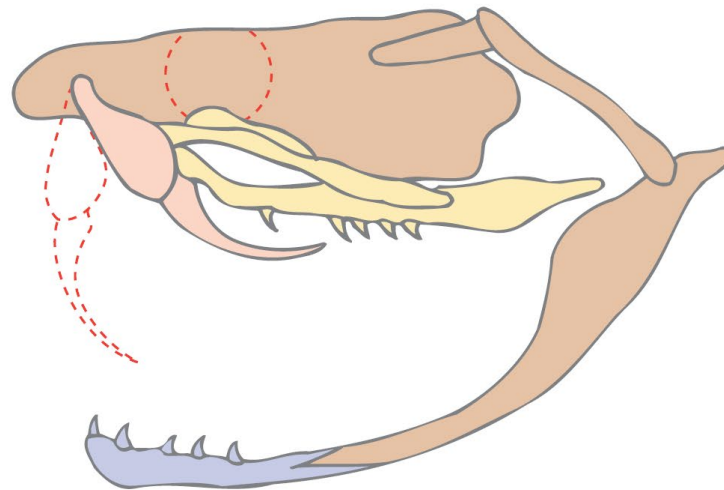
Aglyphous



Opisthoglyphous



Proteroglyphous



Solenoglyphous

Colombia (Gutiérrez-Cárdenas et al. *datos no publ.*)

11 familias

306 especies

Dipsadidae = 173 especies

Colubridae = 52 especies

Atractus = 61 especies

Micrurus = 27 especies

Distribución

- Toda Colombia