

Peces y Anfibios



Alexander Vargas
Laboratorio de Ontogenia y Filogenia
Depto Biología, Facultad de Ciencias, U. de Chile

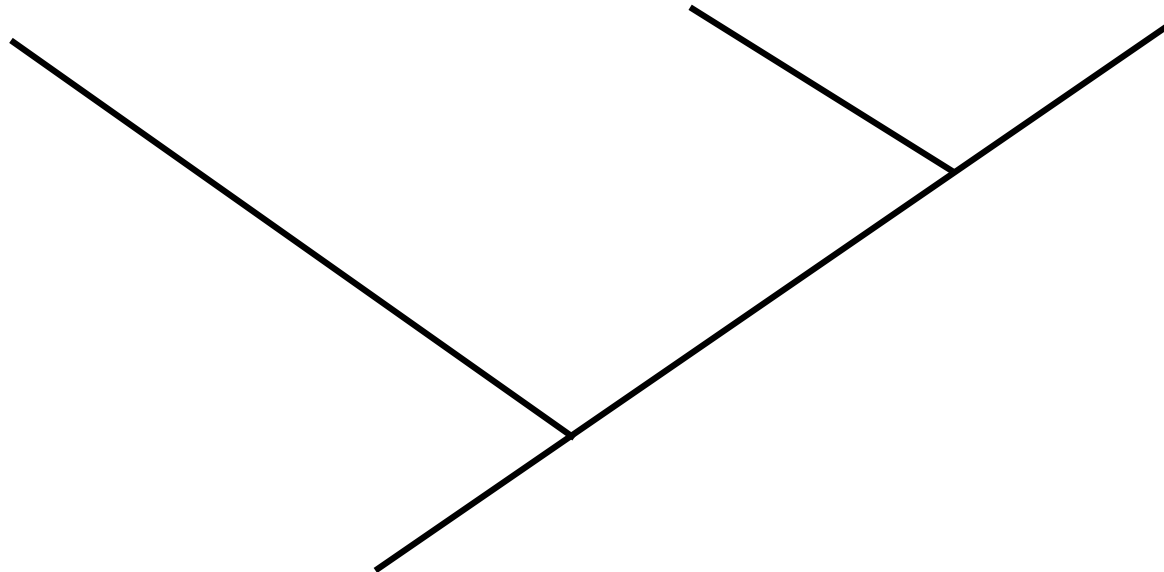
PDF en <http://vargaslab.wordpress.com>

Introducción: Sistemática Filogenética

- También conocida como Cladística
- **Filogenia:** un “árbol familiar” de taxones
- Diseñada para mostrar la cercanía de ancestría entre grupos

Chasmosaurus y *Triceratops* comparten un ancestro en común más reciente entre sí que el que cualquiera de los dos comparte con *Centrosaurus*

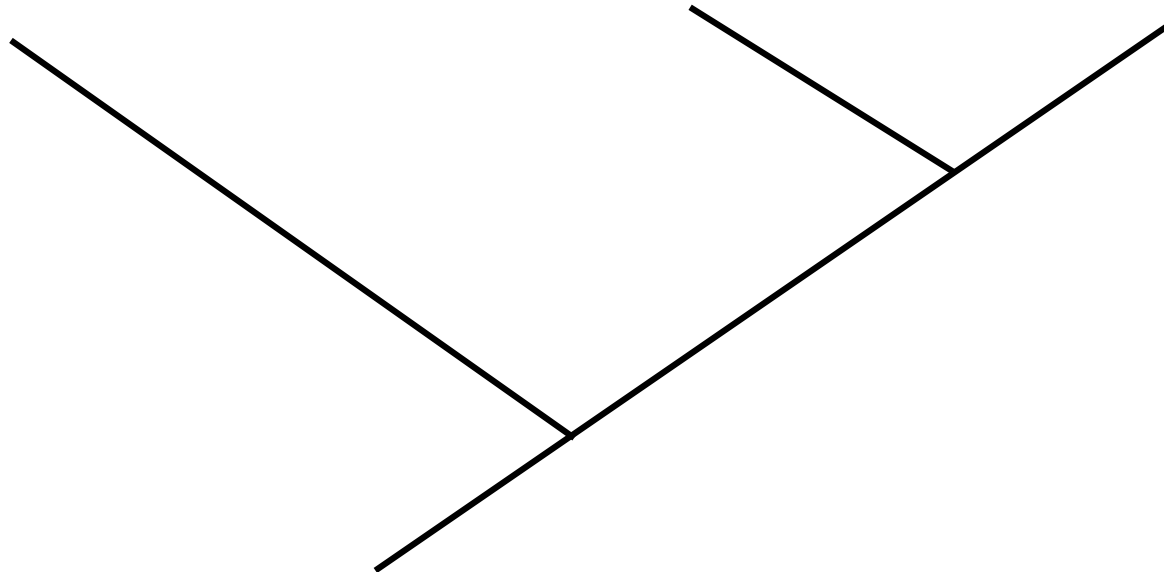
Centrosaurus *Chasmosaurus* *Triceratops*



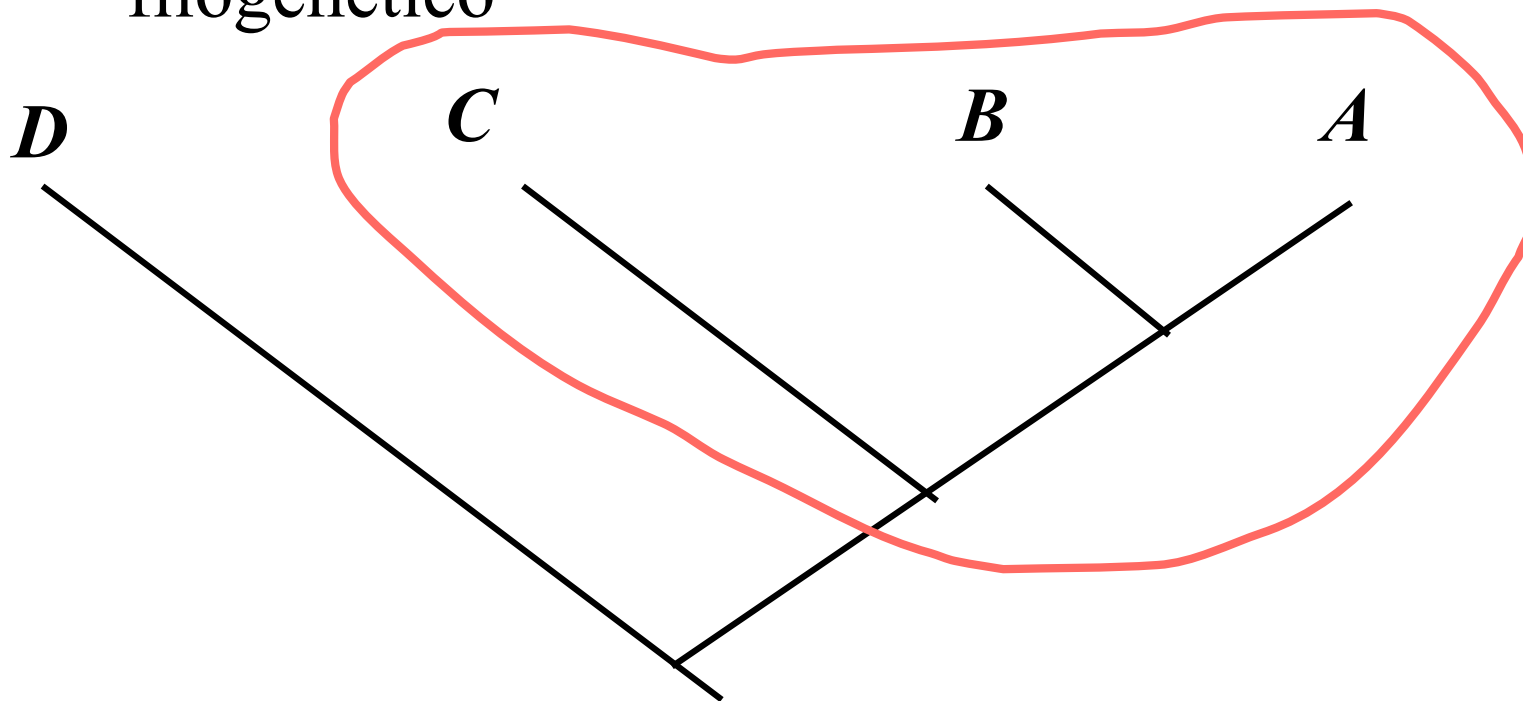
Taxon Hermano – Taxones que comparten un evento de separación, como *Chasmosaurus* y *Triceratops*.

Centrosaurus es **grupo hermano** de *Chasmosaurus* + *Triceratops*.

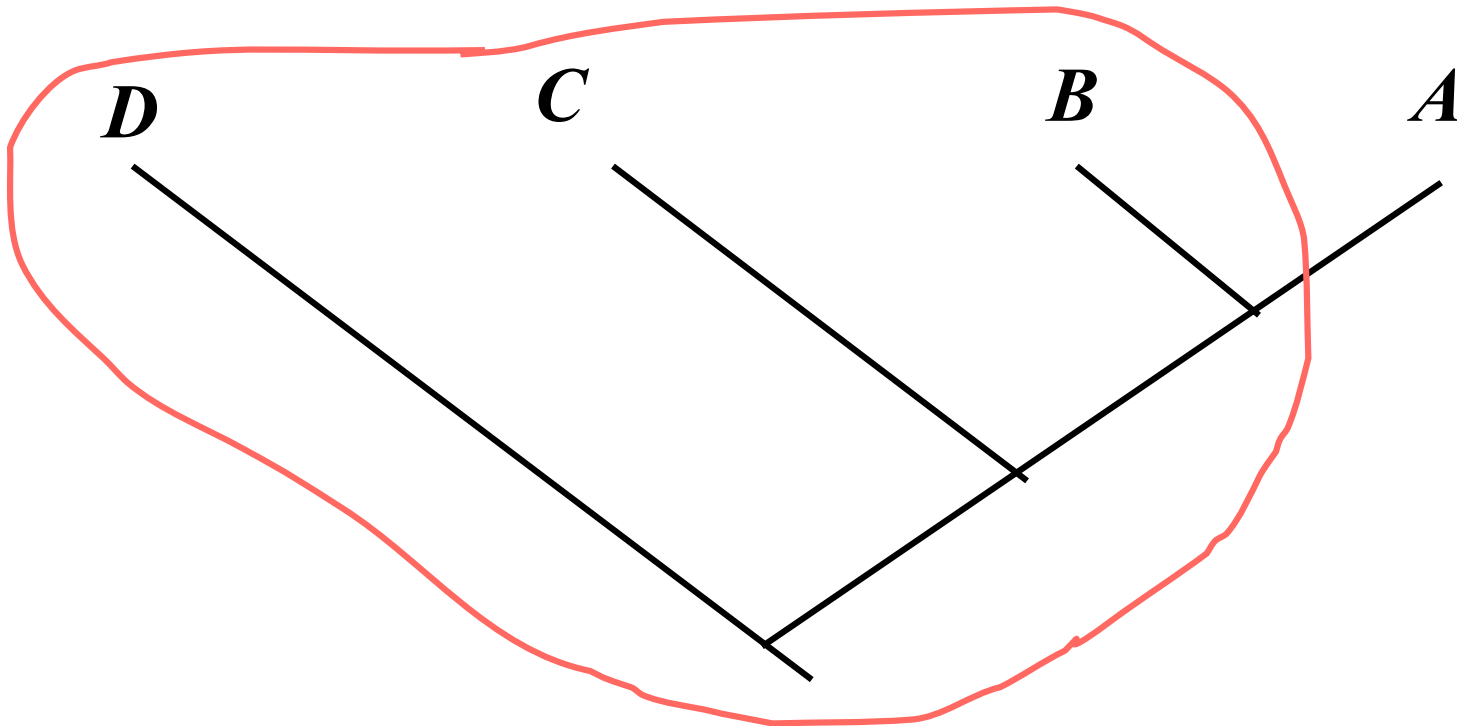
Centrosaurus *Chasmosaurus* *Triceratops*



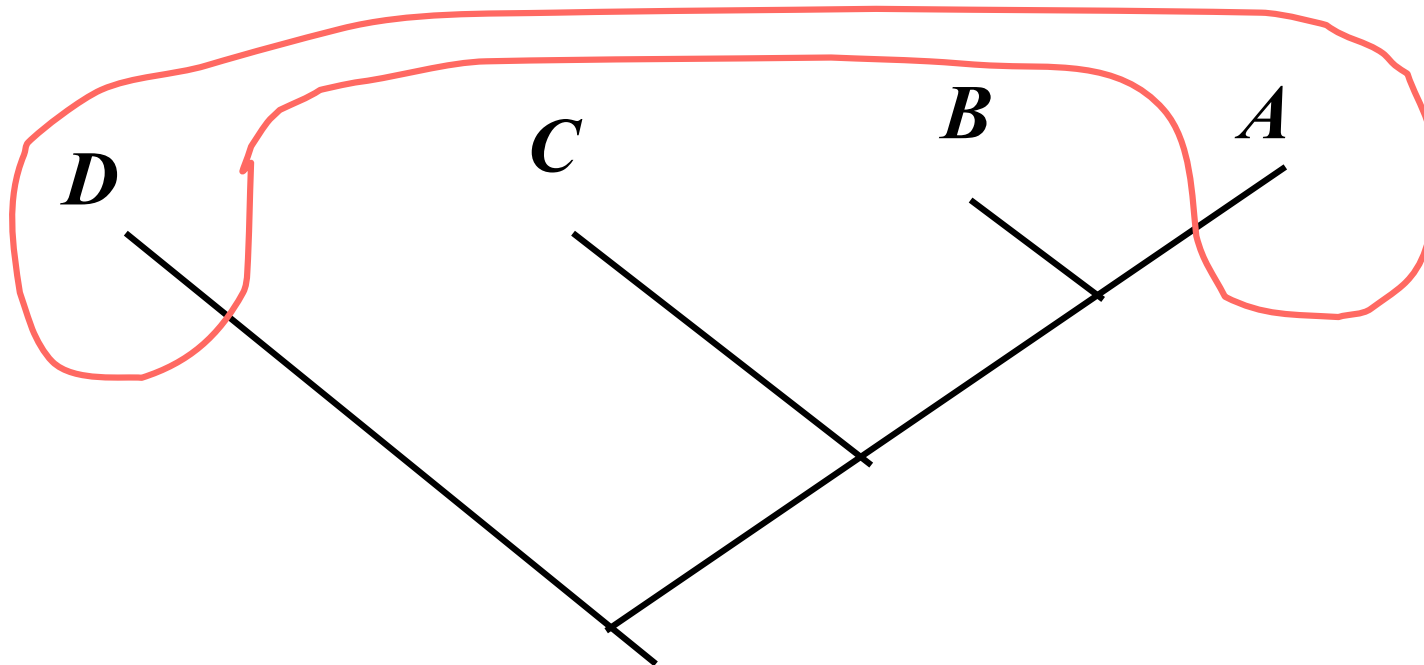
- **Grupo Monofilético** (“rama única”): todos los descendientes de un ancestro común.
 - o El ancestro común más reciente de los miembros de un grupo monofilético es también un miembro de aquel grupo
 - o Representa una rama completa del árbol filogenético



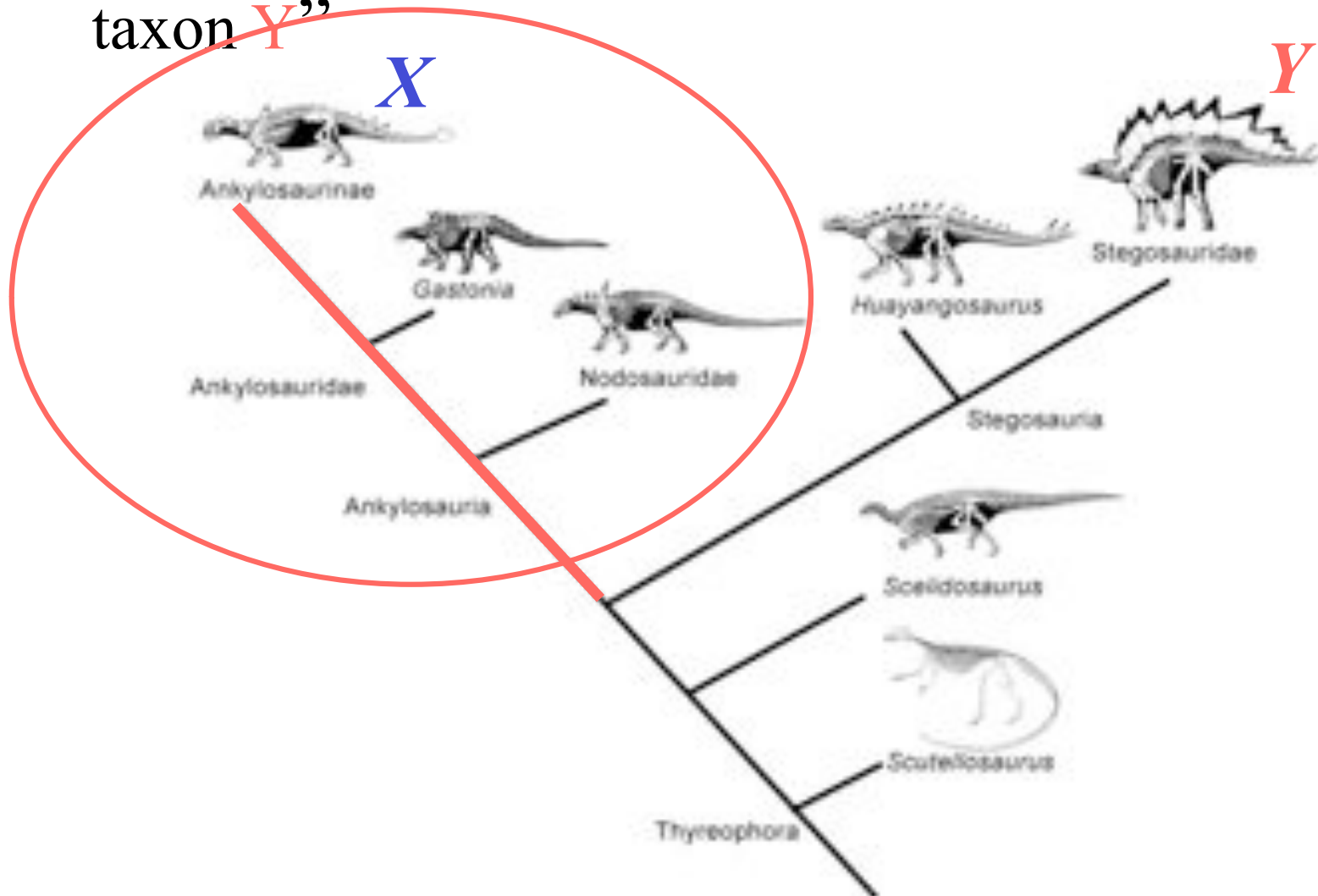
- **Grupo Parafilético** (“casi una rama”): Algunos, pero no todos, los descendientes de un ancestro en común
 - o El ancestro en común más reciente de un grupo parafilético es también un miembro de aquel grupo
 - o Representa una rama del árbol filogenético con algunos brotes y ramitas podados



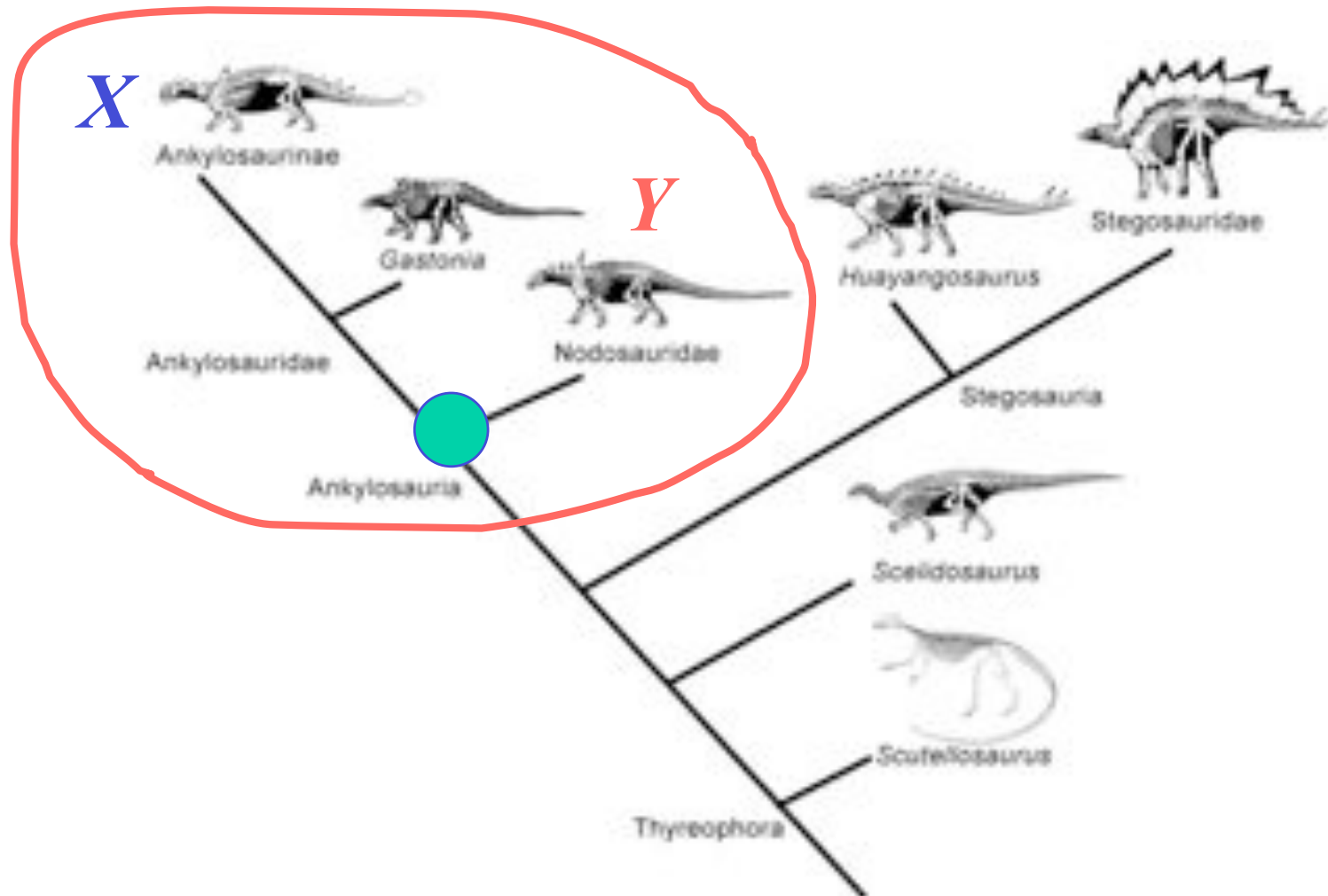
- **Grupo Polifilético** ("muchas ramas"): grupo compuesto por taxones que no comparten un ancestro en común más reciente que también pertenezca al grupo
 - o El ancestro en común más reciente de un grupo polifilético **no** es un miembro de aquel grupo
 - o Representa dos o más ramas separadas del árbol de la vida



- Taxón basado en rama (stem-based taxon) -
“Taxon **X** y todos los organismos que comparten una ancestro en común más reciente que con el taxon **Y**”



- Taxón basado en nodo (Node-based taxon)- “El ancestro en común más reciente de los taxones **X** e **Y**, y todos los descendientes de aquel ancestro”

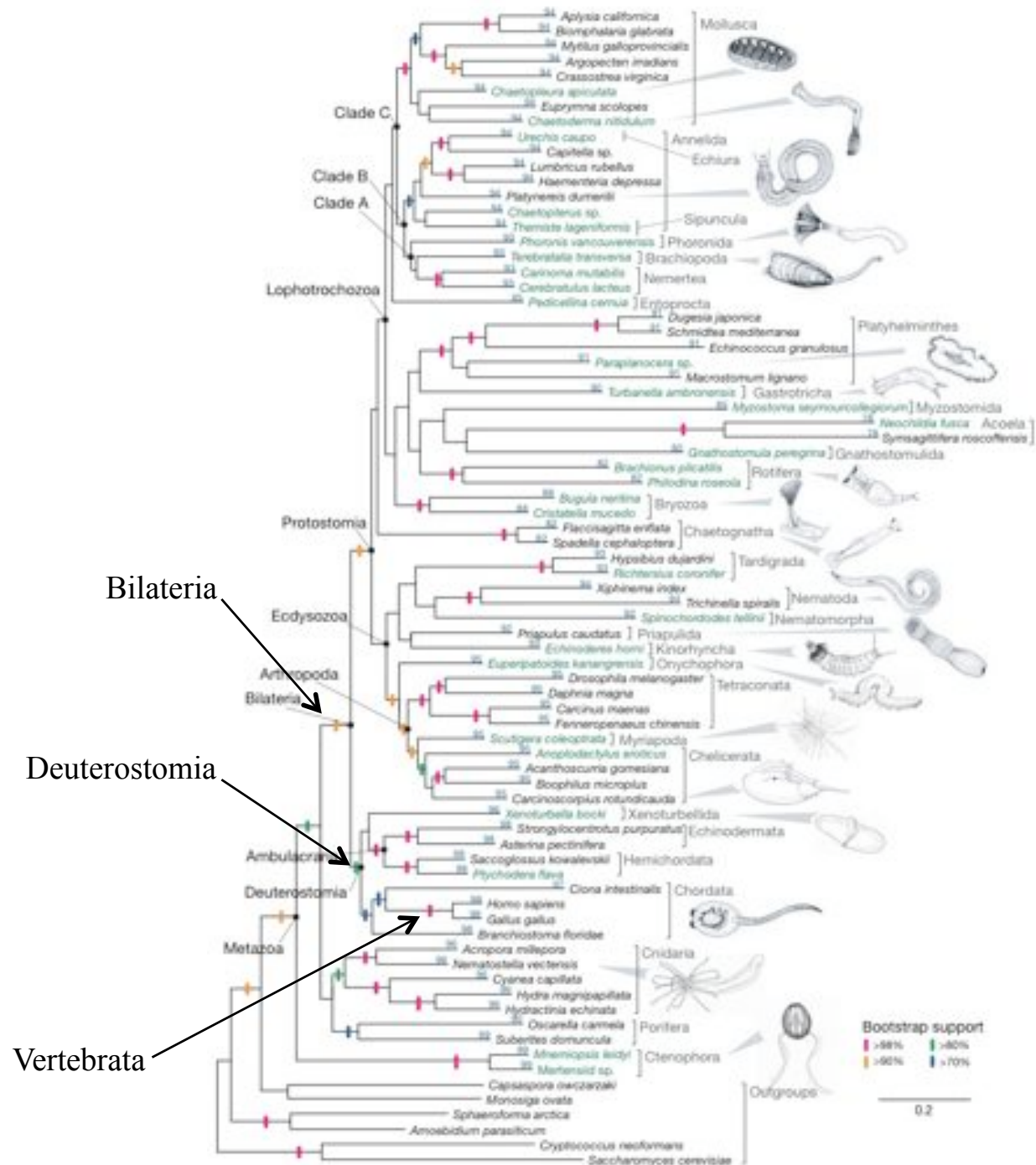


Qué es un vertebrado?

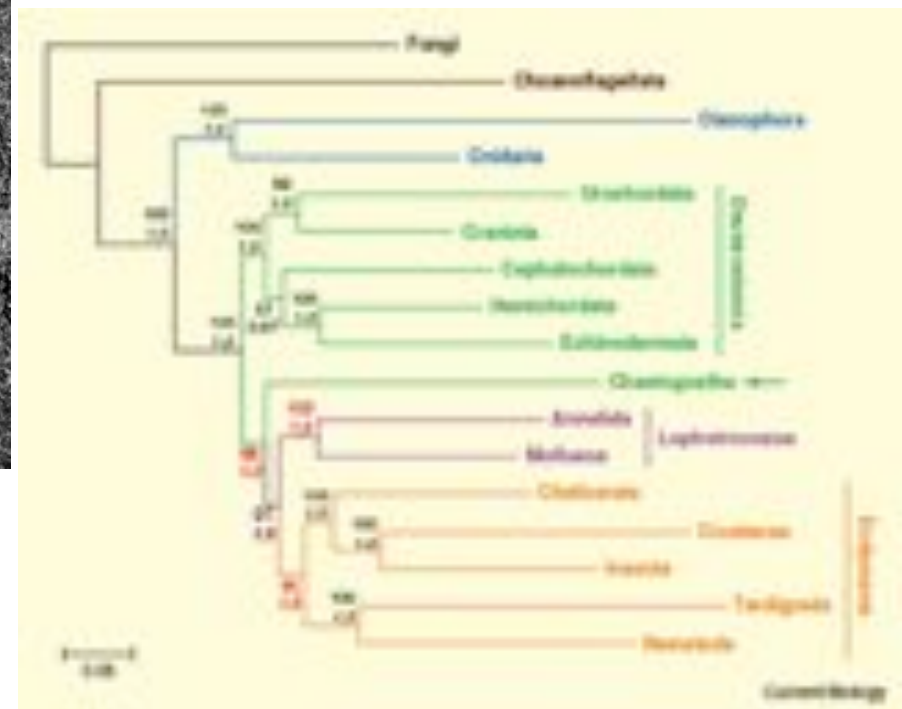
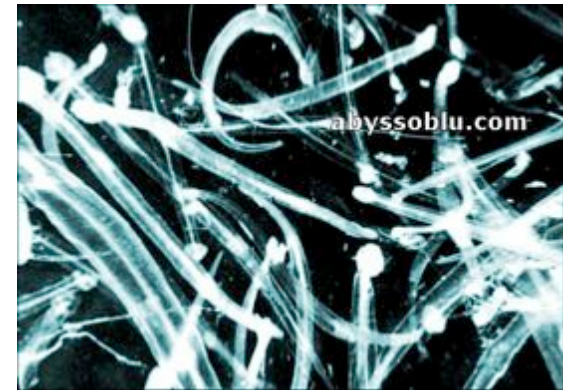
Los vertebrados son bilaterales y deuterostomos

A diferencia de cnidarios y poríferos (“medusas” y esponjas), los bilaterales poseen un tubo digestivo, ojos, corazón, cordón nervioso longitudinal, cerebro y cavidades celómicas.

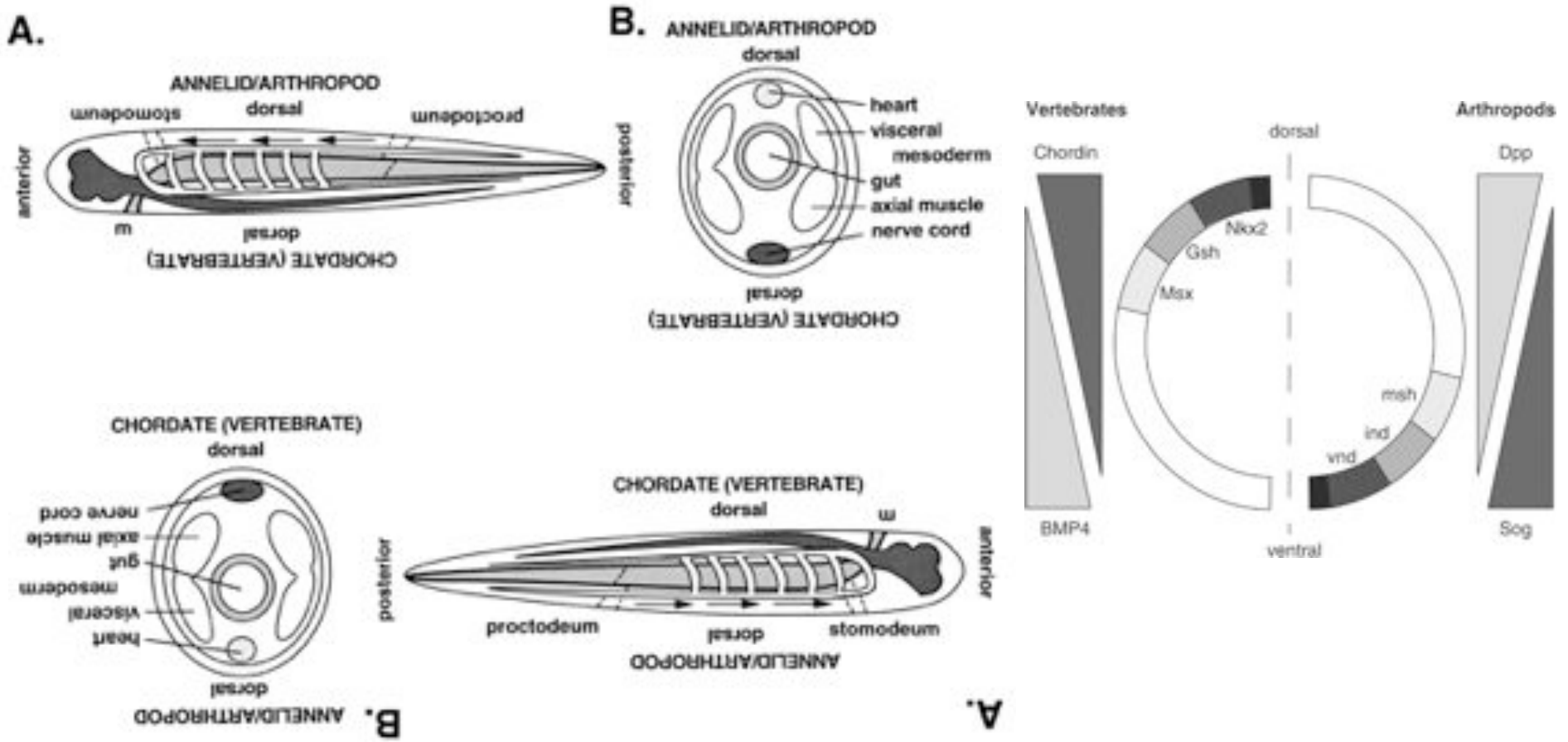
Dentro de los animales bilaterales, hay dos grupos básicos: Protostomos y Deuterostomos. Podemos definir cladísticamente como protostomos a todo animal que comparte un ancestro en común más reciente con una mosca que con el hombre. Un deuterostomo es un animal que comparte un ancestro en común más reciente con un hombre que con una mosca.



Los Chaetognatha o gusanos flecha son protostomos basales. Desarrollan cavidades enterocelicas en la región cefalica. El blastoporo termina en el ano (como un deuterostomo). Estos rasgos estaban presentes en el ancestro común de protostomos y deuterostomos.

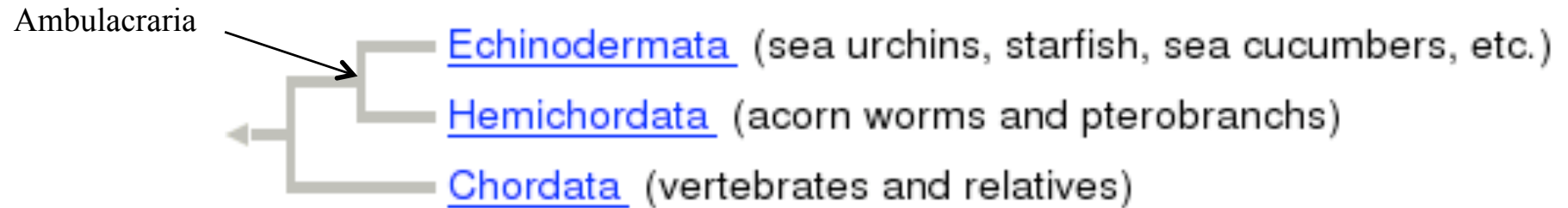


Los Protostomos (incluyendo quetognatos) están orientados al revés (“de espalda”) que un Deuterostomo



Los primeros deuterostomos eran semejantes a cordados

Los deuterostomos radiales como los erizos y estrellas de mar, los primeros deuterostomos eran semejantes a cordados



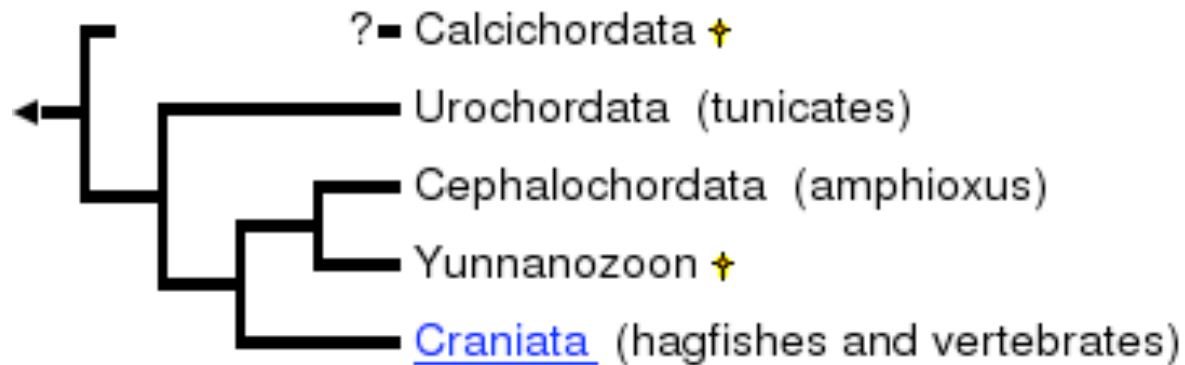
Los hemicordados enteropneustos (acon worms) poseen una faringe que comunica a la boca con hendiduras branquiales seriadas. Posee un endostilo, órgano homólogo a la tiroides, que concentra Yodo y produce hormona tiroxina. El endostilo es un surco que se ubica en la cara ventral del interior de la faringe y secreta mucus que atrapa con cilios que dirigen el alimento hacia el estómago. Posee dos plexos nerviosos longitudinales, uno ventral y uno dorsal. Posee una estructura semejante a la notocorda (el estomocordo). Esto indica que estos rasgos estaban presentes en los primeros deuterostomos



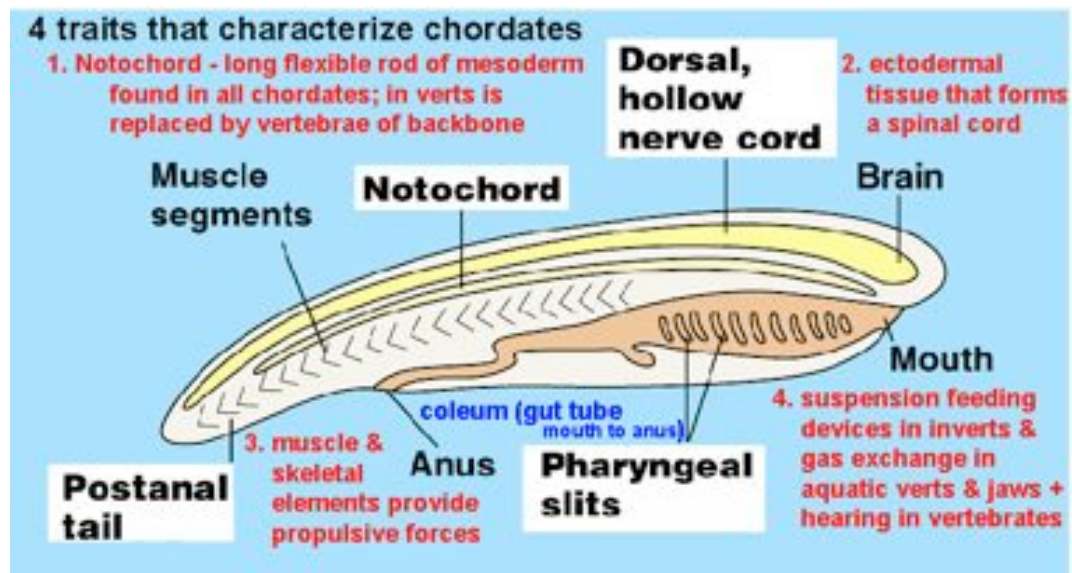
Hendiduras branquiales



Lo vertebrados también son Chordata

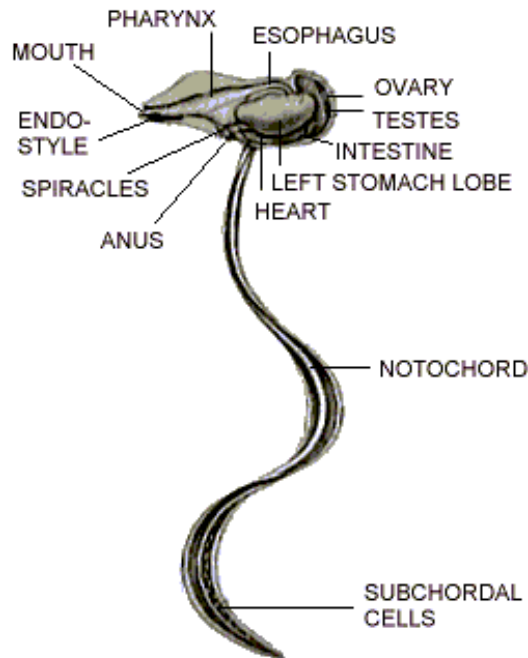


Los chordata poseen un notocordo: El notocordo es un elemento endoesquelético longitudinal, de células vacuoladas. El notocordo está presente en el embrión de todos los vertebrados y participa en la inducción del desarrollo de la placa neural.

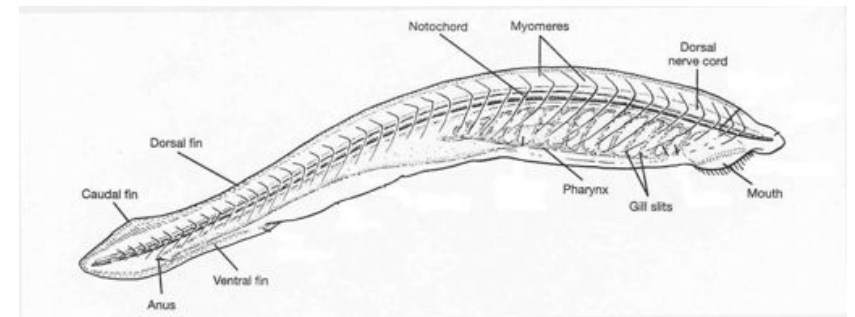


Dentro de los chordata, datos moleculares recientes han cuestionado la visión tradicional de que los cephalochordata son mas cercanos a los vertebrados que los urochordata. Sin embargo, existe consenso de que los ancestros de los vertebrados son semejantes a cefalocordados (con somitos y varios pares de hendiduras branquiales)

Urochordata

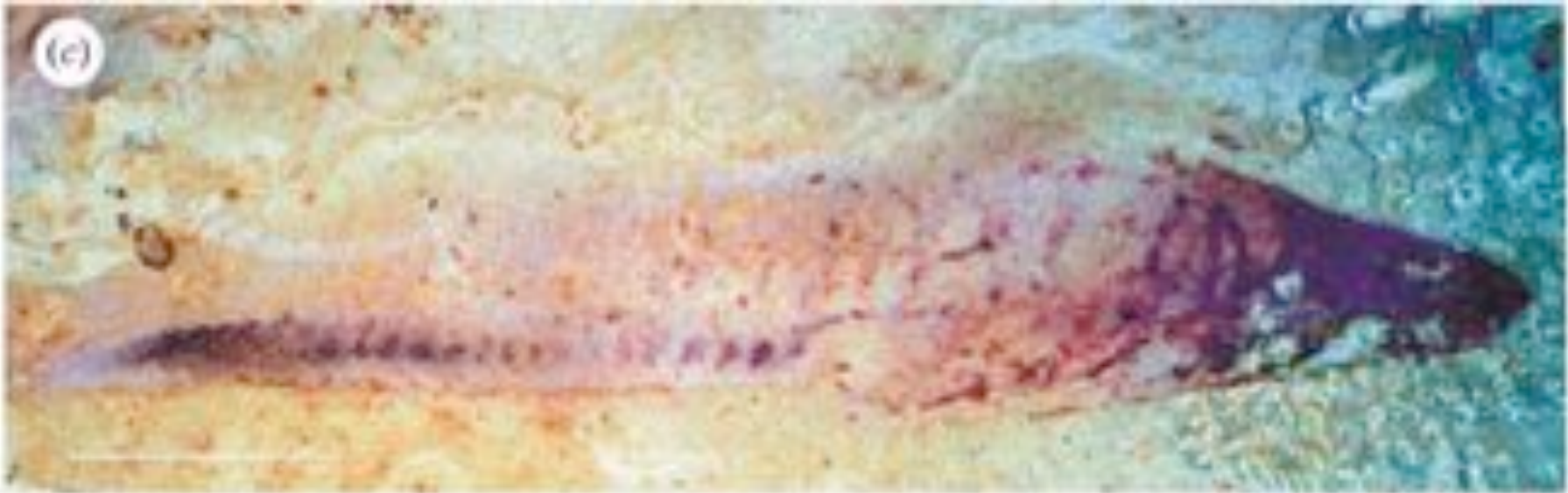


Cephalochordata

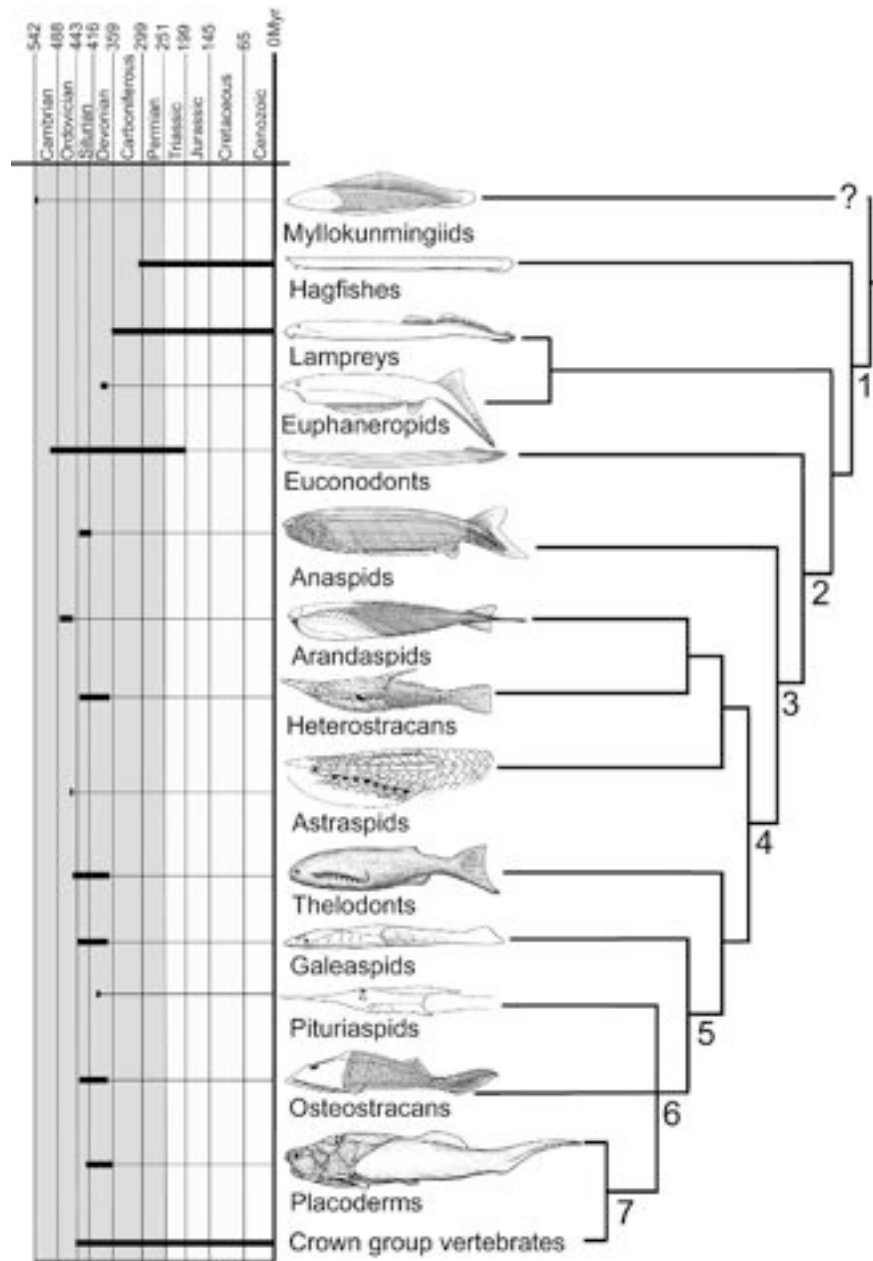




Millockunmingia



Millokunmingia



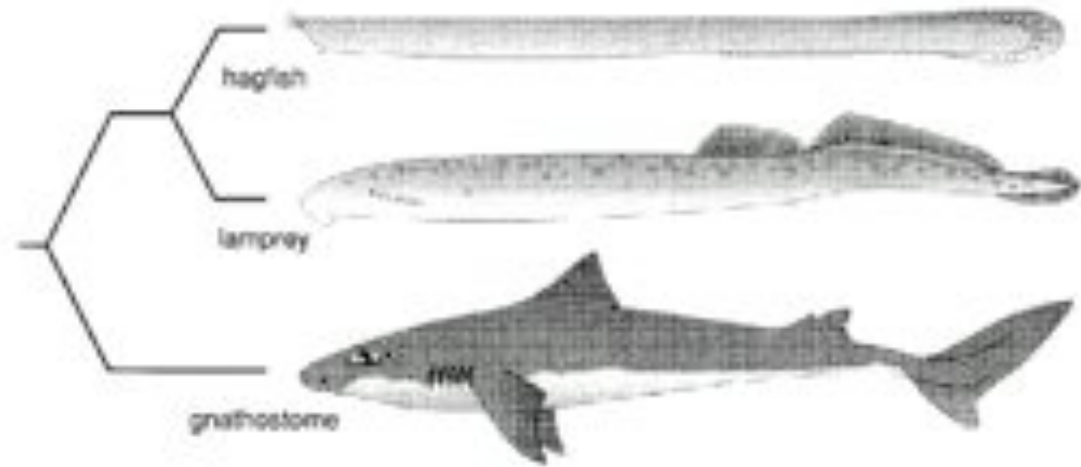
Las Myxines (hagfishes) y Lampreas actuales vivientes son vertebrados extremadamente basales, sin mandíbulas. Ambos poseen una lengua especializada que permite raspar e ingresar comida, branquias en forma de bolsillo, y una piel sin escamas. Los demás peces vivientes son Gnathostomata, que poseen mandíbulas.

Los Gnathostomata descienden de formas fósiles acorazadas sin mandíbulas, conocidos con el termino parafilético "Ostracodermos". Los primeros peces con mandíbulas (Placodermos) eran acorazados.

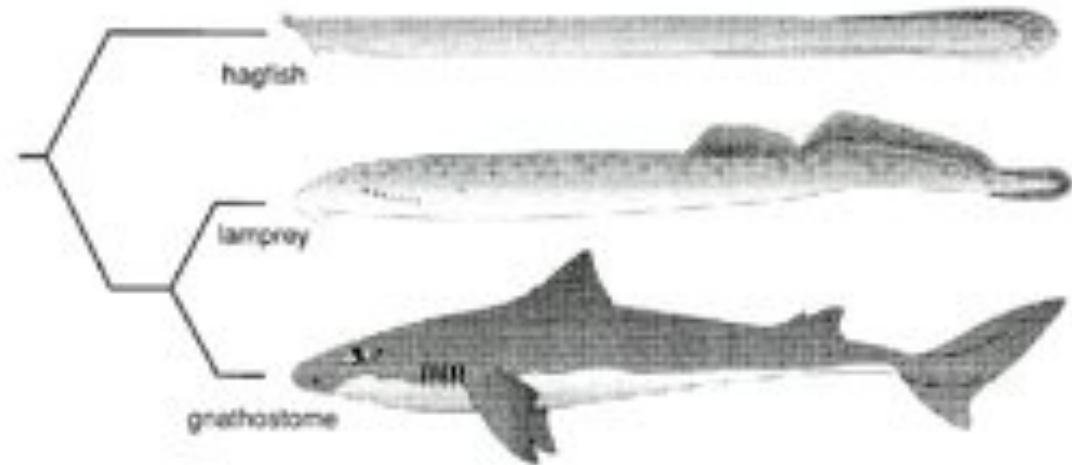
One of the recently published vertebrate tree topologies that entails cyclostome paraphyly (after Gess et al., 2007; possible position of myllokunmingiids modified according to Janvier, 2003); the distribution of the taxa through time is indicated by bold lines in the time scale to the left. Major synapomorphies at nodes: 1, neural crests, epidermal placodes, fin radials; 2, dermoskeleton in mouth and pharynx; 3, extensive dermoskeleton over the entire body; 4, extensive lateral-line system enclosed in grooves and canals, vertical semicircular canals forming loops, cerebellum; 5, endoskeleton lined with calcified cartilage or perichondral bone; 6, pectoral fins in postbranchial position; 7, jaws.

Existe una polémica sin resolver sobre si los lampreas son más cercanos a los peces con mandíbula o a los myxines.

Evidencia molecular



Evidencia morfológica



Myxinoidea (anguilas babosas)

Viven enterrados en la arena y se alimentan de carroña e invertebrados

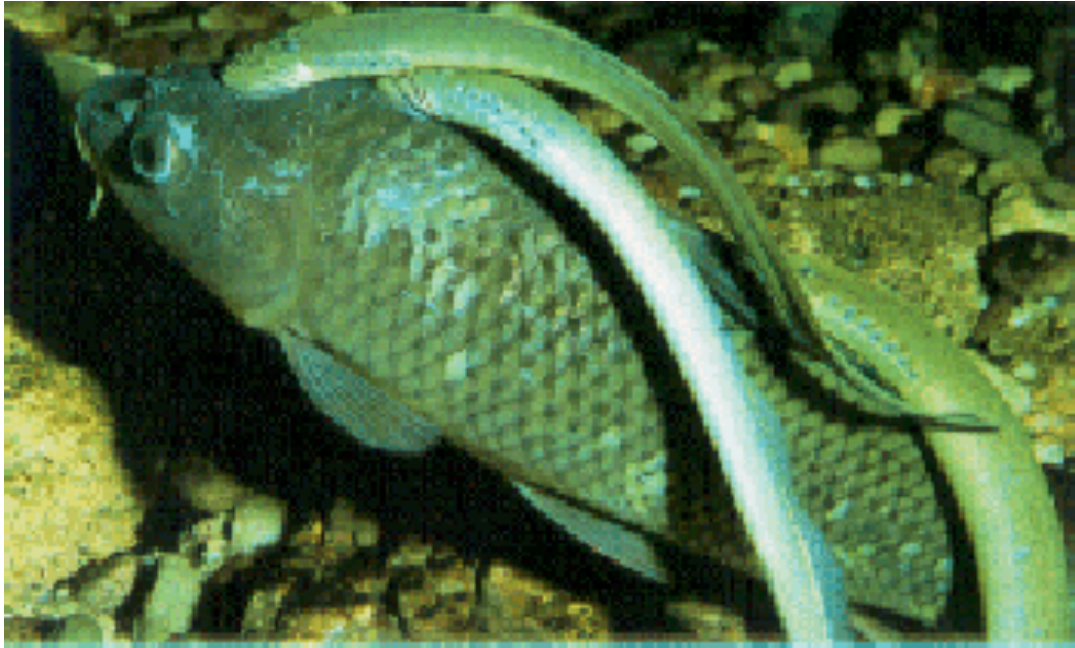
No poseen línea lateral (Estructura longitudinal provista de neuronas sensoriales electroreceptoras y mecanoreceptoras).

El ojo es simple y no tiene musculatura.

Posee un oído interno simple con un solo canal semicircular y branquias en “bolsillo” con salidas pequeñas (agujeros)

Lóbulos olfatorios del cerebro bien desarrollados.



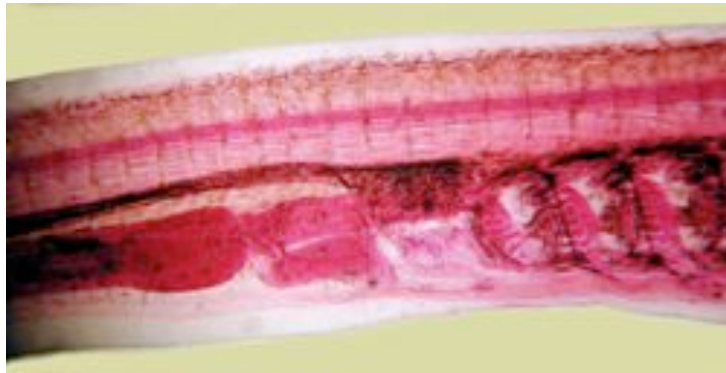
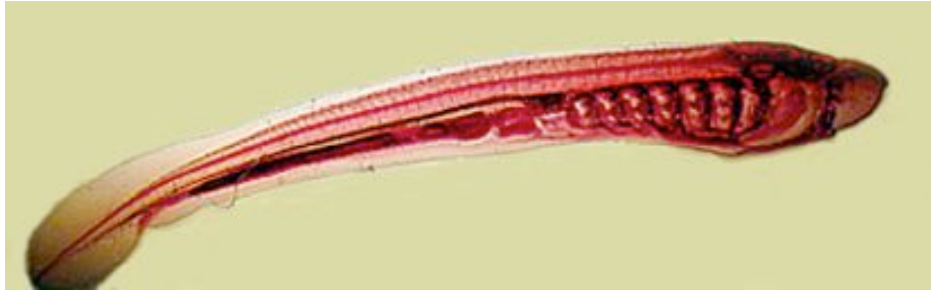


Ciclostomata:
Petromyzontidae

Poseen pequeñas estructuras vertebrales cartilaginosas, musculatura que mueve las aletas, control del latido cardiaco via el nervio vago, ojos provistos de lente y de musculatura extrínseca que permite moverlos. Posee un oído interno simple con un solo canal semicircular y branquias en “bolsillo” con salidas pequeñas (agujeros). Posee un oído interno simple con un solo canal semicircular y branquias en “bolsillo” con salidas pequeñas (agujeros)

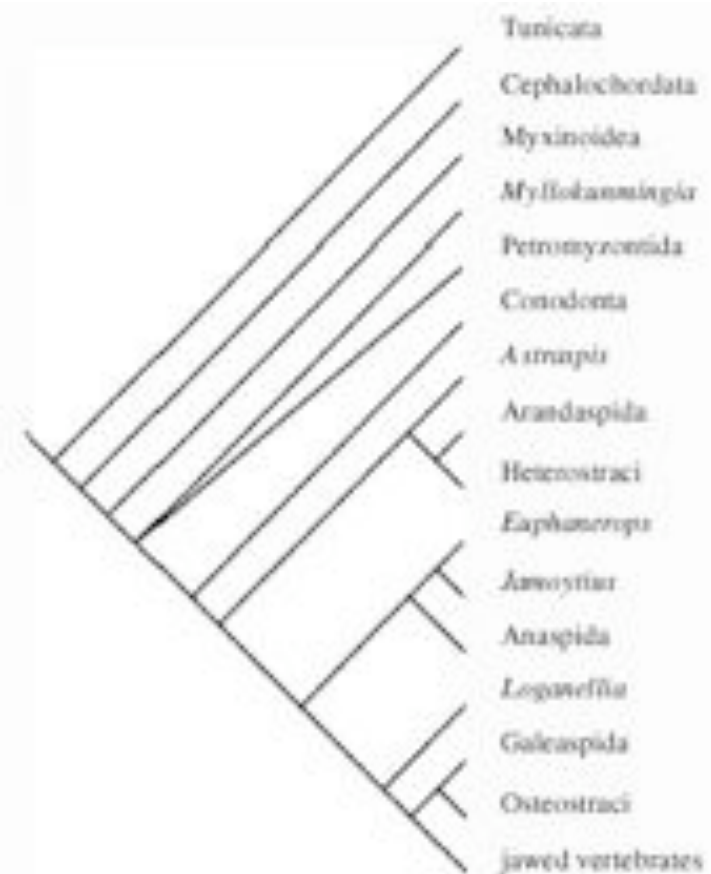


Son anádromos, naciendo en agua dulce. Algunas lampreas son de agua dulce
Mientras que las myxines se desarrollan de maneras directa, las lampreas tiene una
forma larval, la larva amoceta, que vive enterrada y filtra, muy similar a Amphioxus



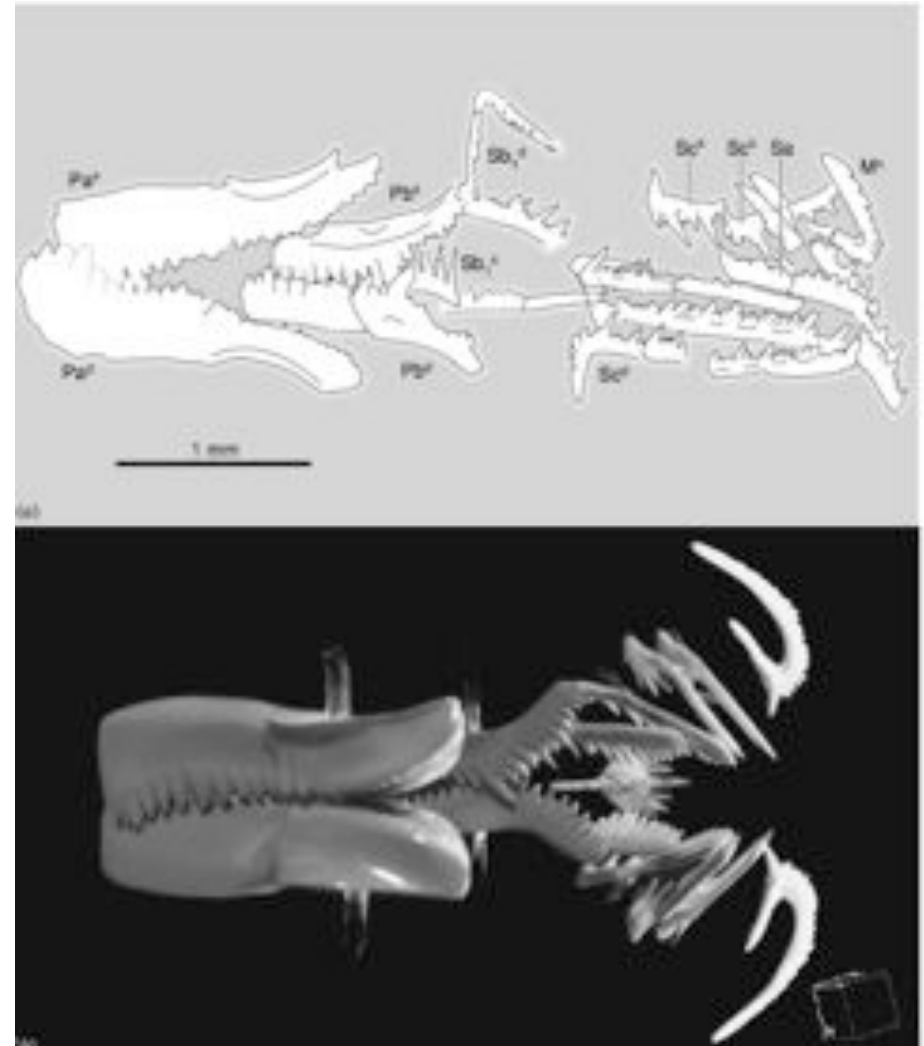
Lamprea de río

Los conodontos, conocidos desde el cámbrico por sus dientes fósiles, son más cercanos a los gnathostomos que las myxines y lampreas. Presentan dientes con esmalte (enamel) y grandes ojos con musculatura asociada. Importantly, los dientes presentan evidencia de desgaste.





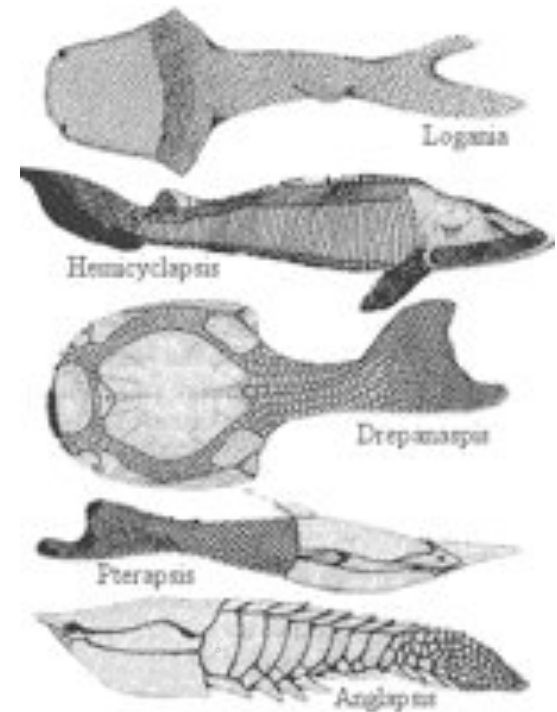
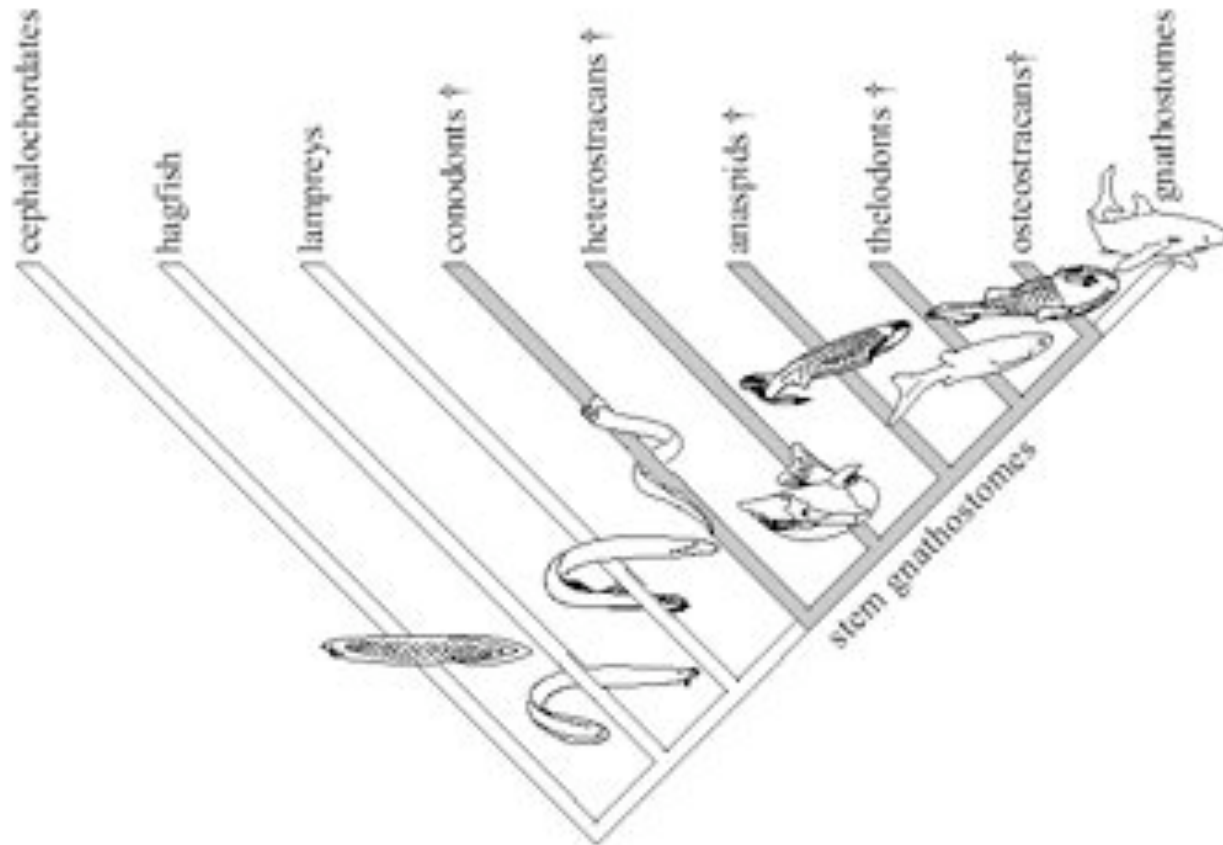
Los dientes en conodontos se encuentran en la línea media (lado izquierdo contra derecho en vez de “arriba” contra “abajo”). La relación de estos dientes con los arcos branquiales cartilagosos sólo es inferida; se cree que el primer arco puede haber sostenido los elementos más anteriores. Si bien presenta dientes, la arquitectura general no puede homologarse fácilmente a la de gnathostomados. No se les considera como verdaderos mandibulados (a diferencia de los Gnathostomados actuales)



anterior

Vista superior (dorsal)

Antiguamente, Myxines, Lampreas y Ostracodermos se designaban como un grupo “agnatha”, sin mandíbulas. Actualmente se sabe que los ostracodermos son más cercanos a los peces mandibulados modernos (gnatostomos) que a otras formas vivientes sin mandíbula (lampreas y myxines) compartiendo con gnatostomos la capacidad de producir distintos tipos de hueso. Debido a esto, pueden denominarse “stem gnathostomes” (mandibulados troncales)



Filogenia de los Vertebrados

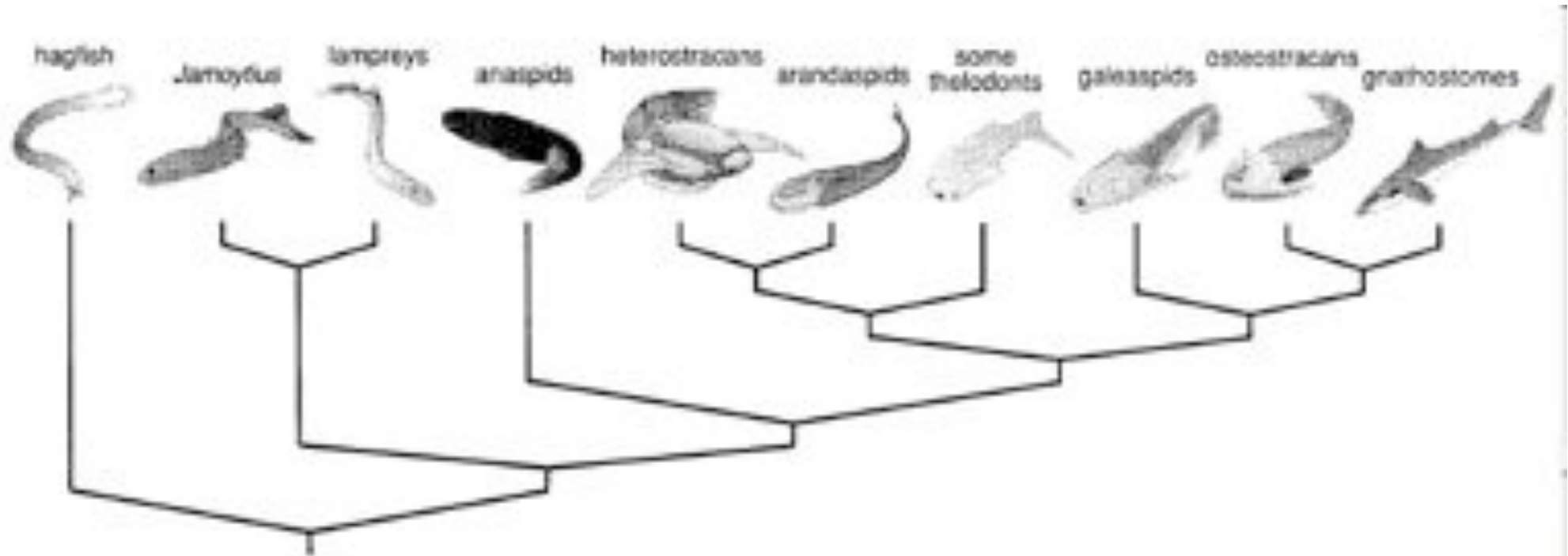
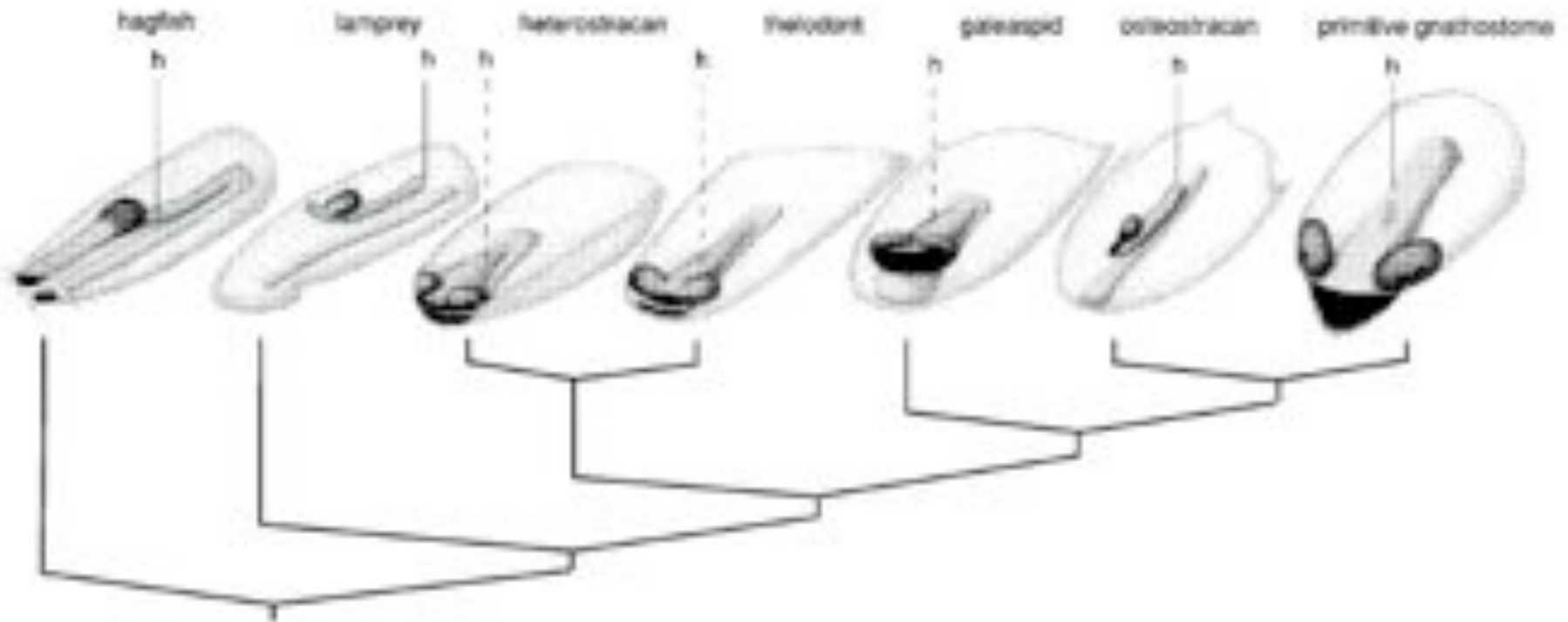


Figure 8. Phylogenetic tree based on a cladistic analysis of 56 anatomical features suggests that most of the ostracoderms are more closely related to modern jawed vertebrates than they are to modern jawless vertebrates. Of the ostracoderms, the osteostracans appear to be the most closely related to the jawed vertebrates. Among the modern groups, the jawed vertebrates are more closely related to the lamprey than either is to the hagfish. The fossil jawless fish, *Jamoytius*, appears to be a close relative of modern lampreys. Hagfishes are the most primitive known living or fossil vertebrates. Such phylogenetic trees allow paleontologists to determine which characteristics are primitive and which are evolutionarily derived.

En Ciclostomos y Ostracodermos, Se destaca la presencia de un ducto nasohypofisial que se comunica con las narinas y a partir del cual se desarrolla la hipófisis.



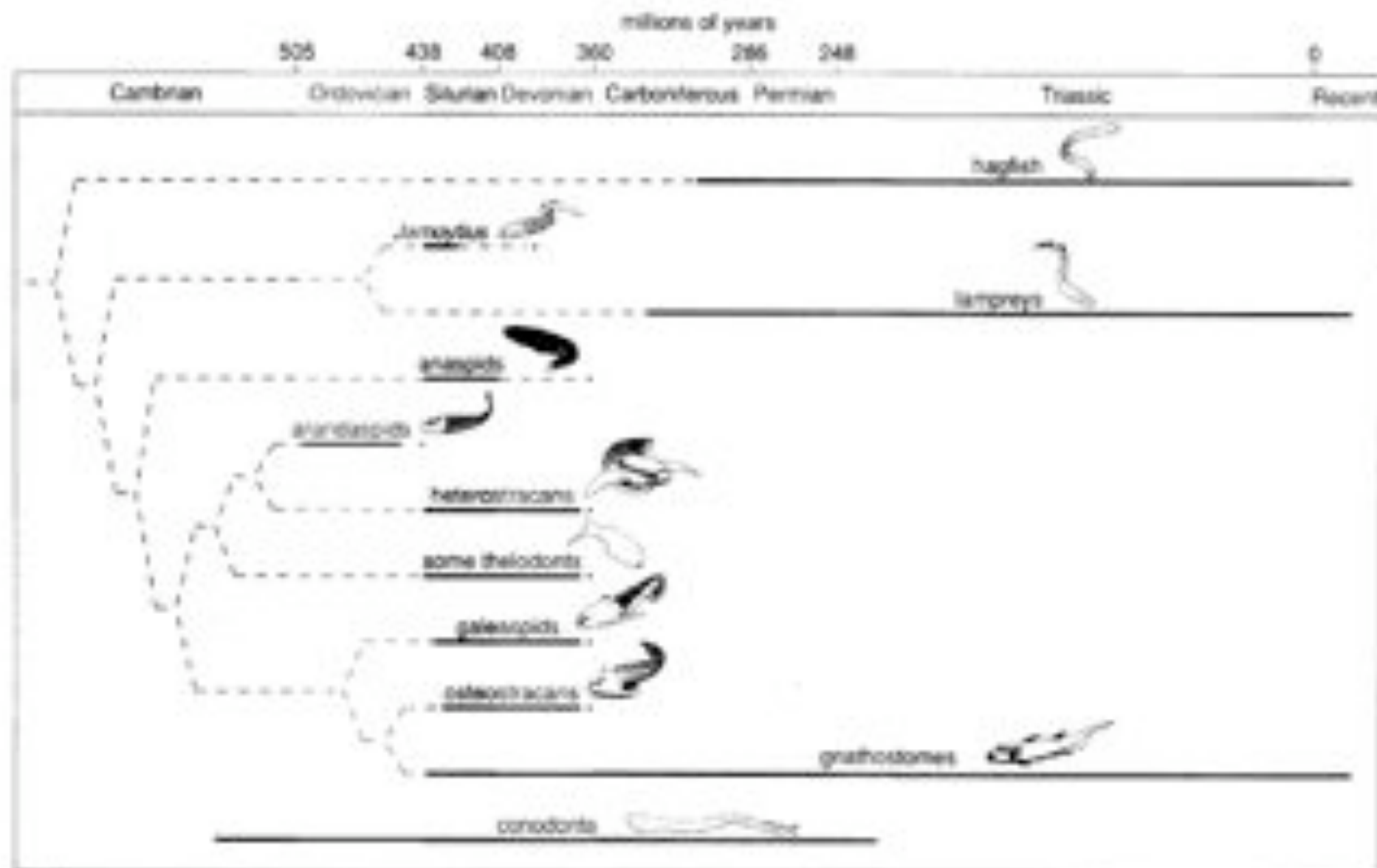


Figure 15. Stratigraphic distribution of living and fossil groups of vertebrates suggests that undiscovered vertebrate ancestors (dashed line) lived in the Cambrian period, more than 500 million years ago. Conodont elements are found in Cambrian deposits, but their evolutionary relationship to the known vertebrates is not clear. The first jawed vertebrates, here represented by an acanthodian, appeared more than 400 million years ago in the Silurian period.

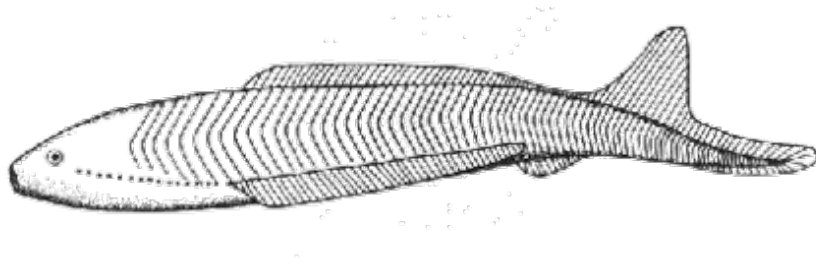
Anáspidos

Ostracodermos de agua dulce.

Cola dirigida hacia abajo.

|

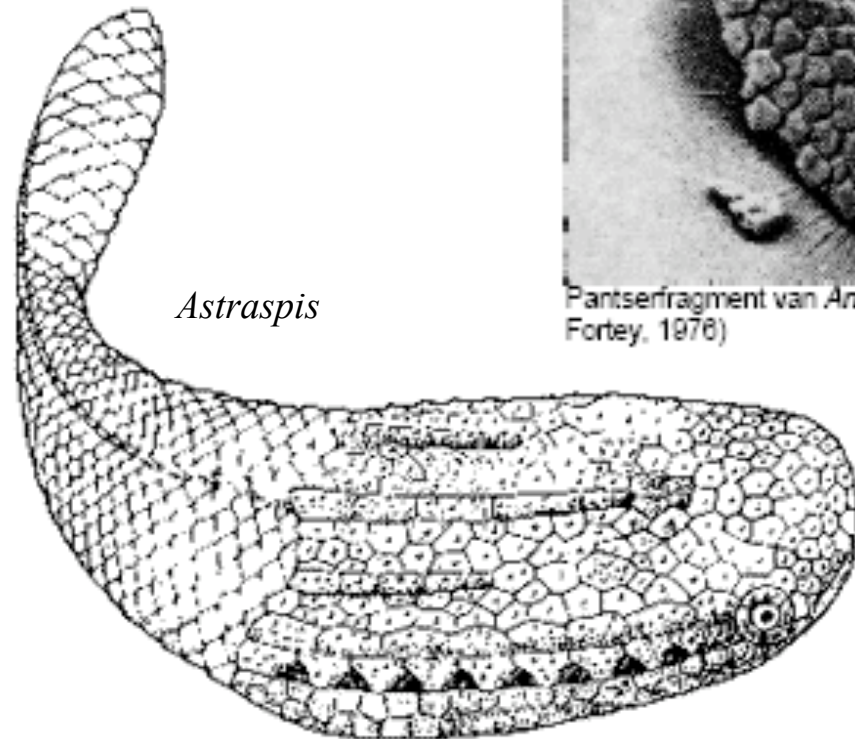
Poseen aletas laterales pareadas en forma de cinta, detrás de la línea de aperturas branquiales



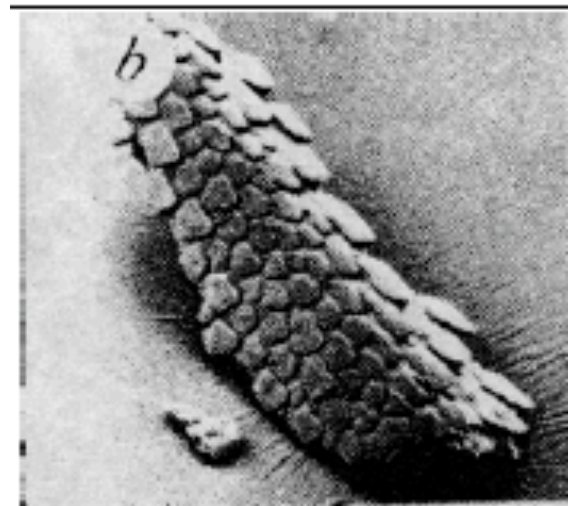
Arandáspidos

Placa dorsal y ventral en la cabeza y están separadas por varias placas branquiales. Placas dermales compuestas de diminutas unidades poligonales que se añadían a los bordes de las placas (incapaces de crecer por si mismas). Esta podría representar una forma primitiva de crecimiento ya que está hecho de hueso sin células (**Aspidina**).

Se han hallado en América del Sur, Australia.



Astraspis



Pantserfragment van *Anatolepis* (Bockelie & Fortey, 1976)



Sacabambaspis





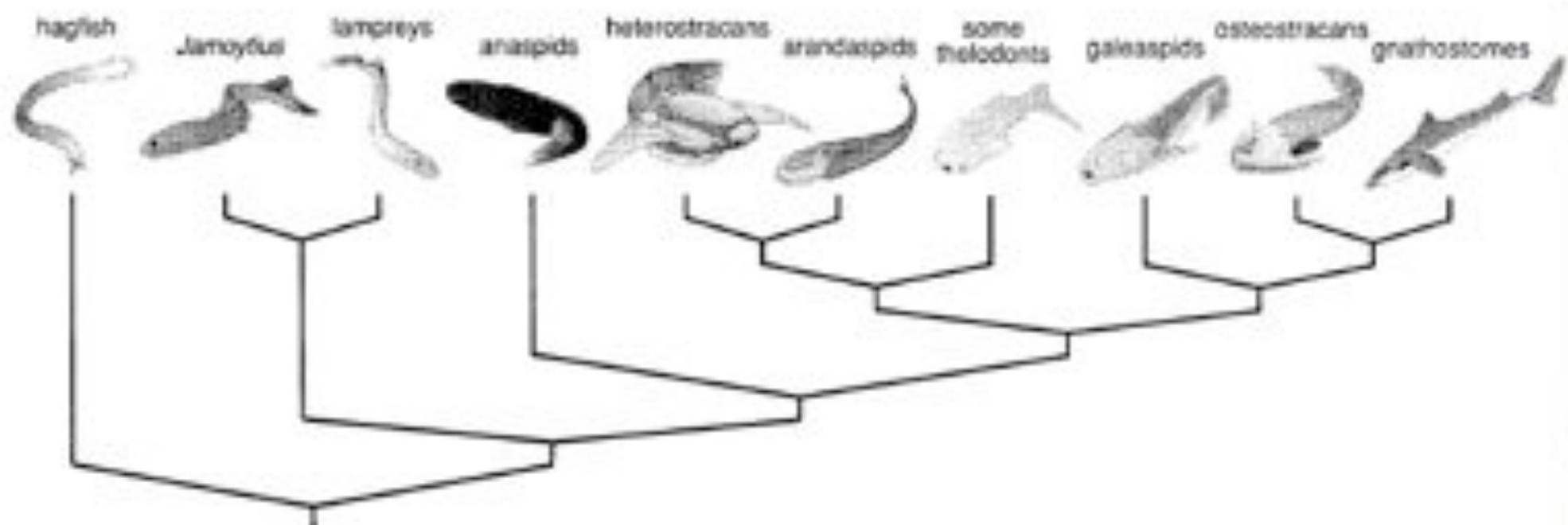


Figure 8. Phylogenetic tree based on a cladistic analysis of 56 anatomical features suggests that most of the ostracoderms are more closely related to modern jawed vertebrates than they are to modern jawless vertebrates. Of the ostracoderms, the osteostracans appear to be the most closely related to the jawed vertebrates. Among the modern groups, the jawed vertebrates are more closely related to the lamprey than either is to the hagfish. The fossil jawless fish, *Jamoytus*, appears to be a close relative of modern lampreys. Hagfishes are the most primitive known living or fossil vertebrates. Such phylogenetic trees allow paleontologists to determine which characteristics are primitive and which are evolutionarily derived.

Heterostraci

Son de aguas costeras semi saladas y algunos depósitos posiblemente de agua dulce. Aparentemente carecen de endoesqueleto. Esqueleto dérmico bien desarrollado, cubre cabeza, cuerpo y cola.

Placa dorsal y ventral en la cabeza.

Cada placa está hecha de Aspidina acelular (también presente en anáspidos y galeáspidos).

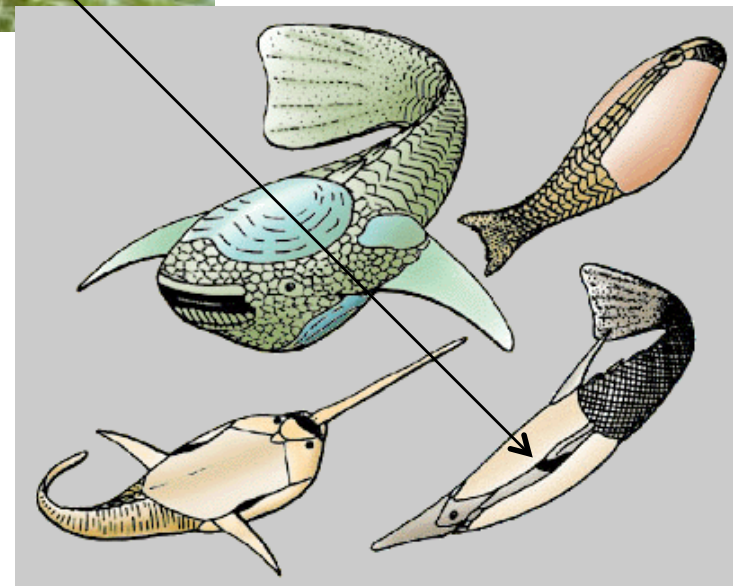
Poseen una sola apertura branquial

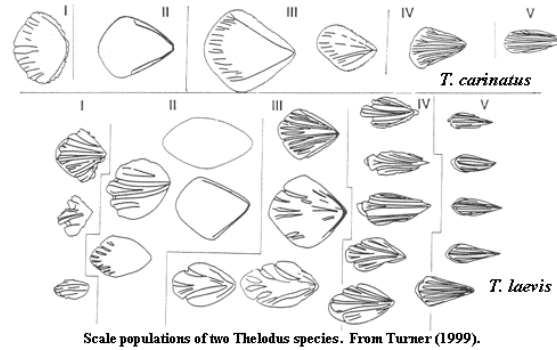


Doryaspis



Drepanaspis





Telodontos

No poseen placas y tienen escamas pequeñas de diversa morfología.

Existen dos grupos de telodontos: aplanados con cola hacia abajo y profundos con la cola bífida.

Se han hallado escamas en todo el mundo.

Galeáspidos

Poseen la apertura nasohipofisial justo frente de los ojos, como en mixinoideos, y al igual que ellos, comunica con la faringe.

Sus fósiles se han encontrado en China y Vietnam.



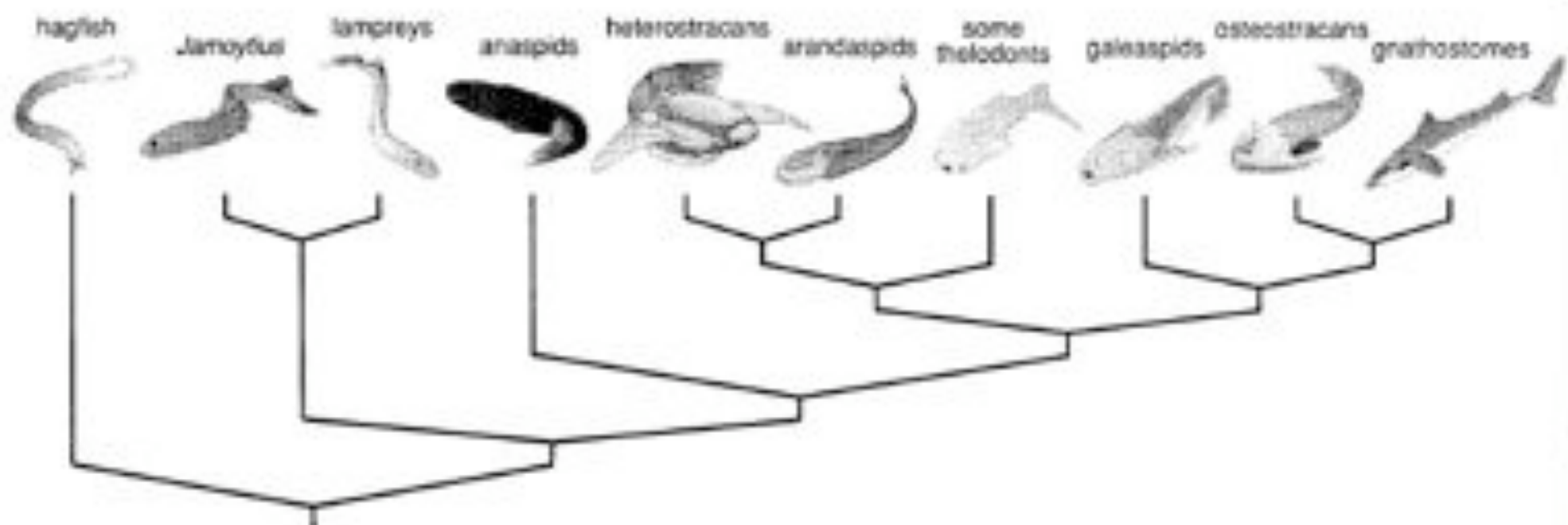


Figure 8. Phylogenetic tree based on a cladistic analysis of 56 anatomical features suggests that most of the ostracoderms are more closely related to modern jawed vertebrates than they are to modern jawless vertebrates. Of the ostracoderms, the osteostracans appear to be the most closely related to the jawed vertebrates. Among the modern groups, the jawed vertebrates are more closely related to the lamprey than either is to the hagfish. The fossil jawless fish, *Jamoytus*, appears to be a close relative of modern lampreys. Hagfishes are the most primitive known living or fossil vertebrates. Such phylogenetic trees allow paleontologists to determine which characteristics are primitive and which are evolutionarily derived.

Osteostraci y Pituriaspidos: el origen de las aletas pares

Presentan Aletas pectorales pareadas (homólogas a nuestros brazos)

Cola doblada hacia arriba, flexible

Campos sensoriales en los márgenes de la coraza cefálica y justo detrás de los ojos, asociados a la línea lateral

Poseen una sola gran coraza dorsal.

La boca y las aperturas braquiales se disponen ventralmente.

Se han hallado en: América del Norte, Europa, Siberia y Asia Central

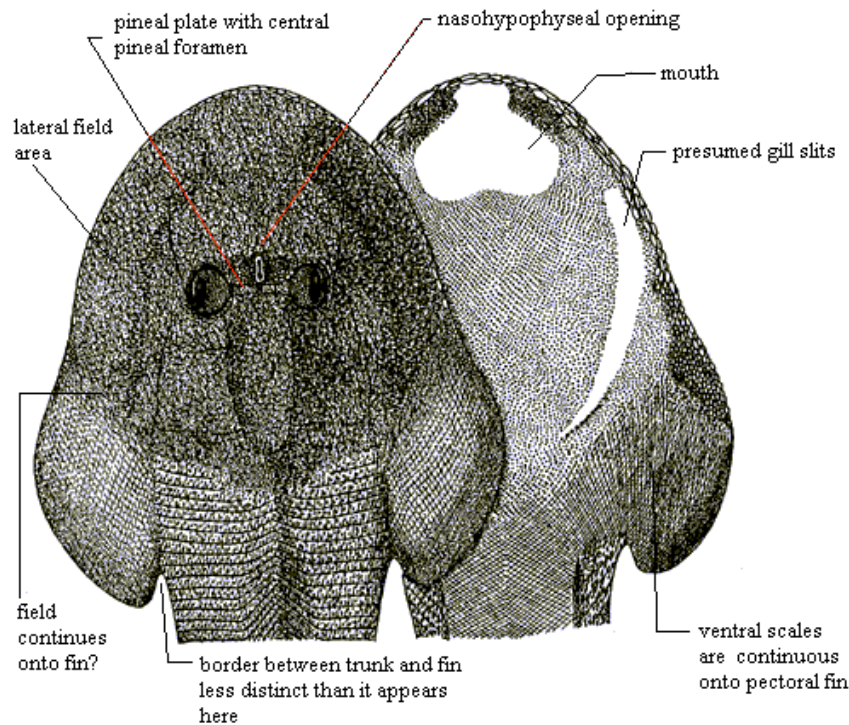
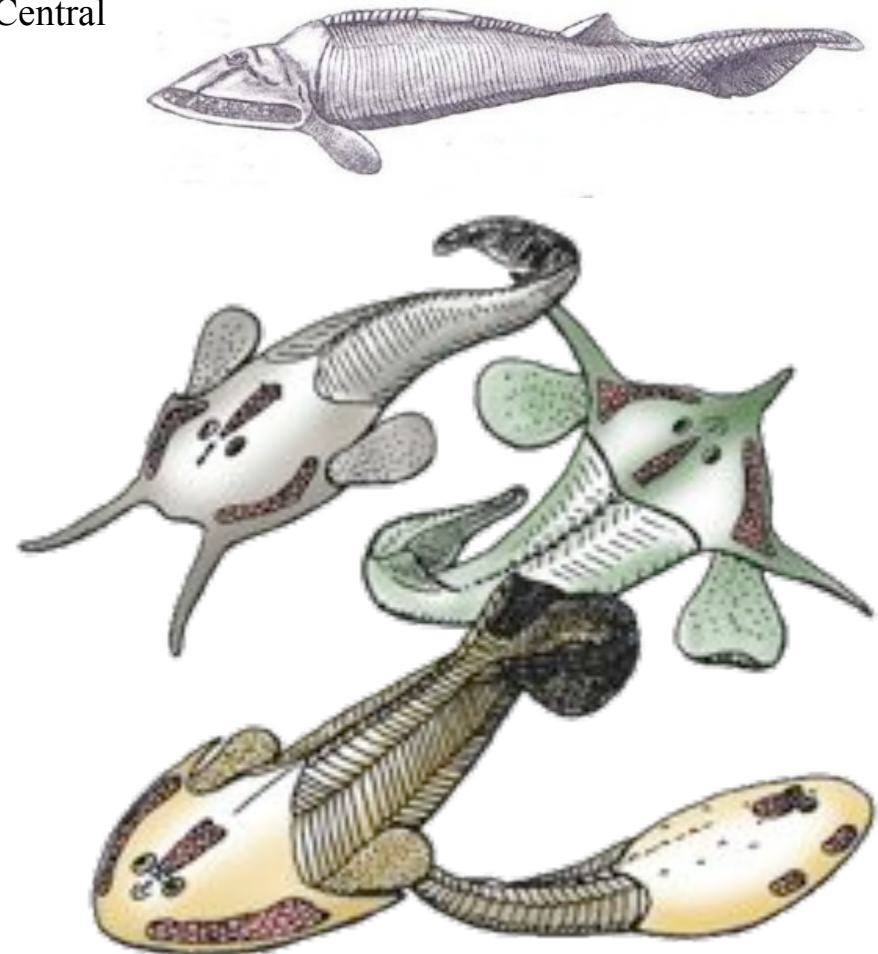
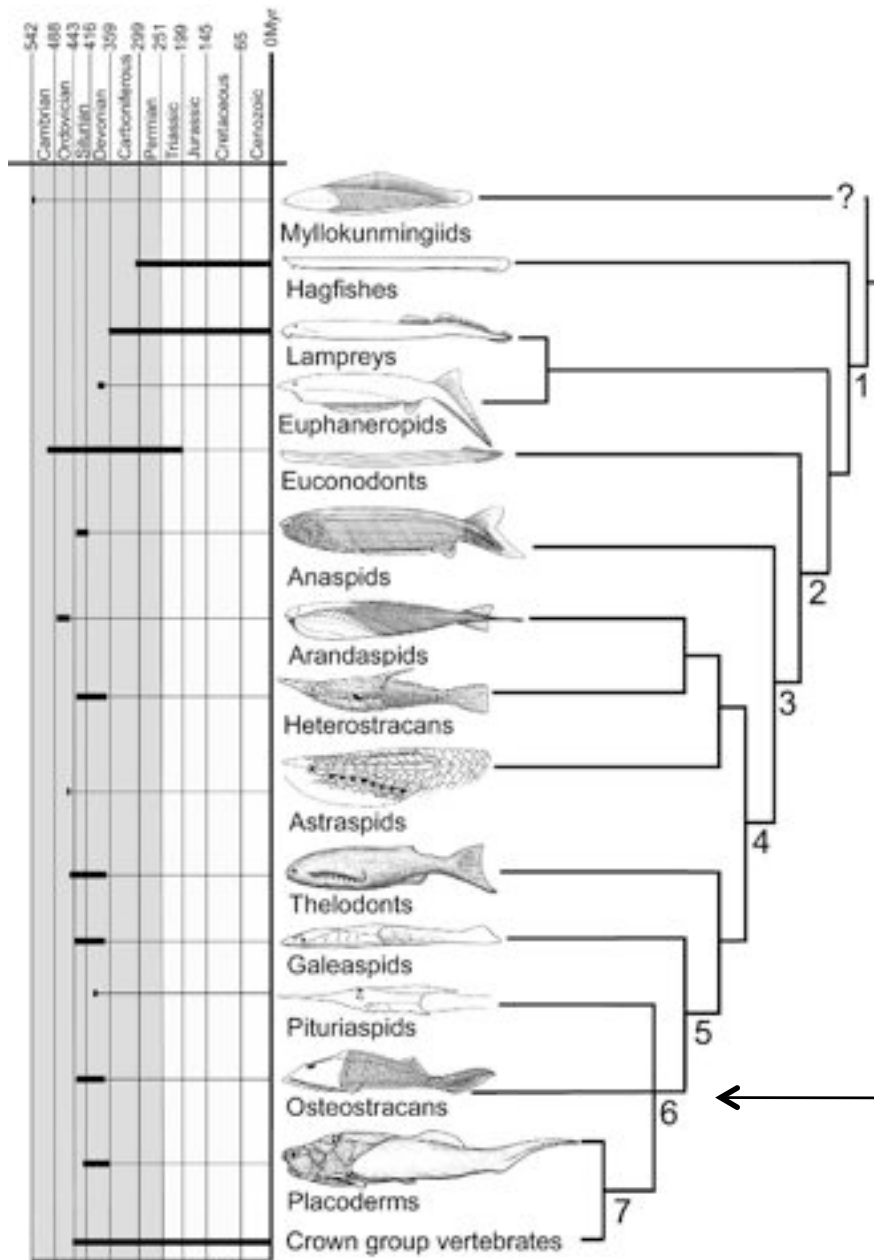


Fig. 1. *Ateleaspis tessellata* headshield and pectoral fins in dorsal and ventral views, modified from Ritchie (1967).



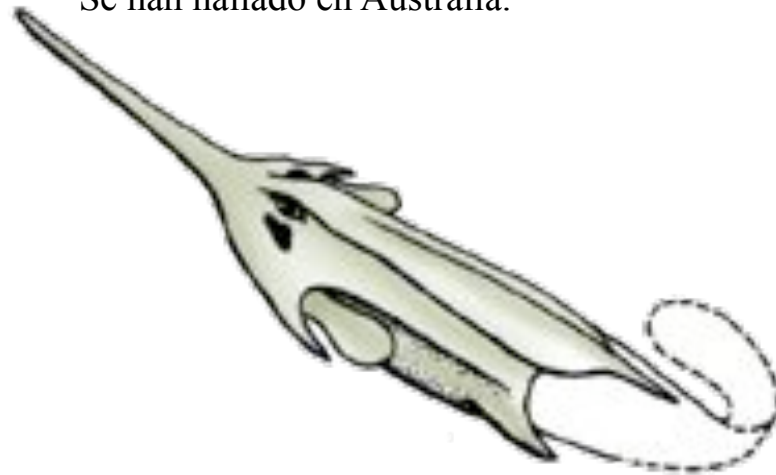


Pituriáspidos

No tienen ducto nasohipofisial.

Se desconoce la ubicación de los narinas.

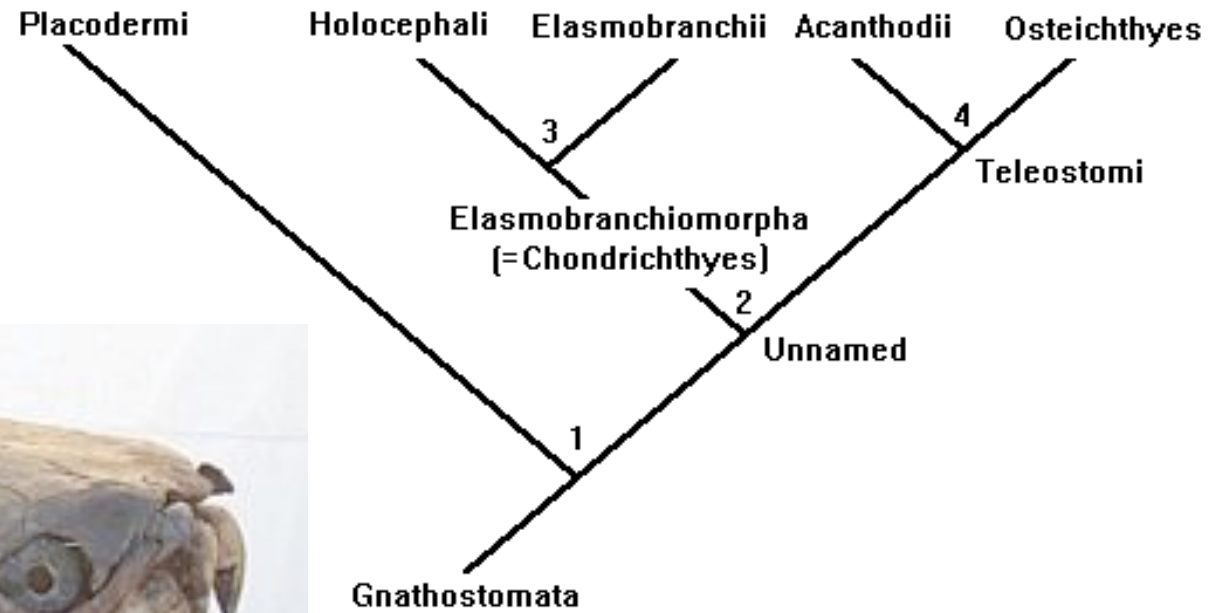
Se han hallado en Australia.



Origen de las aletas pareadas pectorales

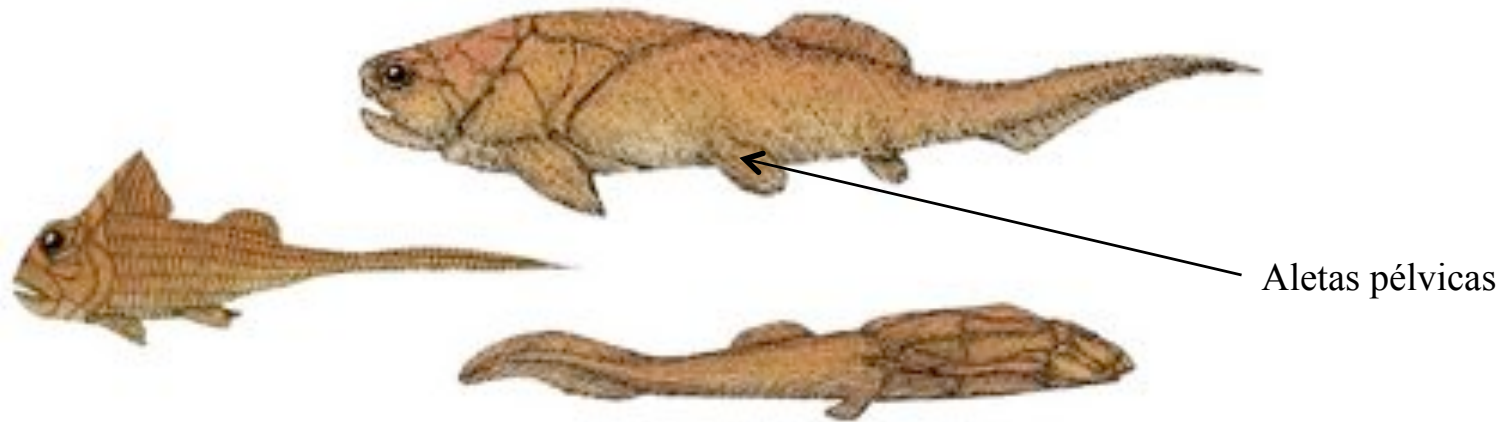
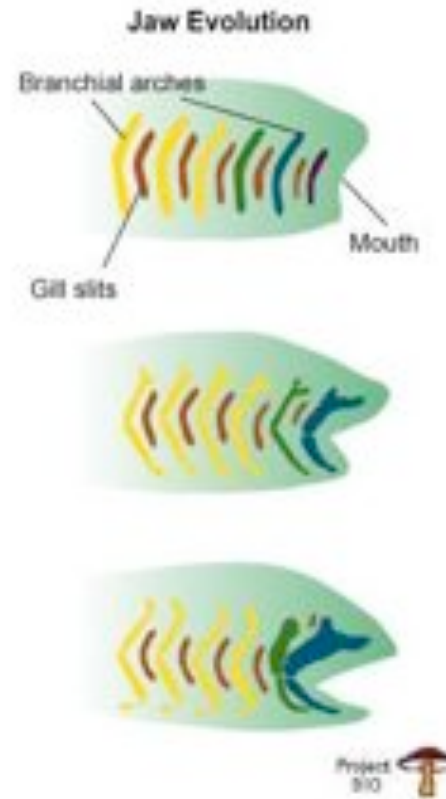
El origen de la mandíbula y de las aletas pélvicas: Los placodermos acorazados

Los Placodermi aparecen en el Silúrico Inferior.



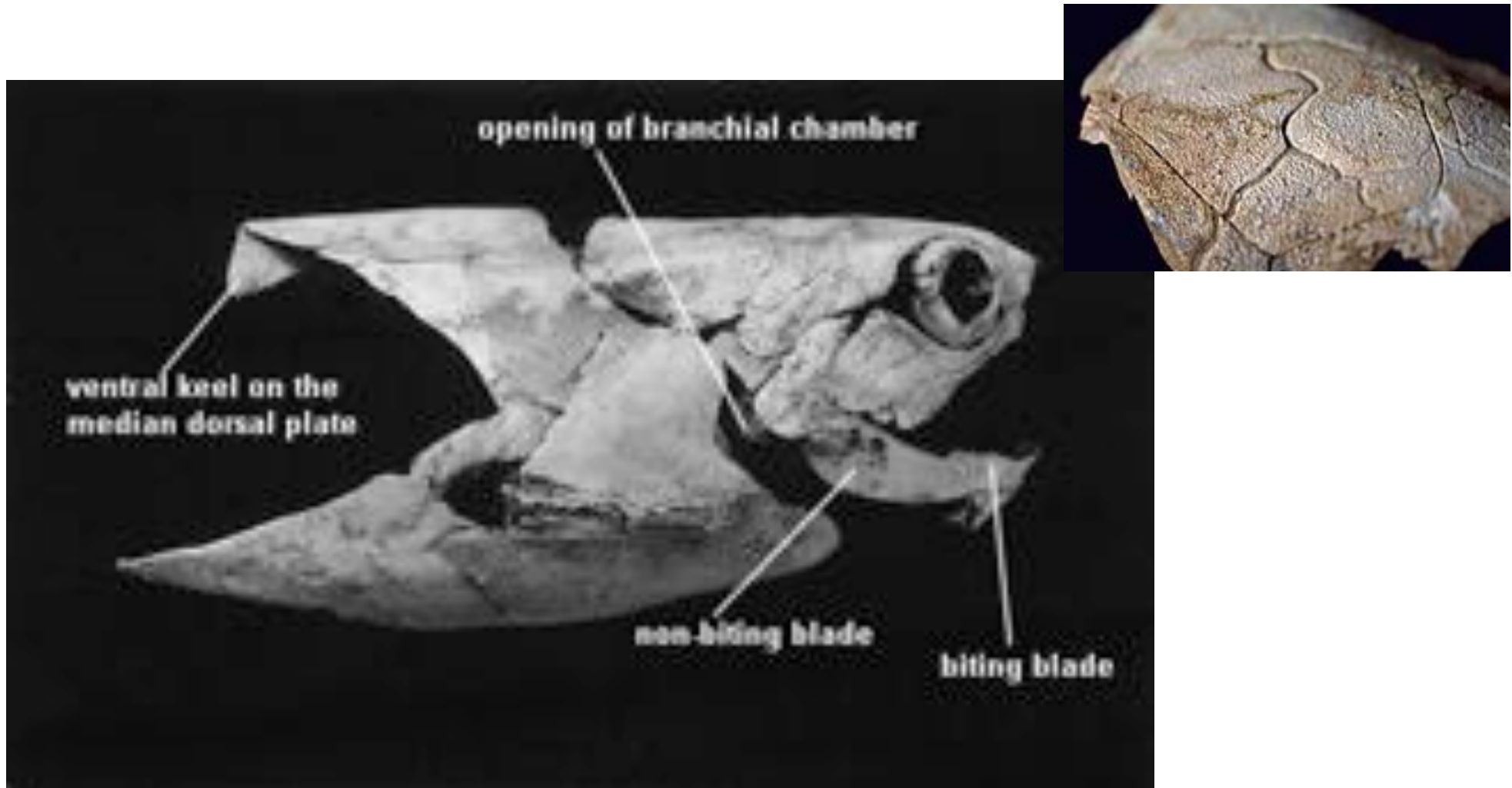
La mandíbula es el primer arco branquial (arco oral) modificado.

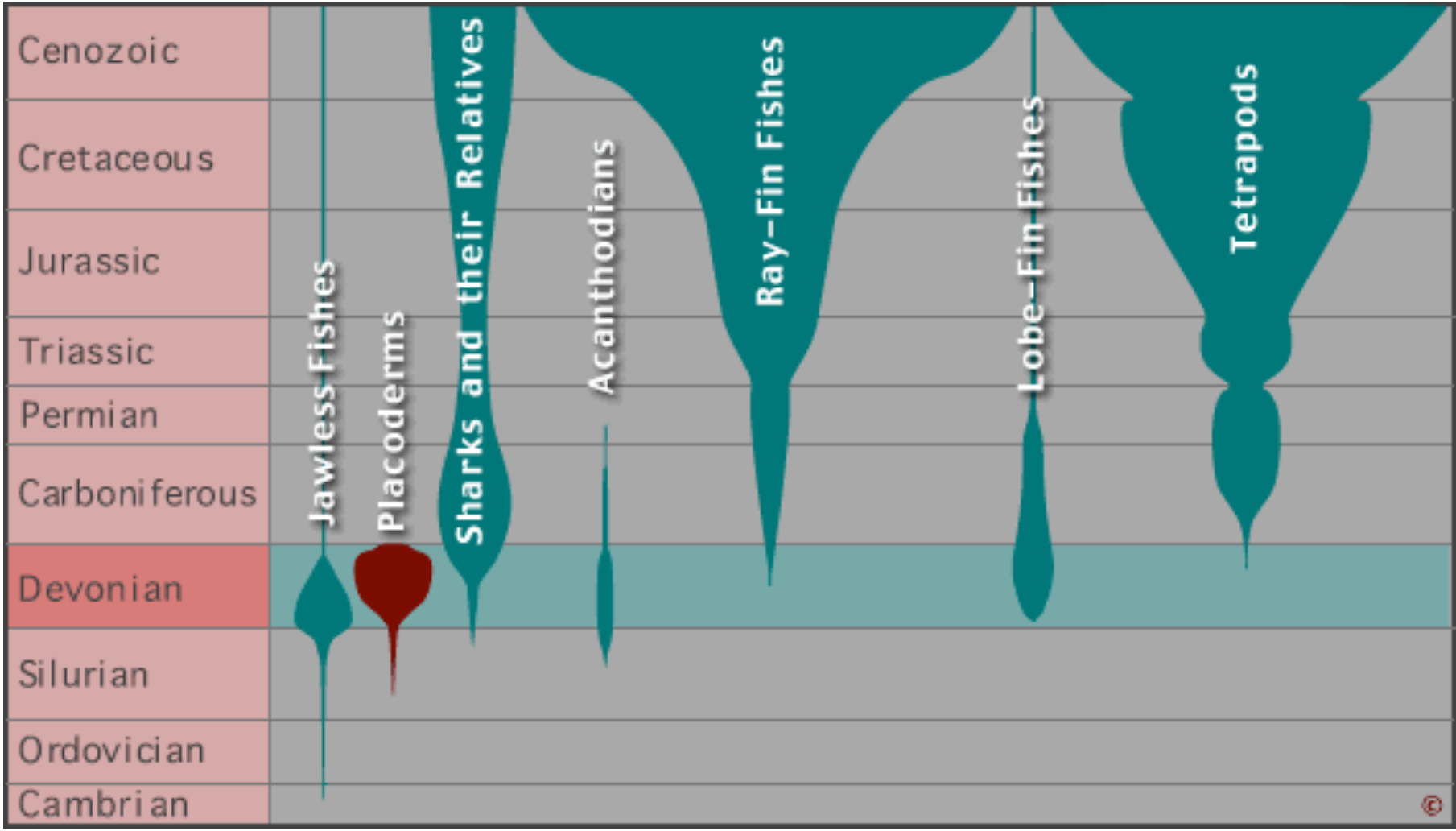
Las aletas pareadas pélvicas (homólogas a nuestra piernas) aparecen en Placodermos, presumiblemente como una duplicación heterotópica de las aletas pectorales



Poseían corazas móviles que cubrían cabeza y parte del cuello. La mayoría de los géneros conocidos poseían una separación entre las placas de la cabeza y tronco (gap nugal). El agua era expelida desde las branquias a través de este espacio .

Placas formadas por varias “plaquitas” En formas primitivas de placodermos son histológicamente similares a las de ostracodermos.

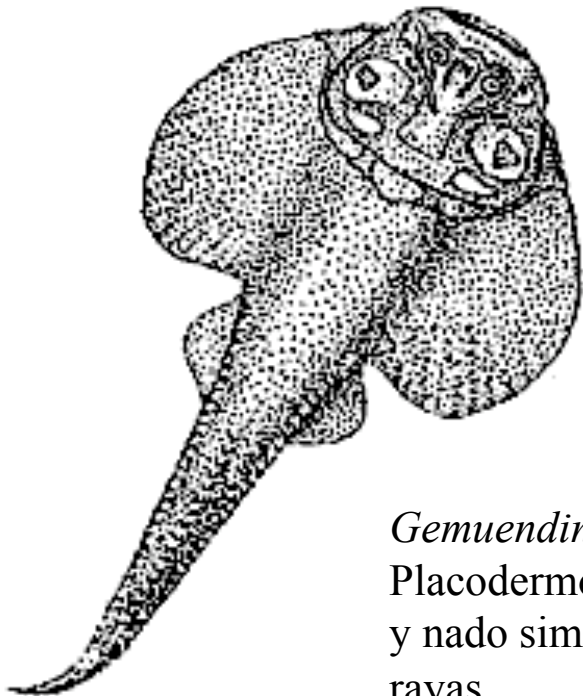




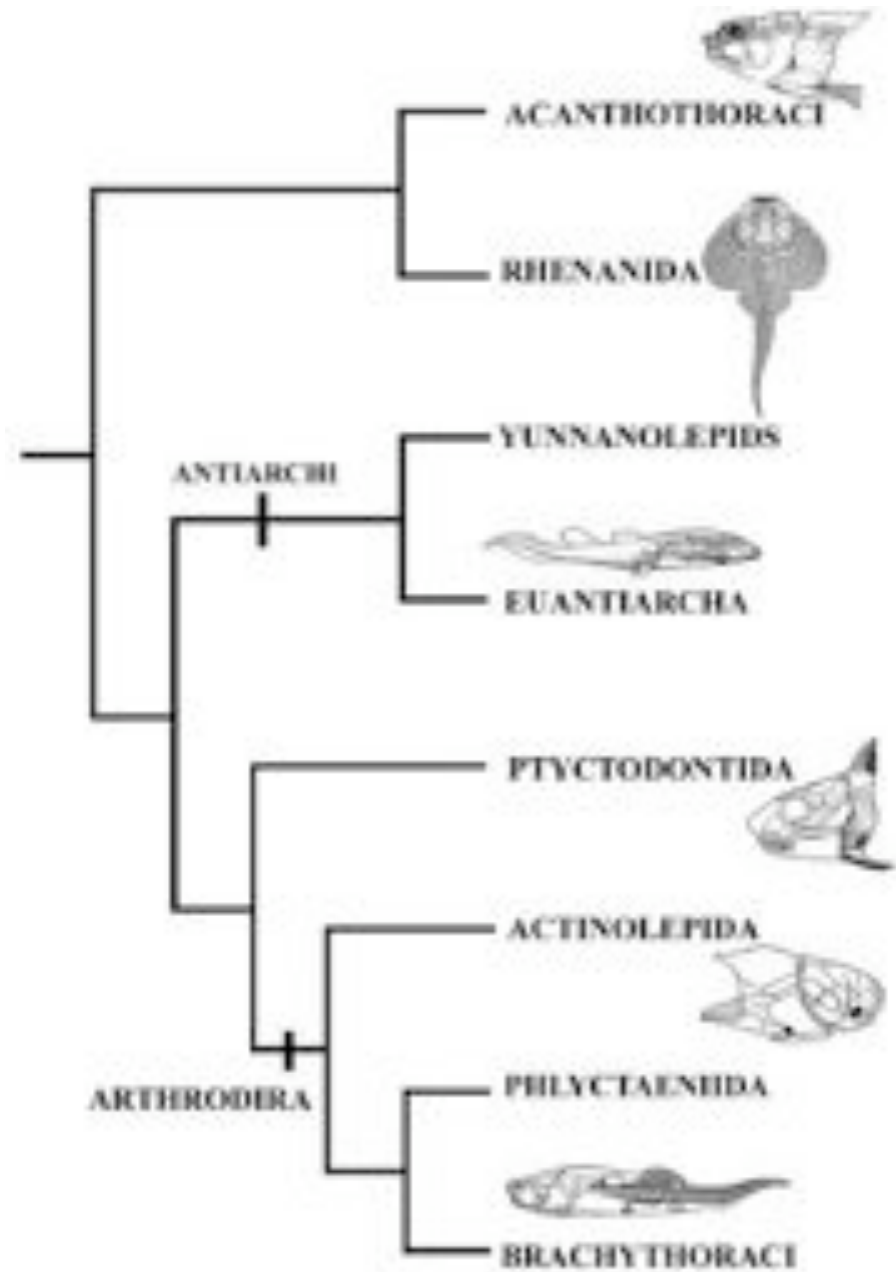
La familia Dinichthyidae incluyen los más grande ejemplares de placodermos conocidos. *Titanichthys* y *Dunkleosteus*, de más de 2 m de largo aprox., son los más grandes depredadores del periodo Devónico. Los placodermos no poseen verdaderos dientes, sino bordes cortantes de las mandíbulas



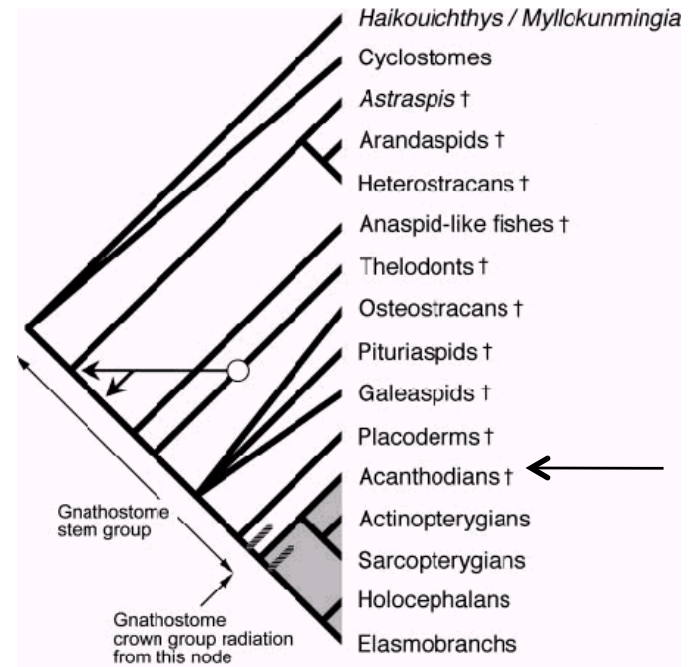
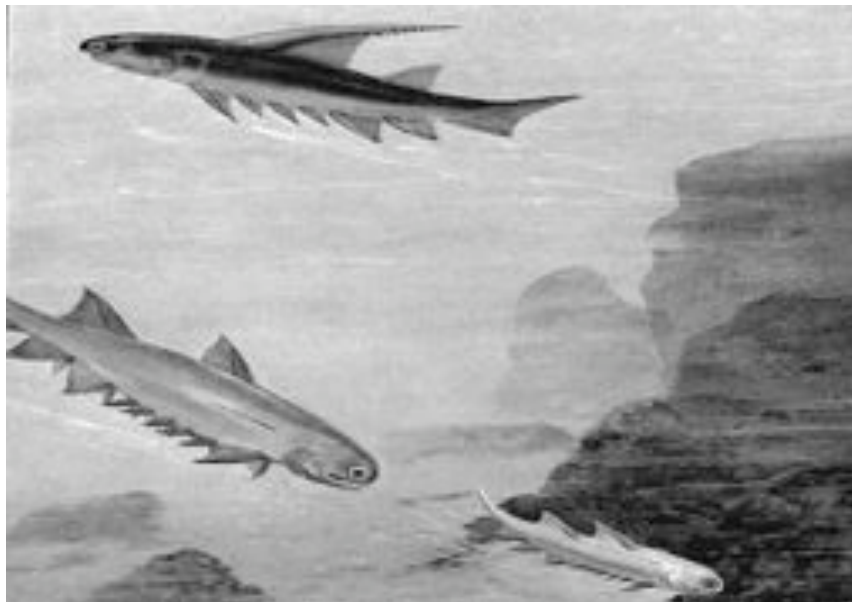
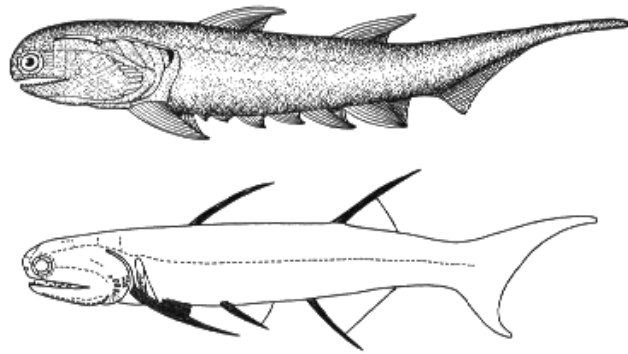
Un grupo diverso



Gemuendina
Placodermo con cuerpo
y nado similar a las
rayas

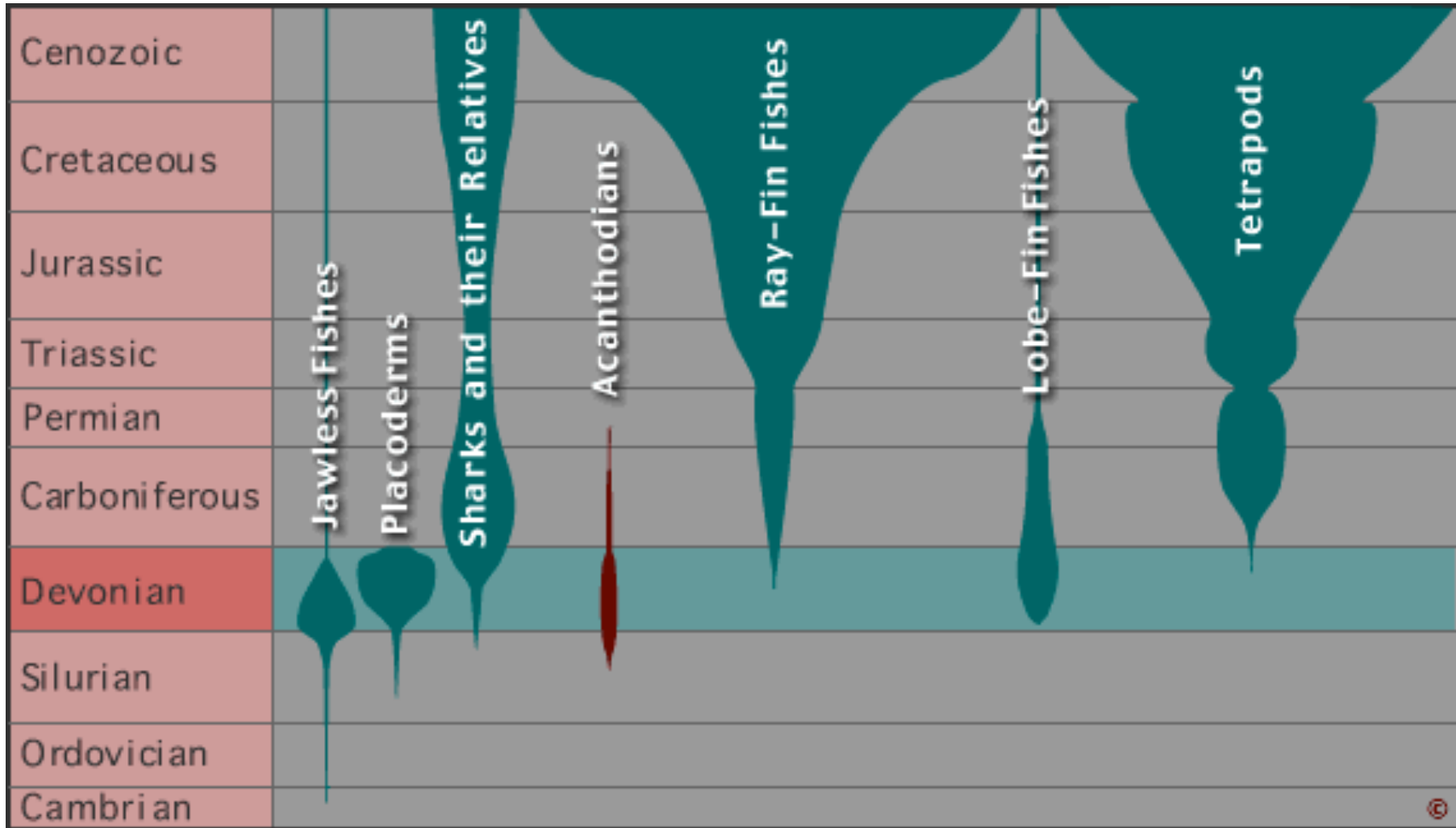


ACANTODIOS Se considera que los acantodios son descendientes del ancestro común más reciente compartido por gnathostomados cartilaginosos y óseos vivos, por lo que se trata de “verdaderos” gnathostomados (los placodermos serían “gnathostomados troncales”). Son los gnathostomados los más antiguos conocidos en el registro fósil (Silúrico superior). Parecen peces óseos modernos pero poseen una marcada cola heterocerca y gruesas espinas en todas las aletas excepto la caudal (Hasta seis pares de espinas entre la aleta pélvica y la pectoral en formas basales). Las espinas intermedias no están acompañadas por estructuras de aletas. Se postula una mayor afinidad a los peces óseos modernos (osteichthes) que a los cartilaginosos (chondrichthes)

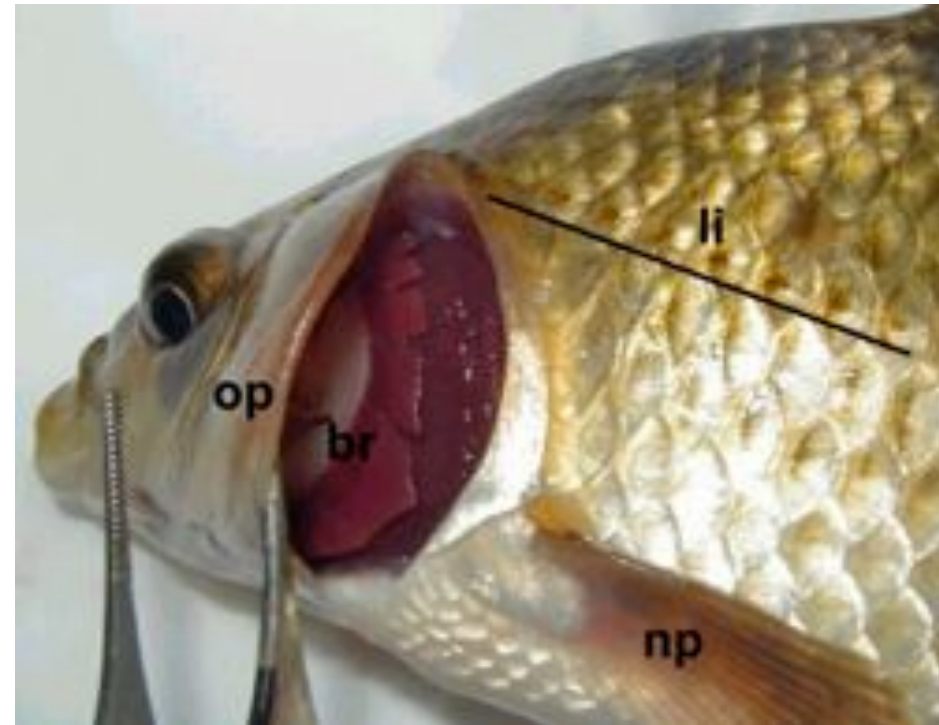
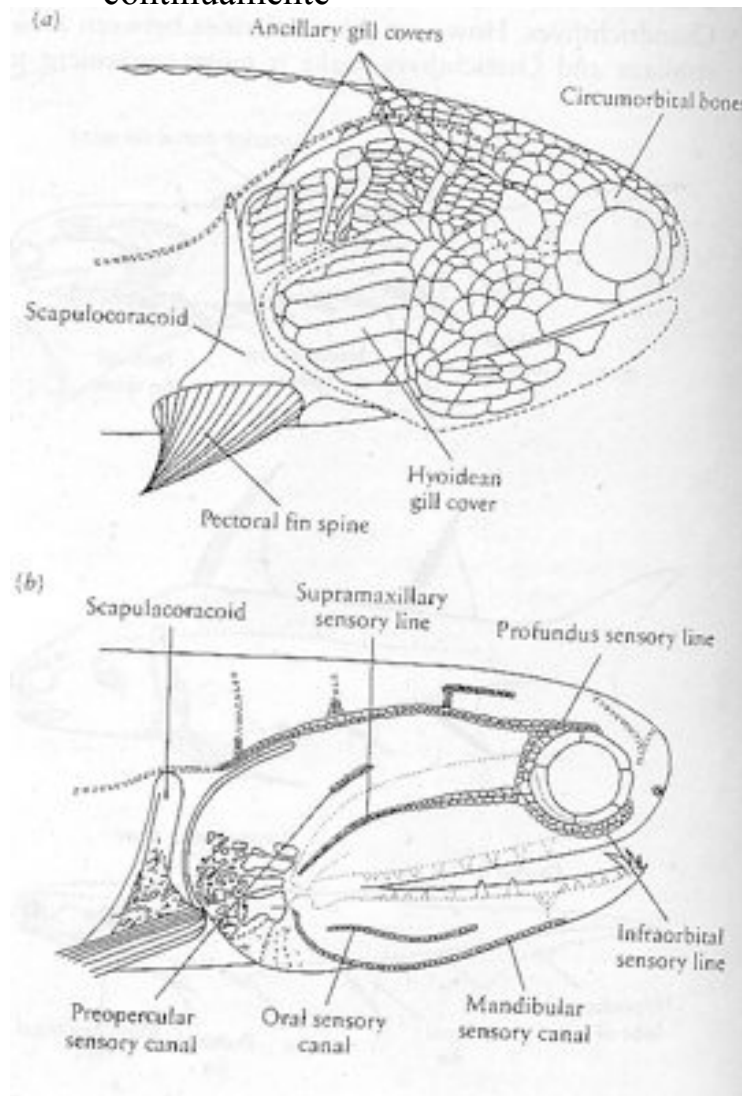


Espina de Acanthodio

Se conocen desde Silúrico hasta fines del Pérmico Inferior.



En Acantodios, la región de las branquias está protegida por enormes escamas. Estas escamas se extienden posteriormente desde el arco hioideo (cubierta branquial hioidea), protegiendo las agallas en la zona inferior. Otras escamas más pequeñas (cubierta de branquial ancillar) las cubren en la región superior. En especies avanzadas agallas hioideas se extienden posteriormente generando un opérculo completo, como en los peces oseos vivientes. Tienen dientes pero a diferencia de los gnathostomos vivientes no tiene esmalte ni se reemplazan continuamente.



Gnathostomados: Chondrichthyes



- Los chondrichthyes presentan el reemplazo de los dientes, a semejanza de los peces óseos y a diferencia de los dientes permanentes de los placodermos y acantodios
- Ausencia de vejiga natatoria
- Hígado altamente lipídico
- Sin coraza
- Esqueleto interno no forma hueso (Osteopatita), solo cartílago, que puede o no hallarse calcificado.
- Hay fecundación interna por cópula. El macho presenta un clasper en las aletas pélvicas que le permite fijarse a la hembra en la cópula.

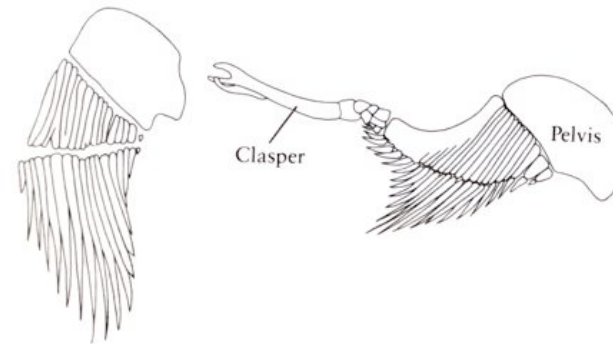
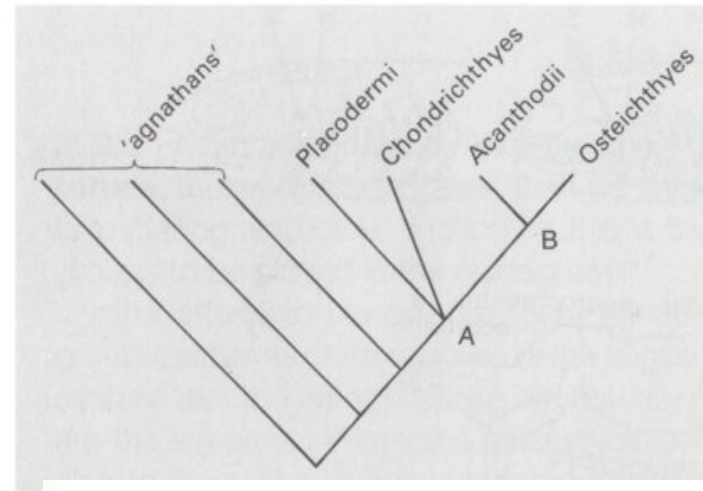


Figure 5-5. PELVIC FINS OF THE SYMMORIIDA, COBELOUDUS. Left, female; right, male showing clasper. From Zangerl and Case, 1976.

Holocephali
“pejegallo” *Chimaera*



Presentan un opérculo que recubre las hendiduras branquiales y piel lisa, sin escamas (a diferencia de elasmobranquios)
 Los Holocephali presentan fusión del palatoc cuadrado con el neurocráneo, y placas de dientes, en relación a su alimentación como trituradores de moluscos .

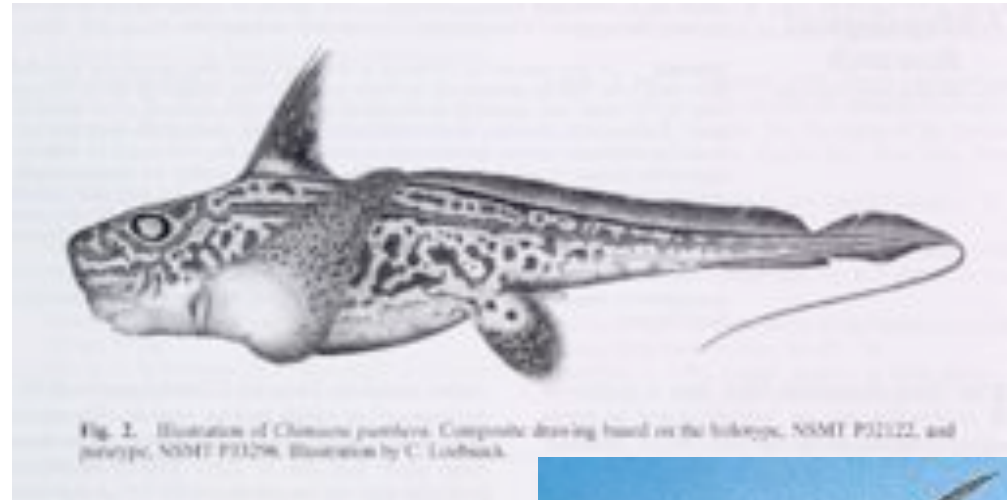
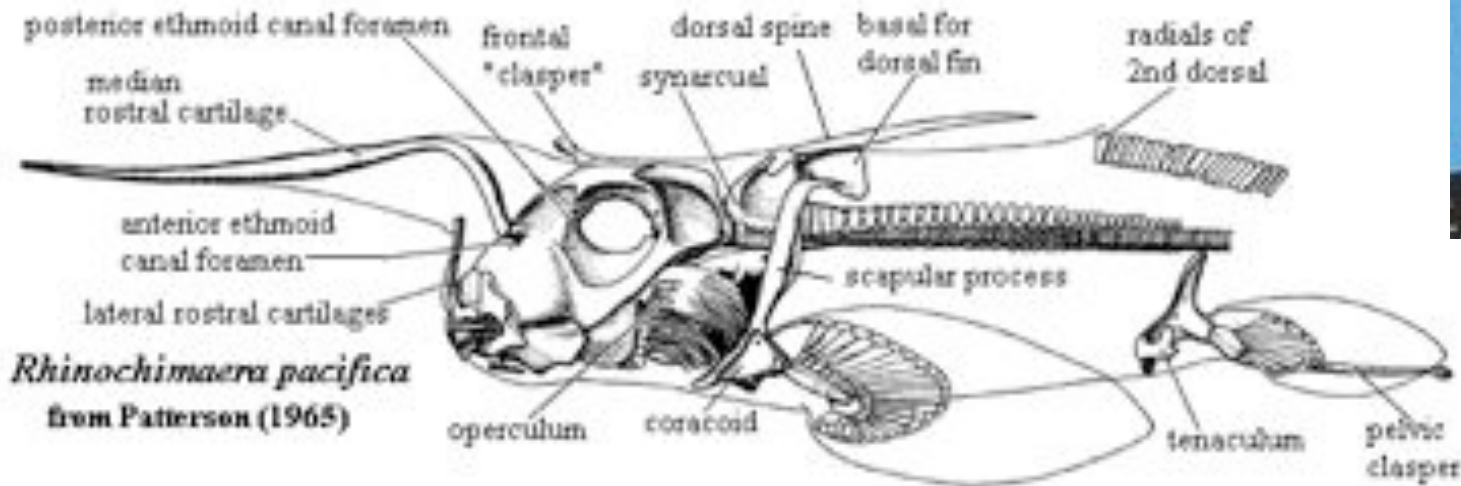
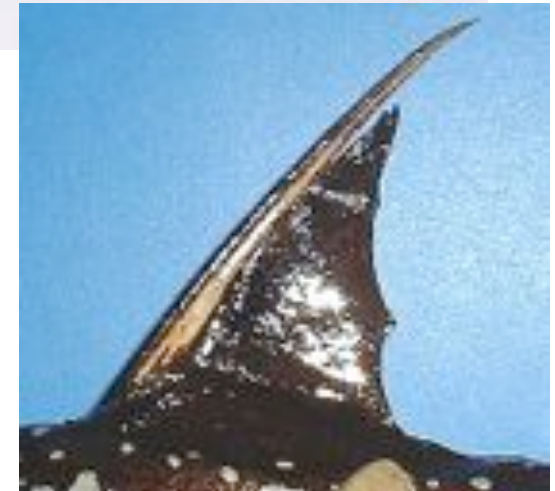


Fig. 2. Illustration of *Chimaera pumilera*. Composite drawing based on the holotype, NSMT P31122, and paratype, NSMT P31296. Illustration by C. Ludbrook.



Espina de la aleta dorsal con glándula de veneno

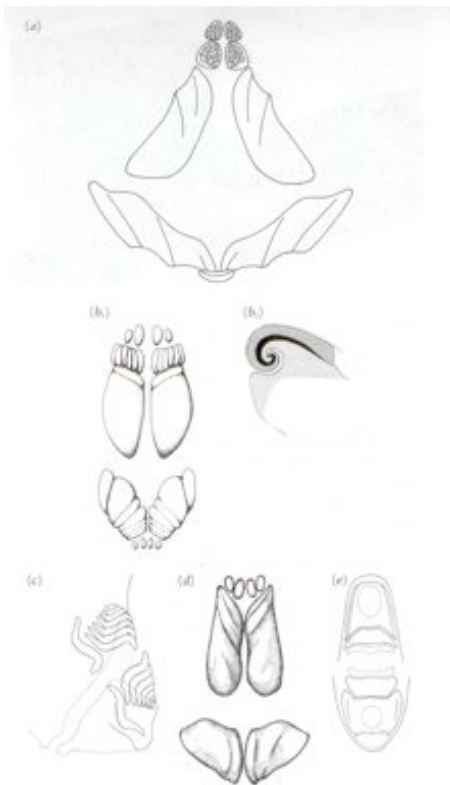


Figure 5-19. DENTITION OF CHIMAEROIDS AND "BRADYODONTS." (a) The Jurassic chimaeroid *Myriacanthus*, upper and lower dentition, symphyseal plate of lower jaw links mandibular plates, $\times 1$. Seen as if looking directly into an open mouth. From Patterson, 1965. (b) Upper and lower dentition of *Cochlosodus*. (b₂) Section shows curling of margin of plate associated with continuous growth, $\times 1$. From Patterson, 1968. (c) *Jamassa*, a petalodont, anterior dentition in vertical section. From Zangerl, 1981. (d) *Deltopsychiax*, a Lower Carboniferous menaspoid, $\times 1$. From Patterson, 1965. (e) *Copodus*, possible reconstruction of the symphyseal dentition, $\times 1$. From Zangerl, 1981.

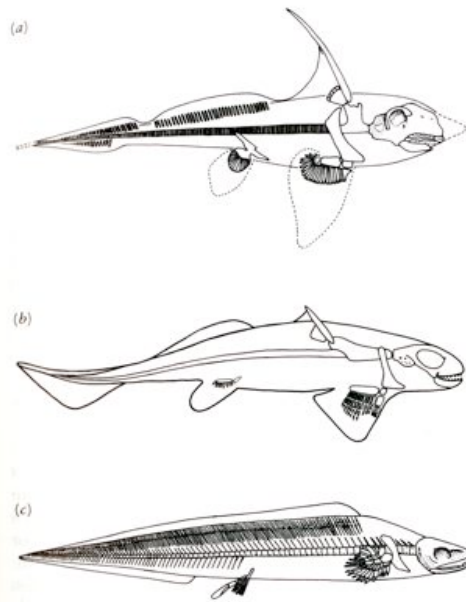


Figure 5-18. HOLOCEPHALIANS. (a) The chimaeroid *Ischyrodus*, from the Middle Jurassic, $\times 1$. From Patterson, 1965. (b) *Helodus*, Upper Carboniferous, $\times 1$. From Moy-Thomas and Miles, 1971. (c) *Chondrenchelys*, Lower Carboniferous, $\times 1$. From Moy-Thomas and Miles, 1971. (b and c). By permission from Chapman and Hall, Ltd.

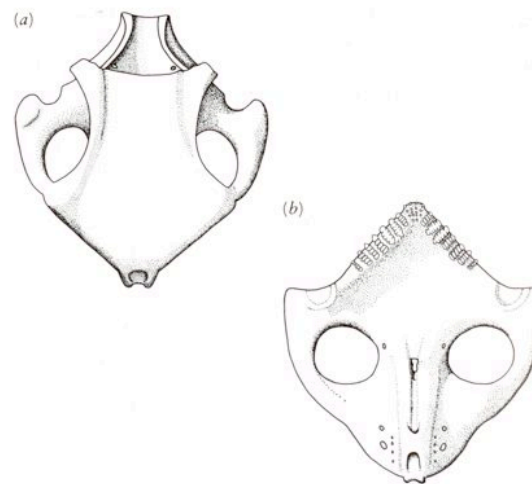


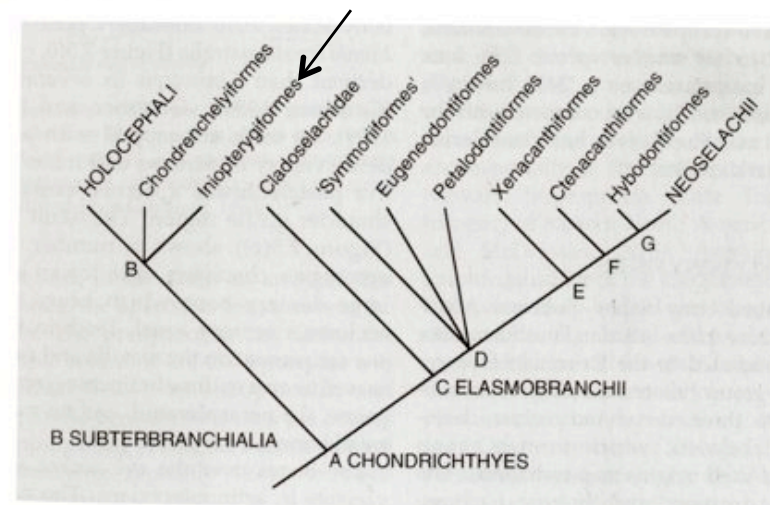
Figure 5-21. NEUROCRANIUM OF *HELODUS*, A POSSIBLE RELATIVE OF THE CHIMAEROIDS FROM THE UPPER CARBONIFEROUS. (a) Dorsal view. (b) Ventral view, $\times 1$. Marginal teeth resemble those of sharks, but tooth families are in the process of fusion. From Moy-Thomas and Miles, 1971. By permission from Chapman and Hall, Ltd.

Iniopterygia: Formas fósiles más cercanas a Holocephali que a Elasmobranchi

Iniopteryx



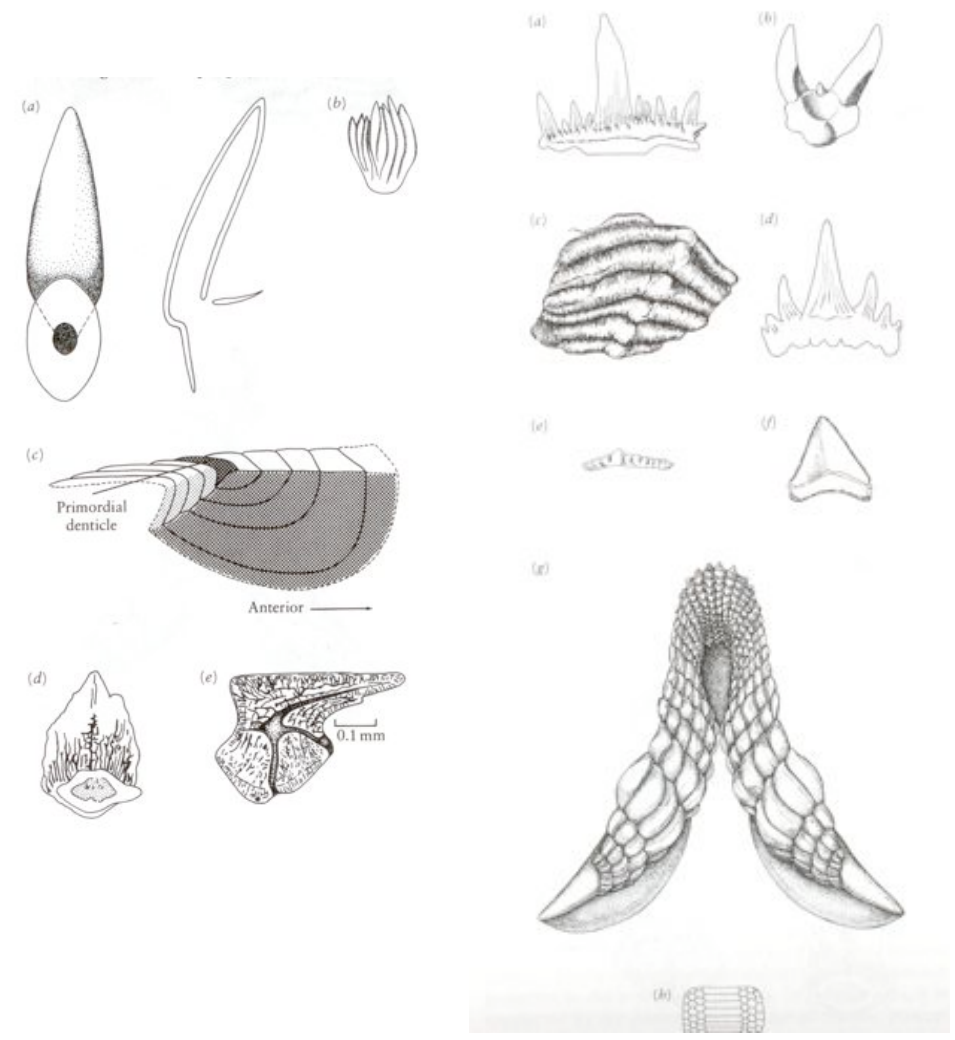
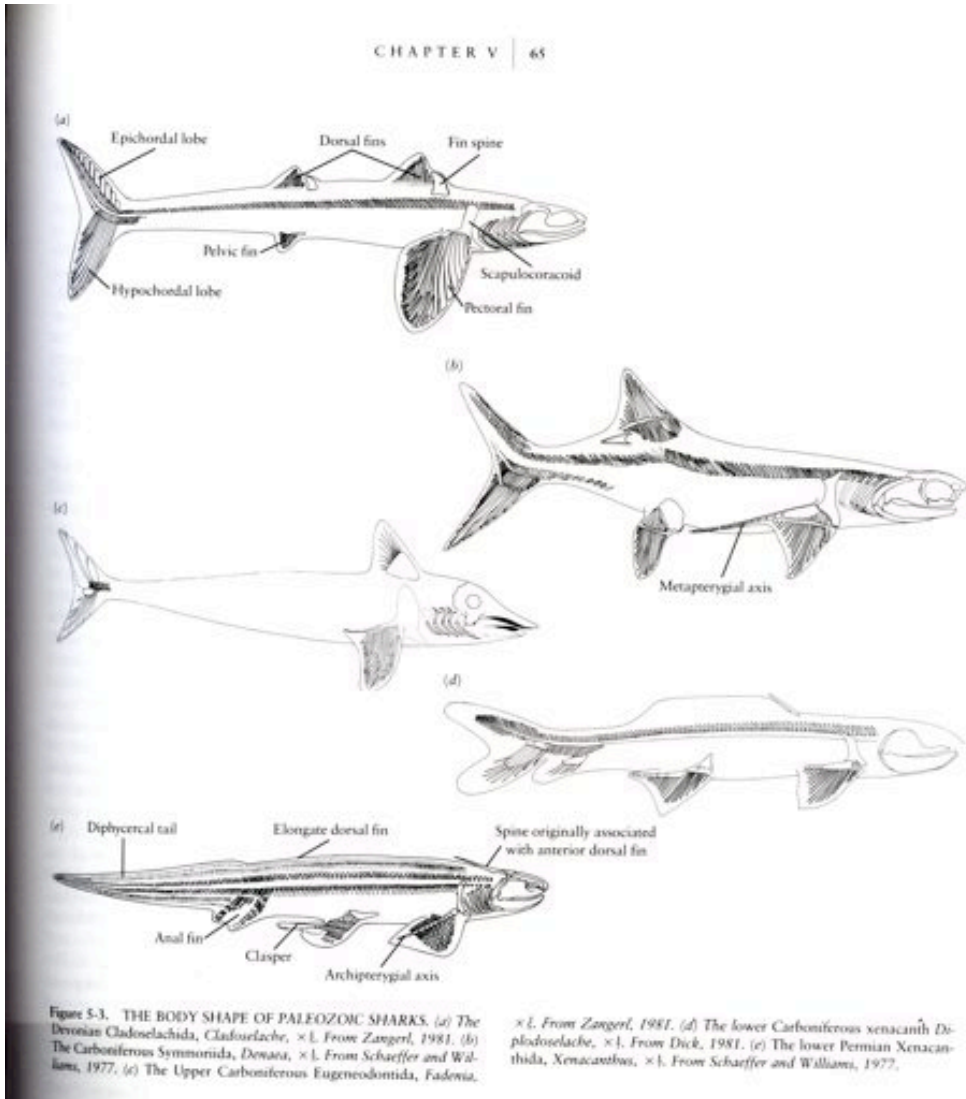
Primer rayo de la aleta pectoral es muy grande en los machos y lleva ganchitos



Cladogram showing postulated relationships of cartilaginous fishes, based mainly on Gaudin (1991), with some information from Maisey (1986). Synapomorphies: A CHONDRICHTHYES, prismatically calcified cartilage, placoid scales, replacement tooth rows, basipterygial pelvic claspers, metapterygial articulation not the primary shoulder articulation, pectoral metapterygial axis parallel to body axis, occipital condyles; B SUBTERBRANCHIALIA, pelvic metapterygium which spans the entire fin base; C ELASMOBRANCHII, hypochordal (lower) lobe of caudal fin large; D, large pectoral metapterygial axis, single fin spine; E, braincase with elongated otic region, anal fin, tribasal pectoral fin (metapterygium, mesopterygium, propterygium); F, two dorsal fin spines, fin spines with pectinate ornament, deeply inserted fin spines; G, palatoquadrates fused at the symphysis, calcified ribs, pelvic metapterygium articulates with all or all but first radials.

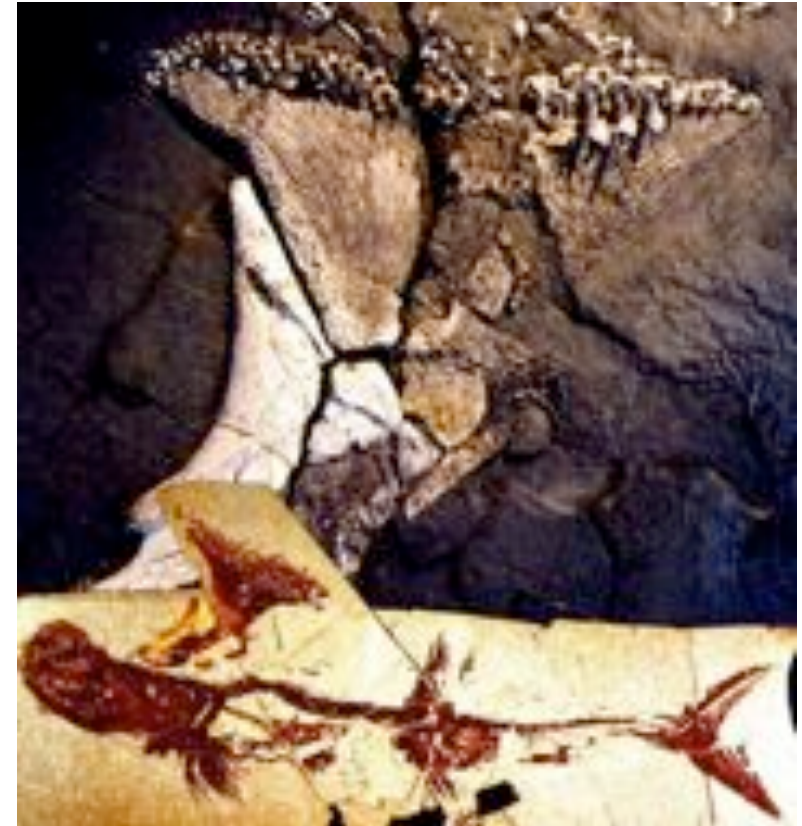
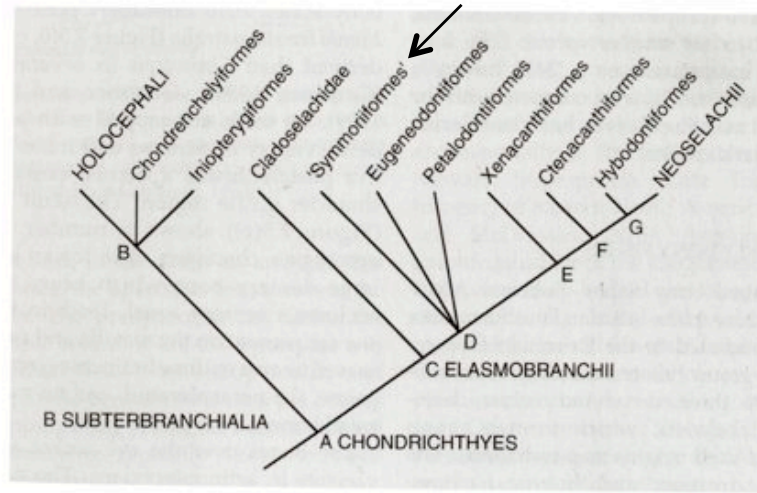
Elasmobranchi

Poseen denticulos en la piel. Las hendiduras branquiales están expuestas (no hay ópculo)

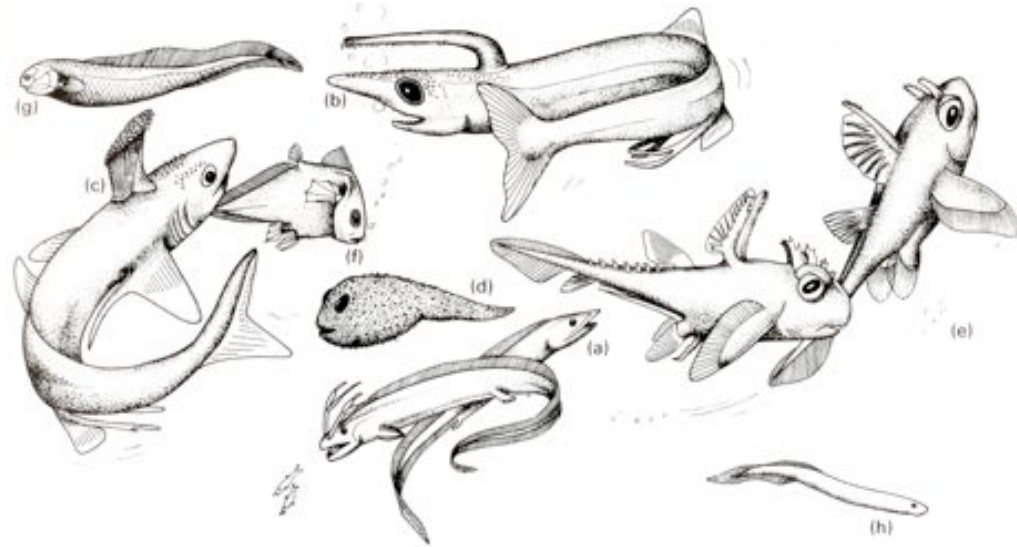


Una espina grande en la aleta dorsal tambien esta presente en muchos elasmobranquios

Elasmobranchios basales



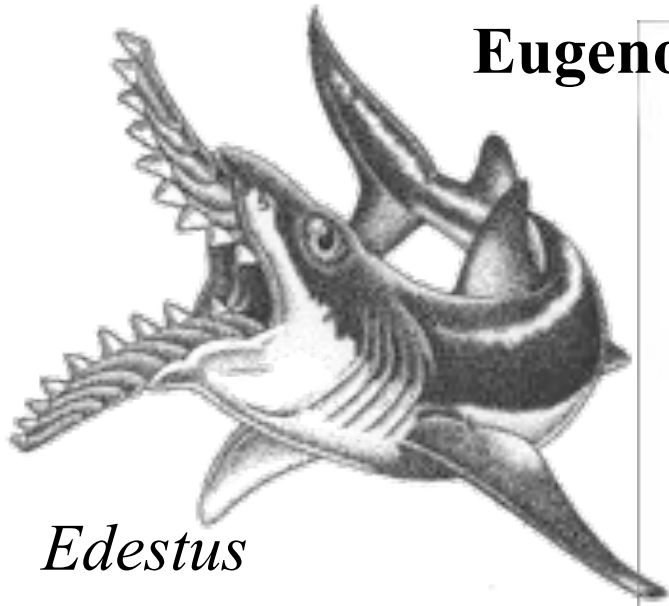
Stethacanthus (symmoriiformes)



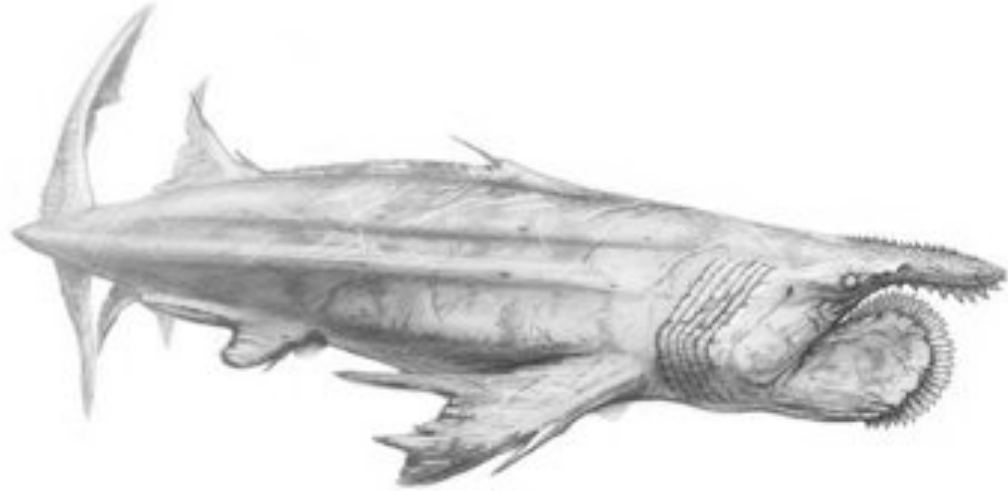
! The world of (a–e) sharks and chimaeras and (f–h) other fishes, in the mid-Carboniferous Bear Gulch Limestone of Montana, USA: (a) the chondrenchelyiform Harpagofutator; (b) the symmoriid Falcatus; (c) the symmoriid Stethacanthus; (d) the holocephalan Delphyodontos; (e) the holocephalan Echinochimaera; (f) the coelacanth Allenypterus; (g) the actinopterygian Paratarassius; (h) the lamprey Hardistiella. (After Janvier, 1985.)



Eugenodontida

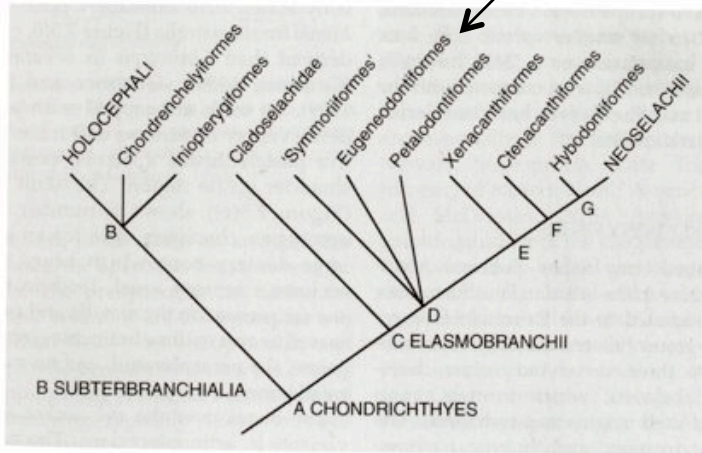


Edestus



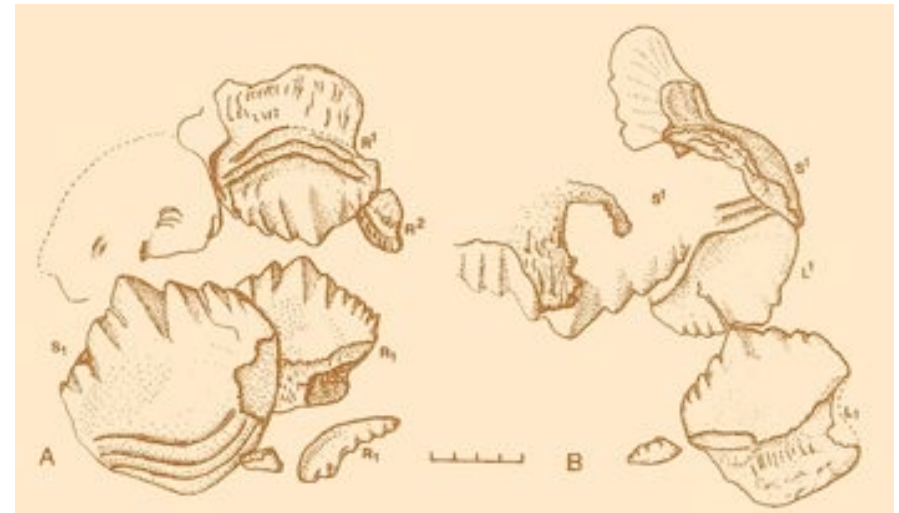
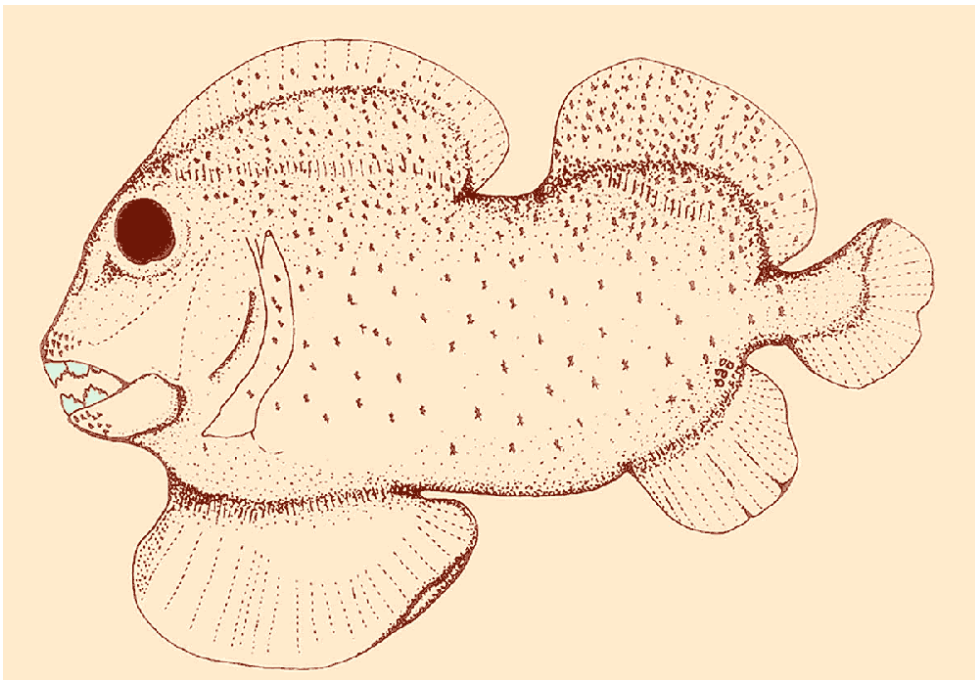
Helicoprion

Copyright Todd Marshall 2002

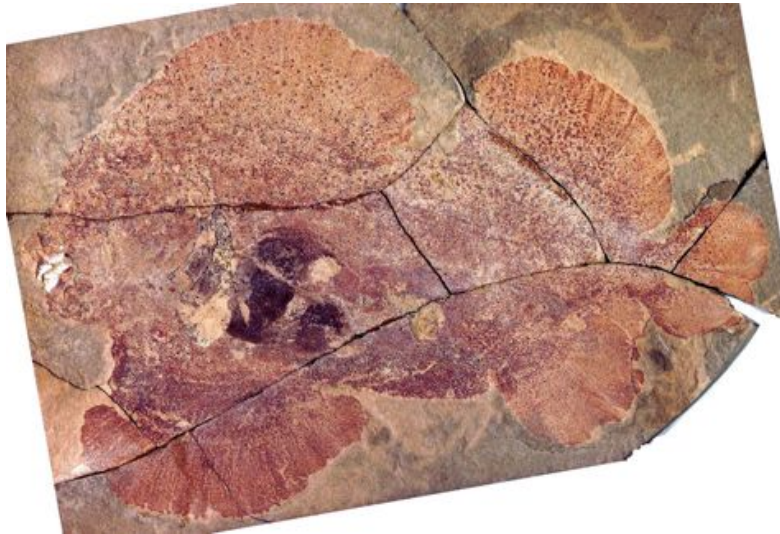


Cladogram showing postulated relationships of cartilaginous fishes, based mainly on Gaudin (1991), with some information from Maisey (1986). Synapomorphies: A CHONDRICHTHYES, prismatically calcified cartilage, placoid scales, replacement tooth rows, basipterygial pelvic claspers, metapterygial articulation not the primary shoulder articulation, pectoral metapterygial axis parallel to body axis, occipital condyles; B SUBTERBRANCHIALIA, pelvic metapterygium which spans the entire fin base; C ELASMOBRANCHII, hypochordal (lower) lobe of caudal fin large; D, large pectoral metapterygial axis, single fin spine; E, braincase with elongated otic region, anal fin, tribasal pectoral fin (metapterygium, mesopterygium, propterygium); F, two dorsal fin spines, fin spines with pectinate ornament, deeply inserted fin spines; G, palatoquadrate fused at the symphysis, calcified ribs, pelvic metapterygium articulates with all or all but first radials.

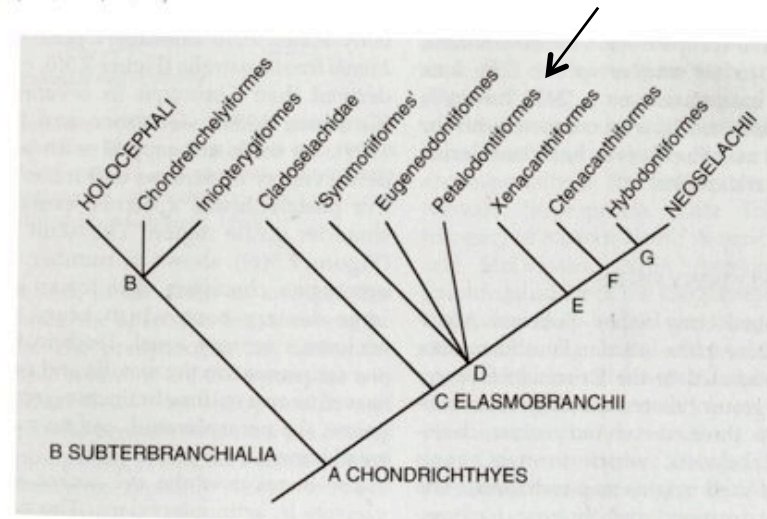




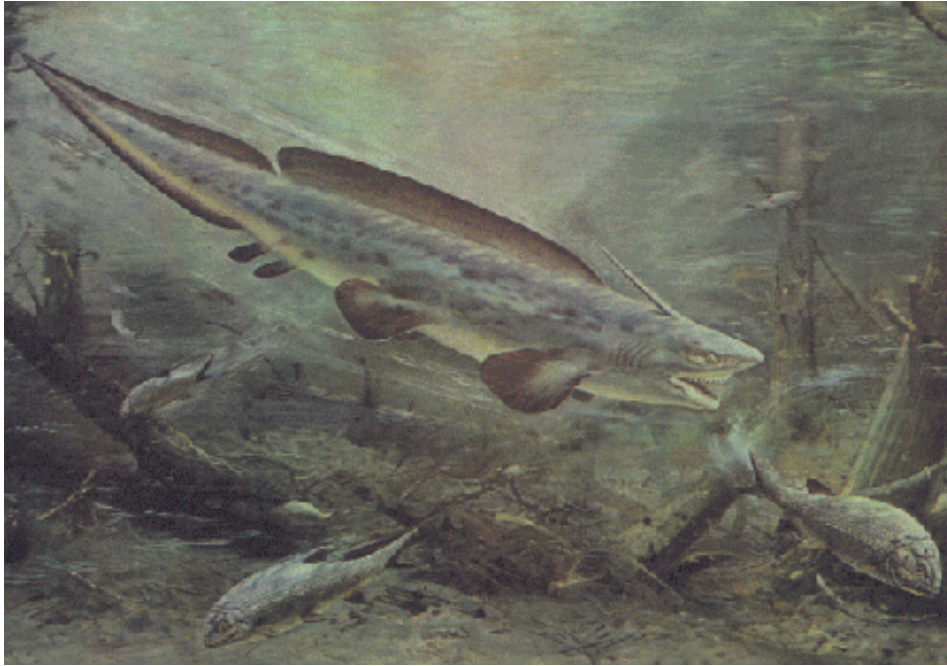
Petalodontidae



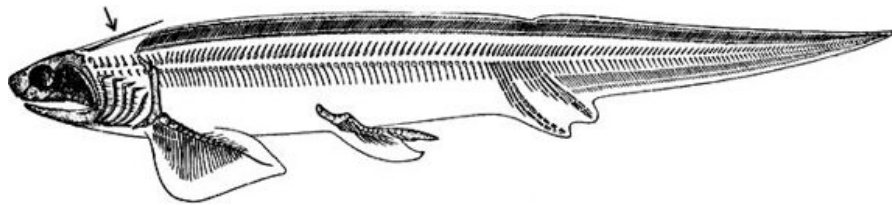
Belantsea



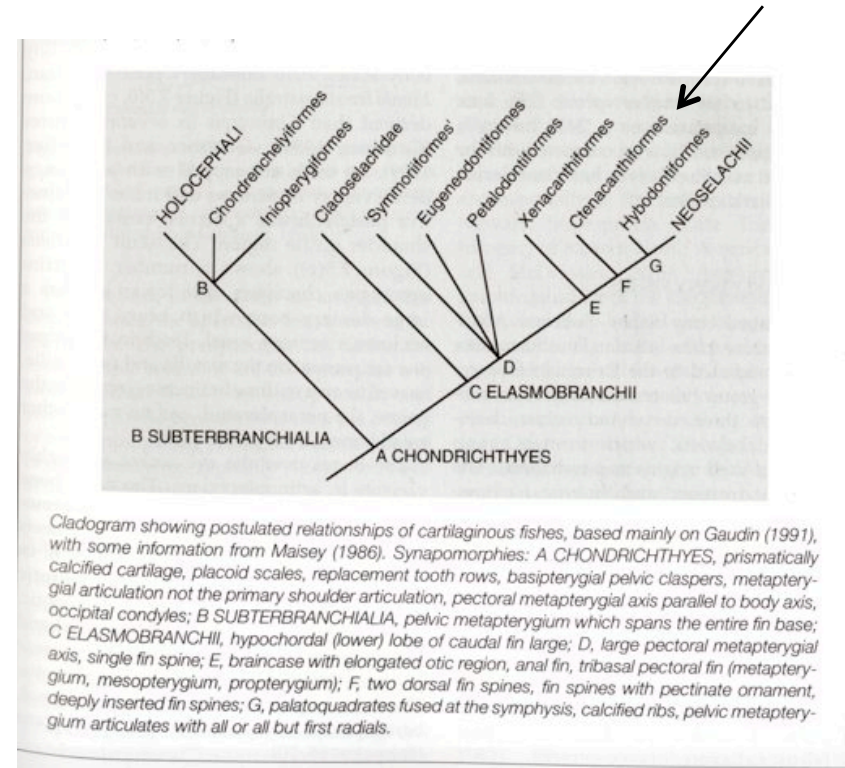
Cladogram showing postulated relationships of cartilaginous fishes, based mainly on Gaudin (1991), with some information from Maisey (1986). Synapomorphies: A CHONDRICHTHYES, prismatically calcified cartilage, placoid scales, replacement tooth rows, basipterygial pelvic claspers, metapterygial articulation not the primary shoulder articulation, pectoral metapterygial axis parallel to body axis, occipital condyles; B SUBTERBRANCHIALIA, pelvic metapterygium which spans the entire fin base; C ELASMOBRANCHII, hypochordal (lower) lobe of caudal fin large; D, large pectoral metapterygial axis, single fin spine; E, braincase with elongated otic region, anal fin, tribasal pectoral fin (metapterygium, mesopterygium, propterygium); F, two dorsal fin spines, fin spines with pectinate ornament, deeply inserted fin spines; G, palatoquadrate fused at the symphysis, calcified ribs, pelvic metapterygium articulates with all or all but first radials.



Xenacanthidae



Xenacanthus



Los Ctenacanthidae dieron origen a los tiburones y rayas actuales (Neoselachi)

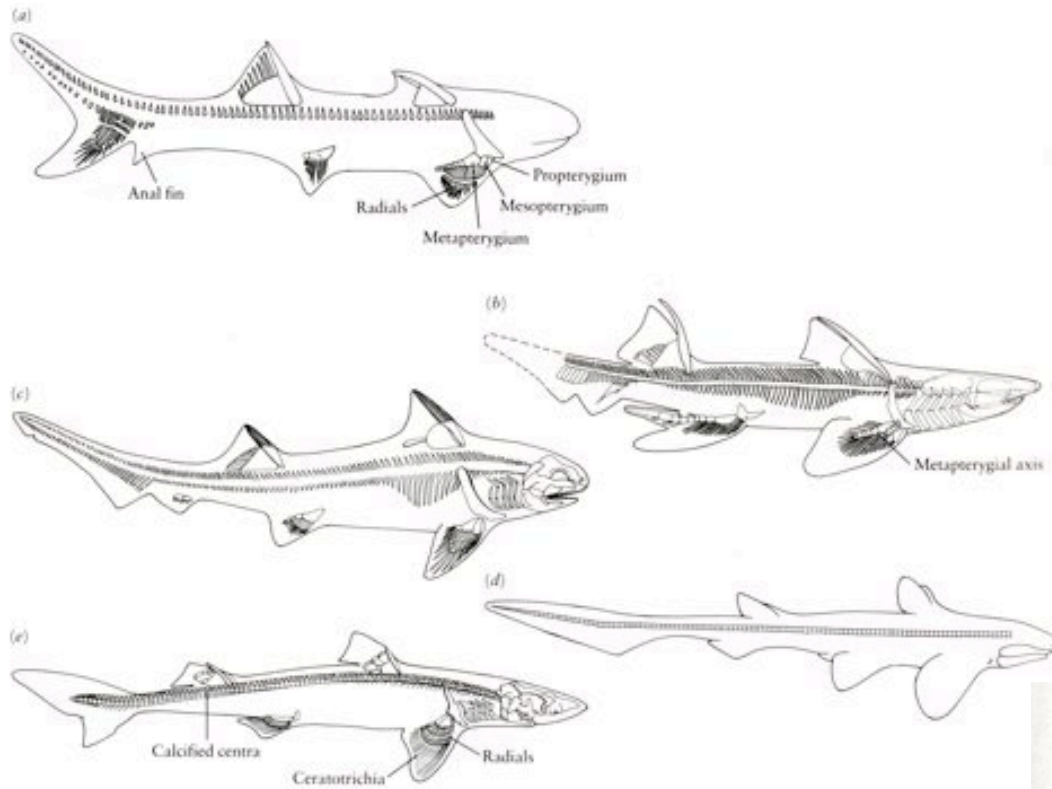


Figure 5-11. CTENACANTHIDA AND NEOSELACHIAN SHARKS. (a) *Ctenacanthus*, $\times 1$. From Schaeffer and Williams, 1977. (b) The Lower Mississippian hybodont *Tristychius*, $\times 1$. From Dick, 1978. (c) The Mesozoic hybodont *Hybodus*, $\times 1$. From Schaeffer and Williams, 1977. (d) The Lower Jurassic neoselachian *Palaeospinax*, $\times 1$. From Schaeffer and Williams, 1977. (e) The modern squaloid shark *Squalus*, $\times 1$. From Schaeffer and Williams, 1977.

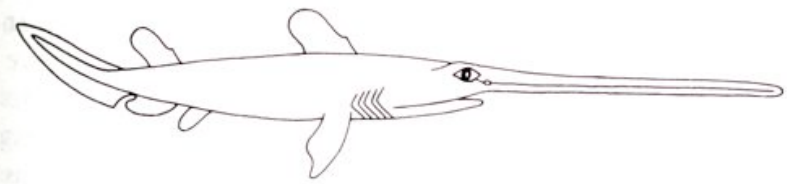
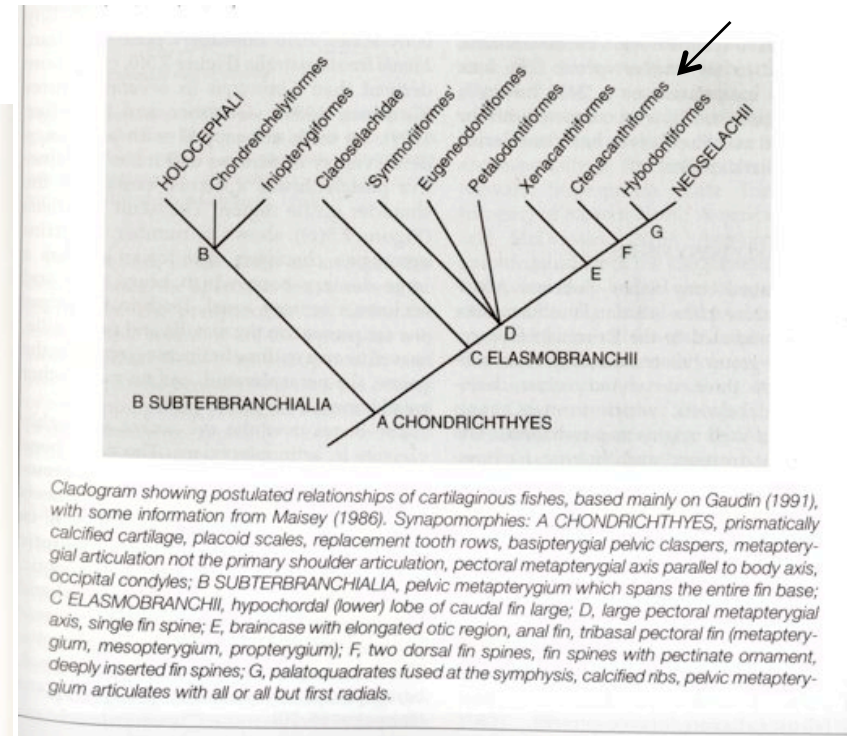


Figure 5-12. THE UPPER CARBONIFEROUS CTENACANTH BANDRINGA, $\times \frac{1}{2}$. It is known both from freshwater and marine deposits. From Baird, 1978. Courtesy of the Library Services Department, American Museum of Natural History.

Neoselachia

Los Neoselachia se diferencian de otros elasmobranchi por la capacidad de movimiento del Palatoc cuadrado

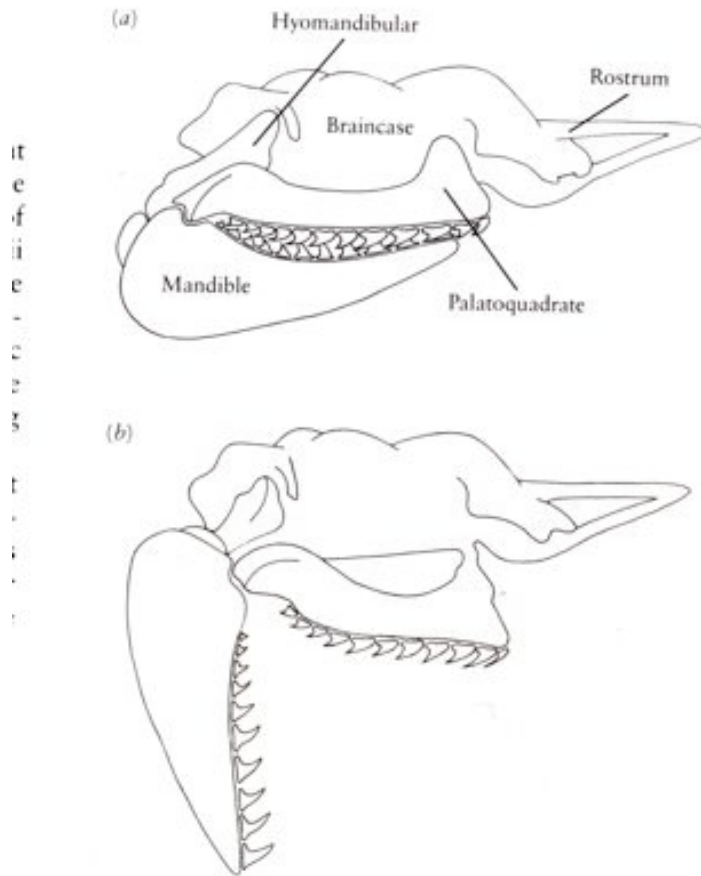
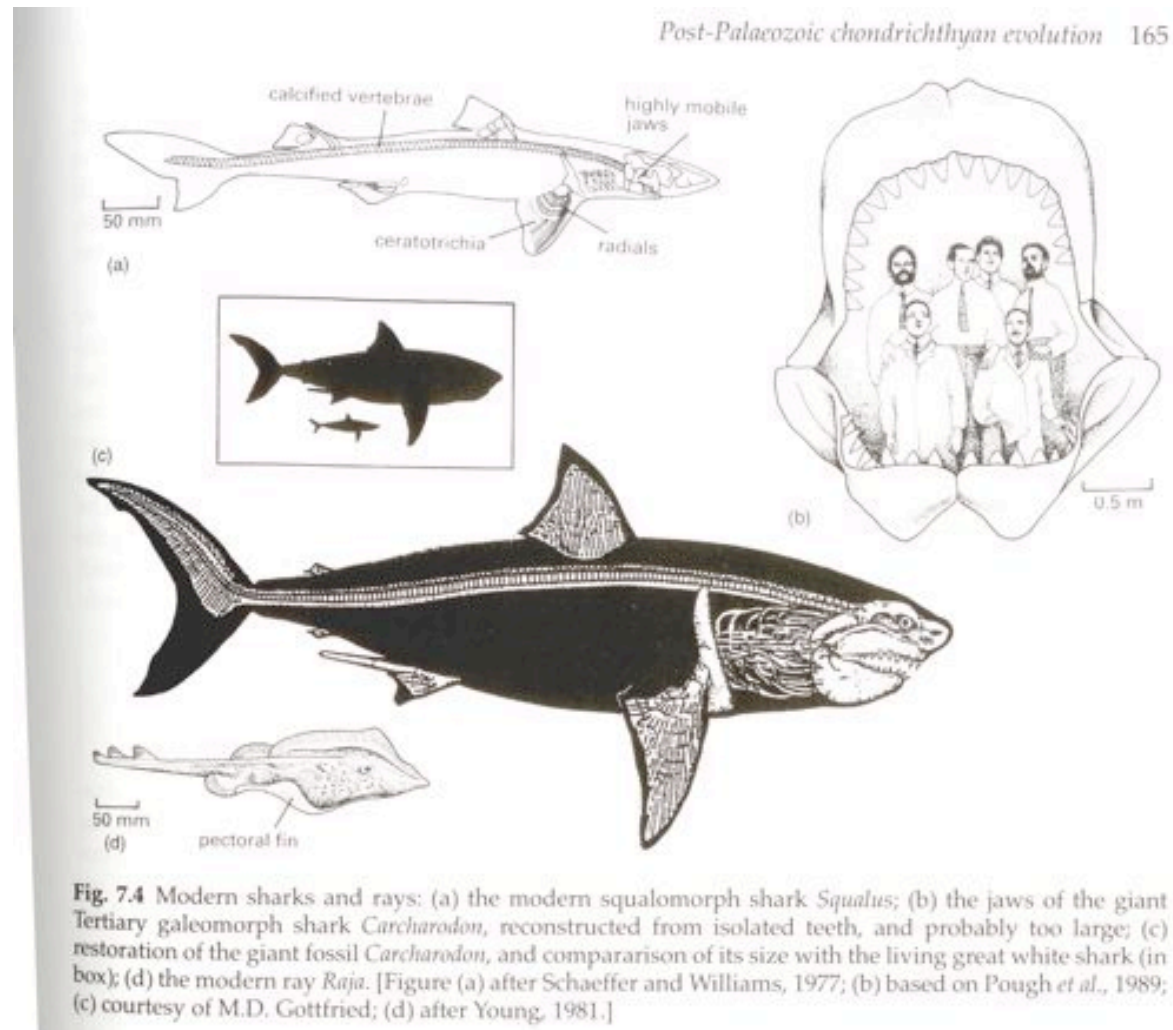


Figure 5-14. BRAINCASE AND JAWS OF THE MODERN SHARK *CARCHARHINUS*. Diagram showing movement of the palatoquadrate during feeding. The distal end of the hyoid and the posterior end of both jaws move laterally as the jaw is opened. From Moss, 1972. By permission of the Zoological Society of London.

Los neoselachi más antiguos datan del jurásico pero pueden haber aparecido tan temprano como el carbonífero temprano

Los Neoselachia actuales se dividen en los tiburones Galeomorfos, los tiburones Squalomorfos, y los Batoidea (rayas). Las rayas pueden ser más cercanas a los tiburones Squalomorfa, o bien los Tiburones son más cercanos entre sí que con las rayas.
 Los tiburones retienen un estilo de vida más parecido al de los primeros Elasmobranquios



Squalomorpha: Todos los Neoselachii más cercanos al “toyo” *Squalus* que al tiburón blanco *Carcharodon*. Un par de aperturas branquiales, llamadas espiráculos, se ubican detrás de los ojos



Squalus

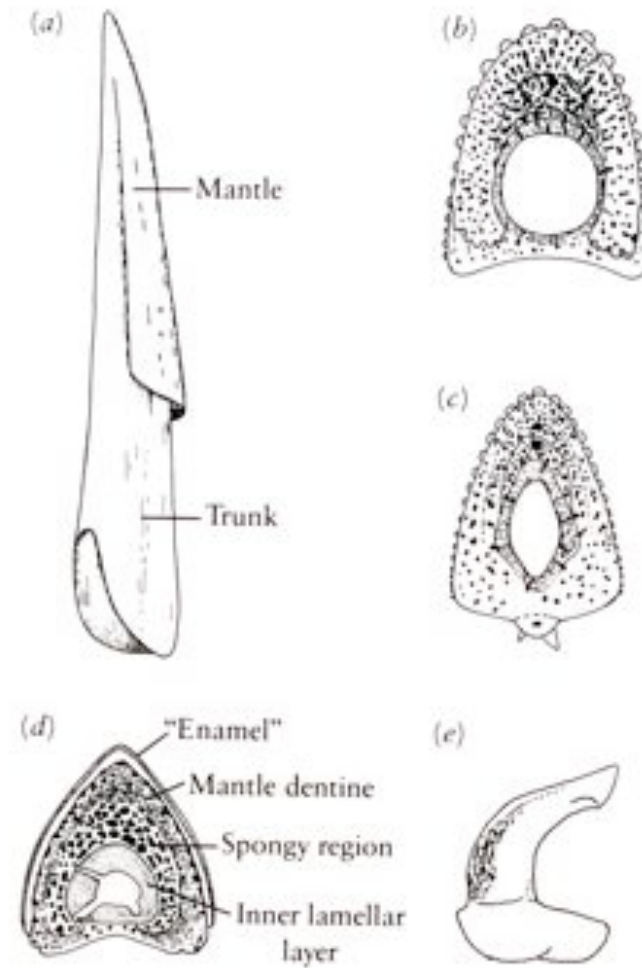


Figure 5-13. (a) Fin spine of *Squalus* showing mantle and trunk portions. After Zangerl, 1981. (b–d) Diagrammatic transverse sections of the fin spines of (b) ctenacanth, (c) hybodont, (d) *Palaeospinax*. From Maisey, 1977. With permission from the Zoological Journal of the Linnean Society. Copyright 1977 by the Linnean Society of London. (e) Head spine of a hybodont shark. From Maisey, 1982.

Squalomorpha

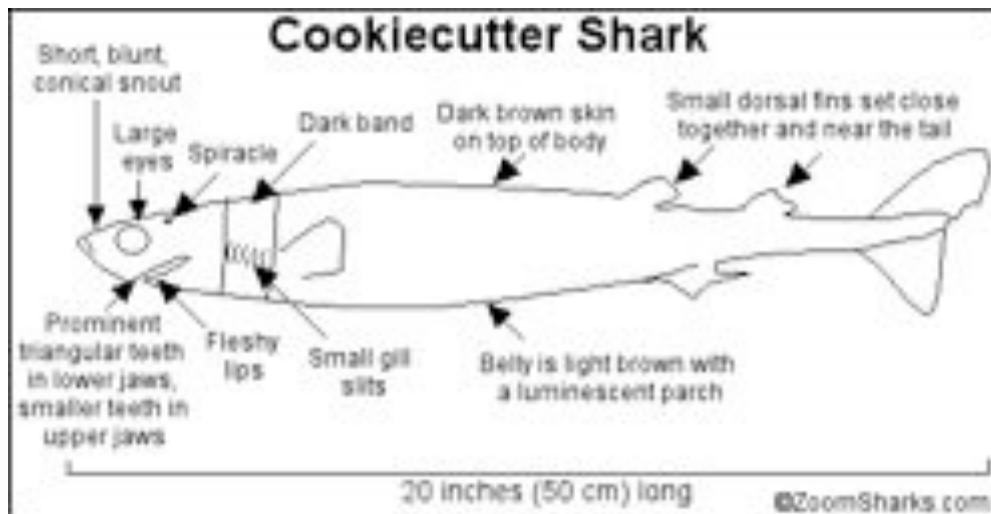
Squaliformes

Isistius





Corta-succiona pequeños trozos del cuerpo de cetáceos





Squalomorpha

Hexanchoidea

Sin aleta dorsal, de
aguas profundas

Heptanchias



Squalomorpha

Pristiophoridae

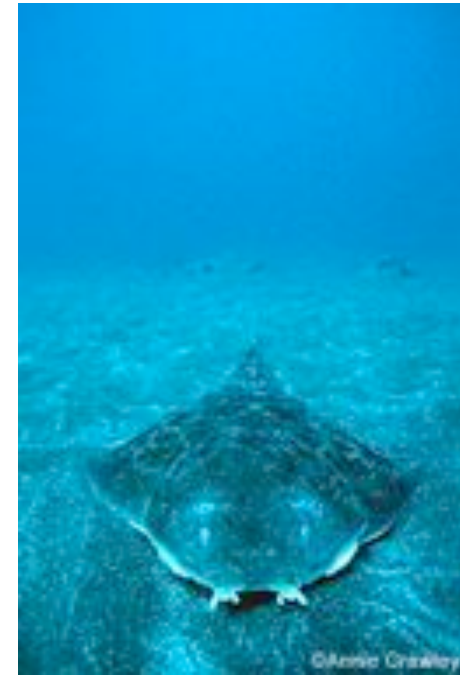
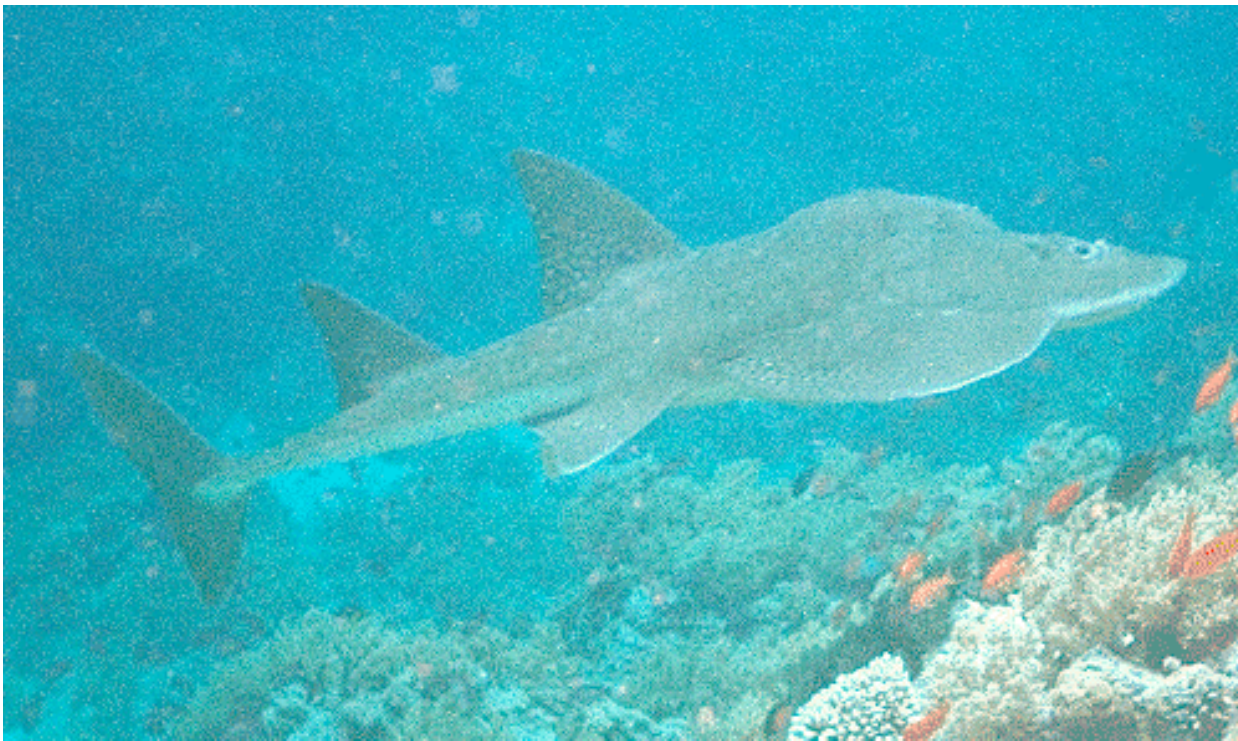


Pliotrema



Pristiophorus





Squalomorpha :
Squatiniformes

Squatina



Batoidea:
son Squalomorpha?

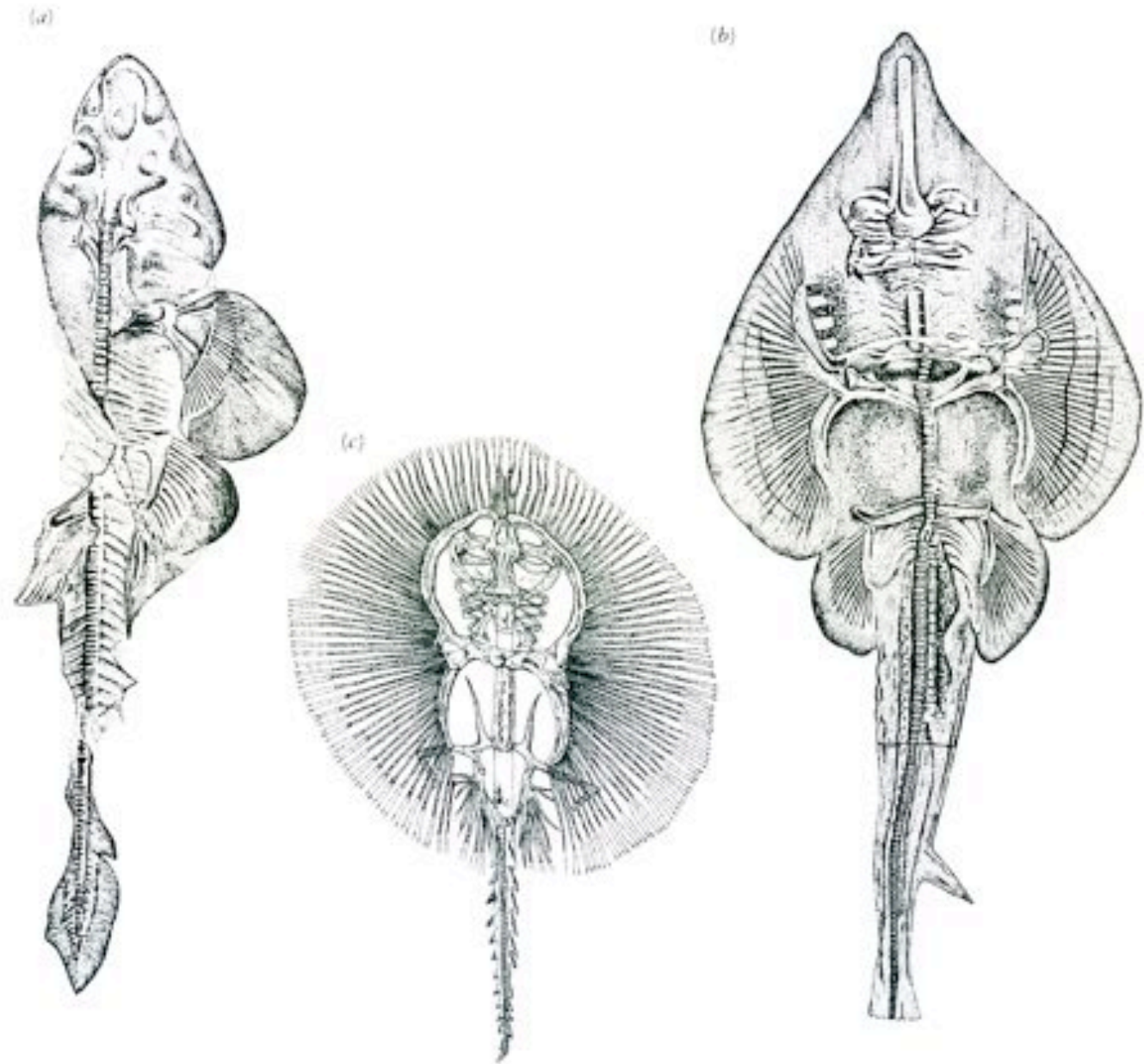
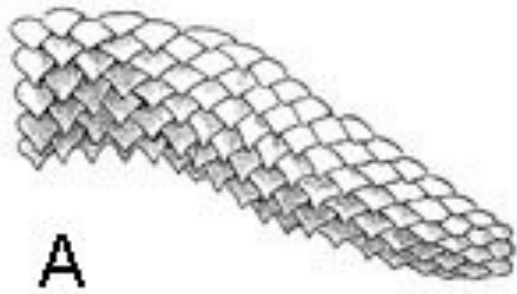


Figure 5-16. MESOZOIC BATOIDS. (a) *Protospinax*, from the Upper Jurassic, $\times 1$. *Spatrobatis*, Upper Jurassic, $\times 1$. (c) *Cyclobatis*, Upper Cretaceous, $\times 1$. From de Saint-Seme, Devillers, and Blot, 1969.



A



B

Poseen placas de dientes



courtesy NMFS



Poseen una espina en la aleta caudal





Existen batoideos cuyo rostro es convergente al de los pristiophoridae

Batoidea

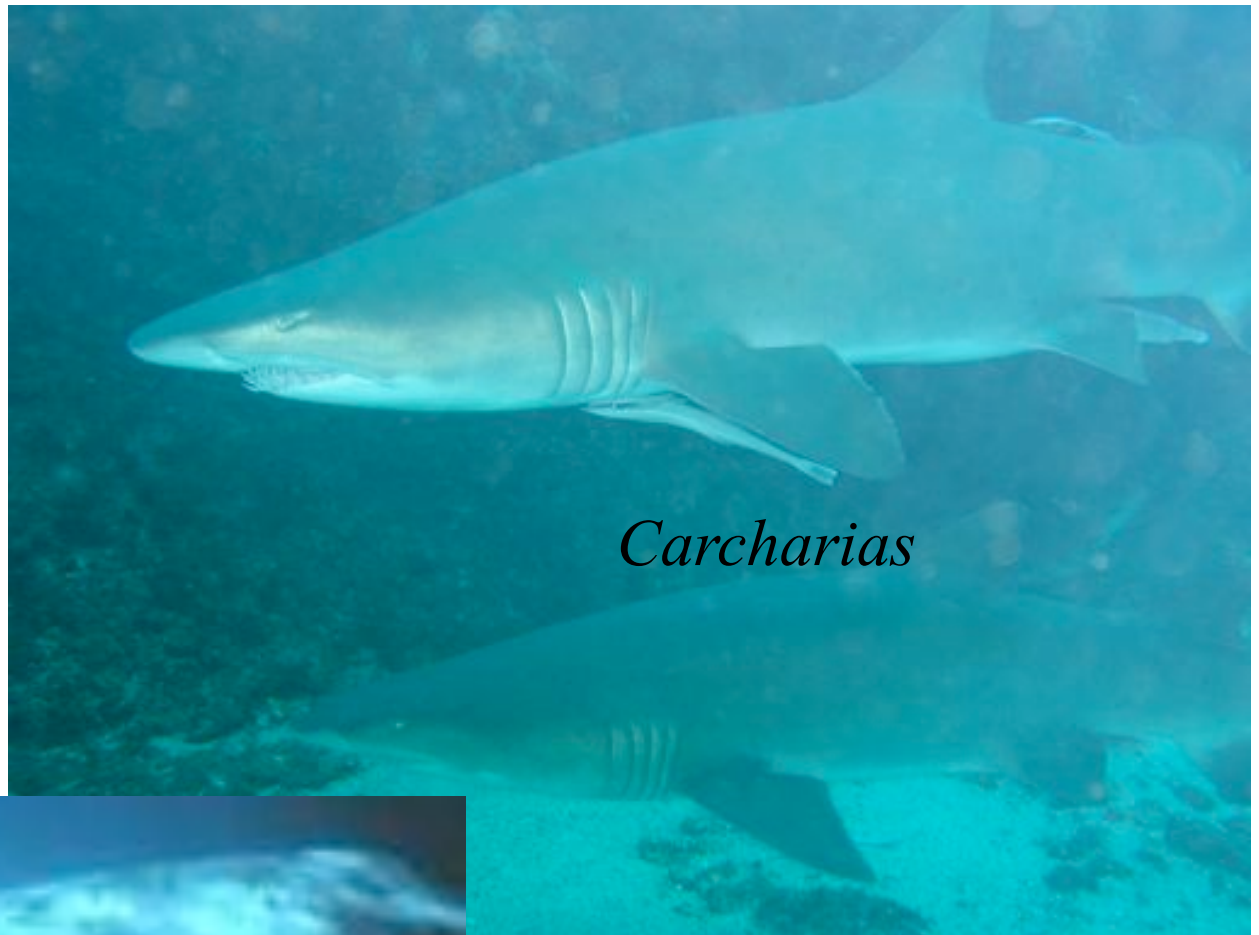
Pristidae

Anoxypristis



Galeomorpha:
Aquellos Neoselachi
más cercanos al
tiburón blanco
Carcharodon que a
Squalus.

Compuesto por
Lamniformes +
Carcharhiniformes

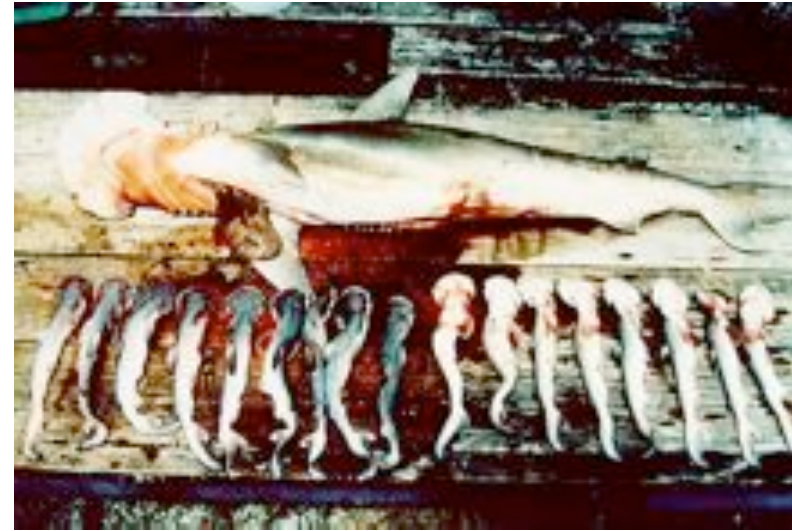
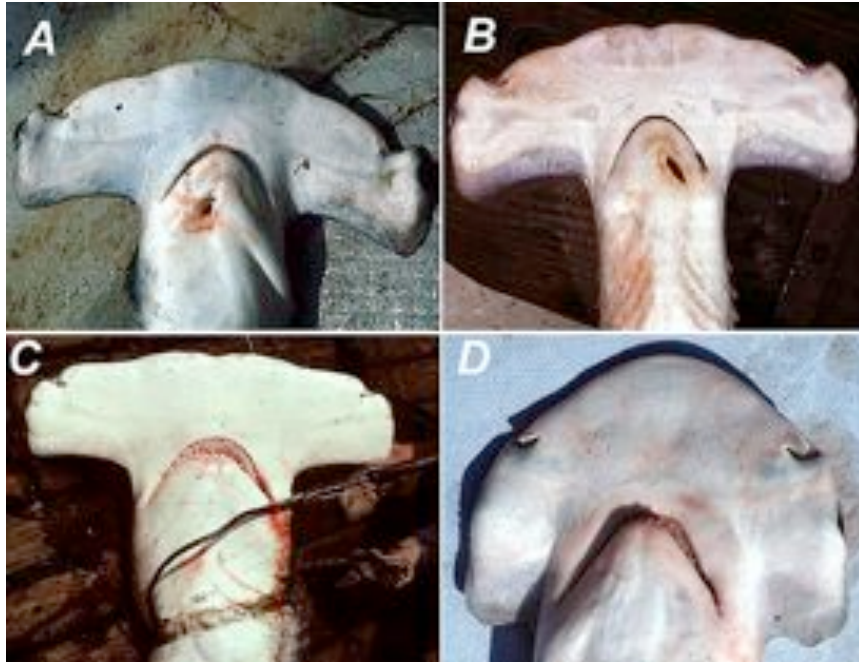


Carcharias



Carcharodon

Lamniformes



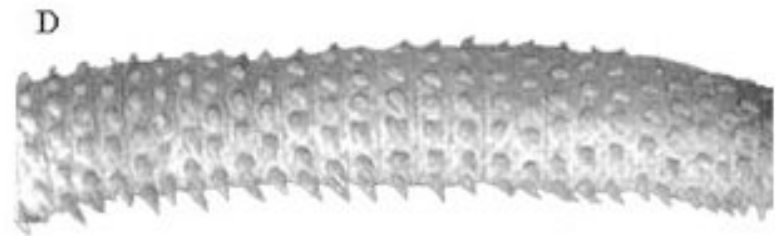
Carcharhiniformes (vivíparos)





Lamniformes

Cetorhinus



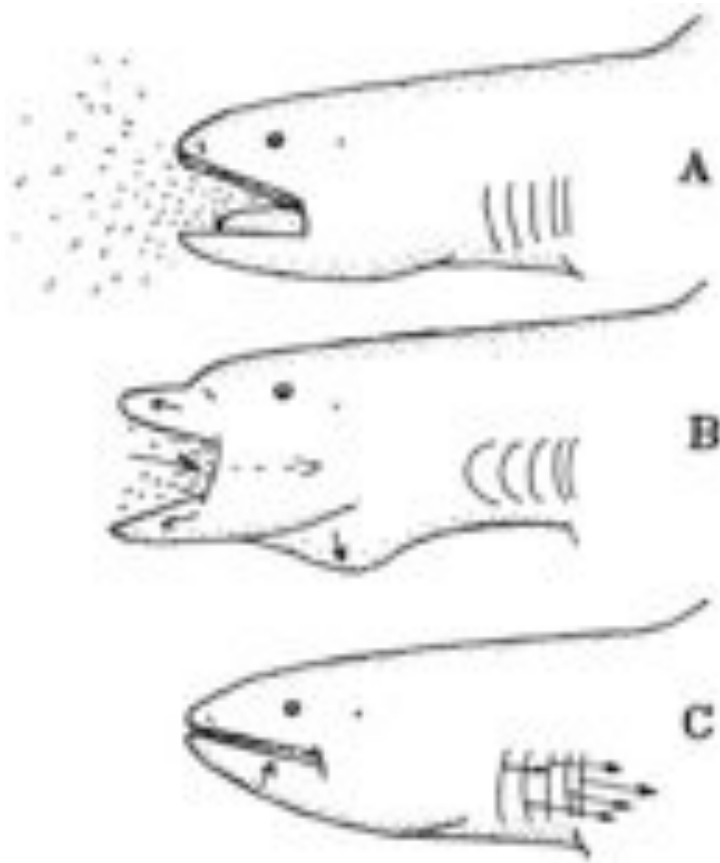
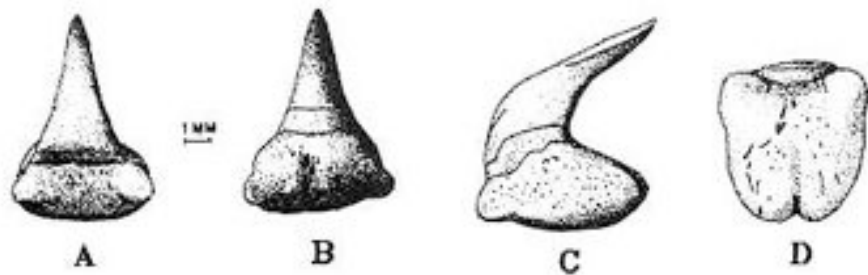


Lamniformes

Megachasma



Photo by José I. Castro®

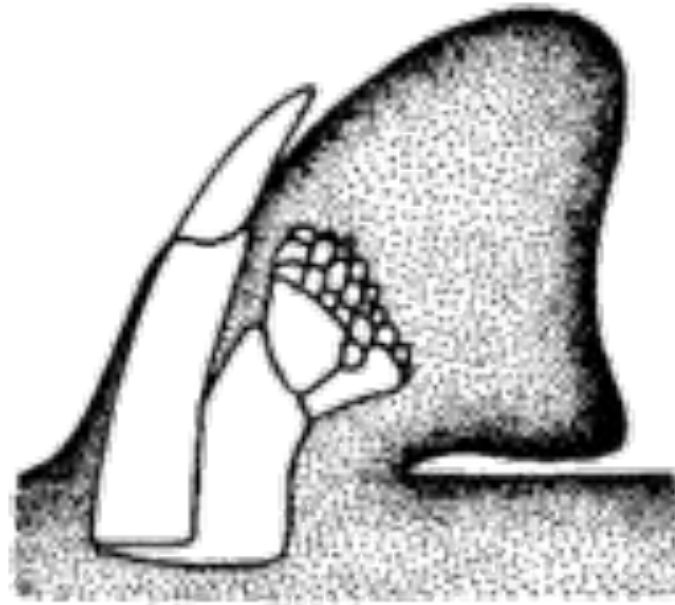


Megachasma palagios
 September 1995, Brazil
 Marine Museum, São Vicente
 Photo: Otto B. F. Gerdig

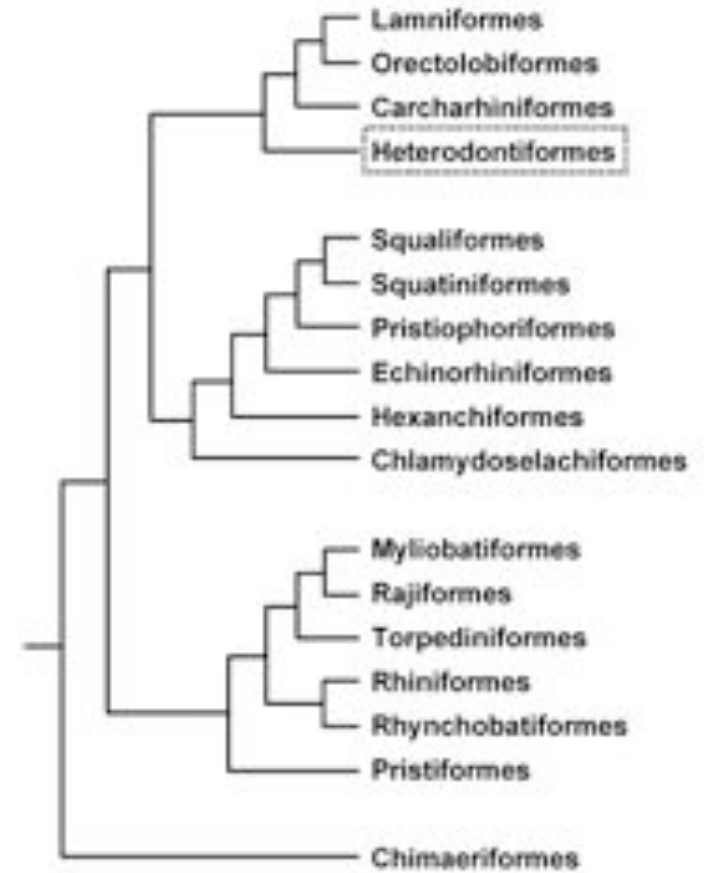
The megamouth shark, a deep-water plankton feeder.
 Discovered in the 1980s; has been seen fewer than 20 times

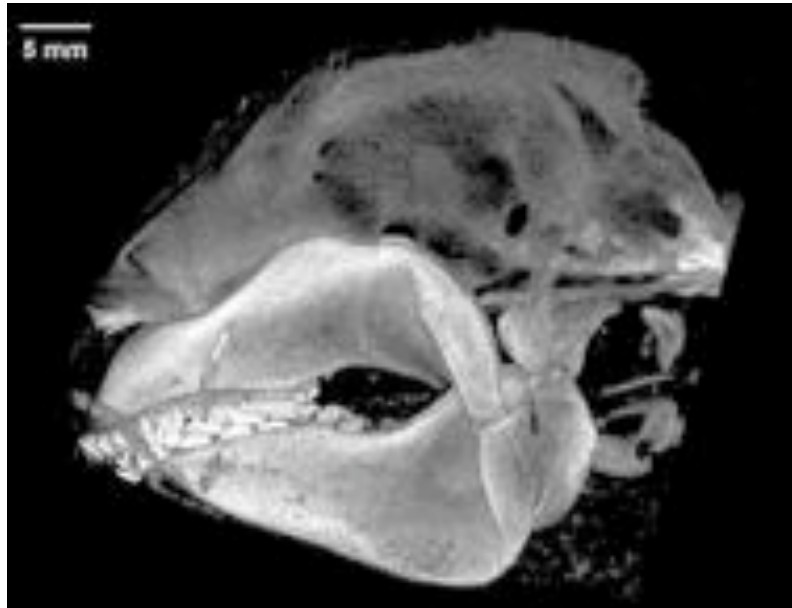
Galeomorpha

Heterodontiformes



Heterodontus





Galeomorpha
Orectolobiformes



Orectolobus



Rhincodon



Peces óseos: Actinopterygii y Sarcopterygia

Los osteictios o peces óseos se caracterizan por tener un endoesqueleto osificado y la presencia de una vejiga natatoria ó pulmones. Se conocen escamas del silúrico

La vejiga natatoria regula por densidad la posición vertical en una columna de agua. Son bolsillos que comunican con la faringe, homólogos a nuestros pulmones.

Existen dos grupos principales de osteictios, frecuentes en aguas marinas y continentales desde el devónico temprano:

Los actinopterygios (peces con aleta de rayos)

Los sarcopterigia (peces con aleta lobulada)

66 Early fishes

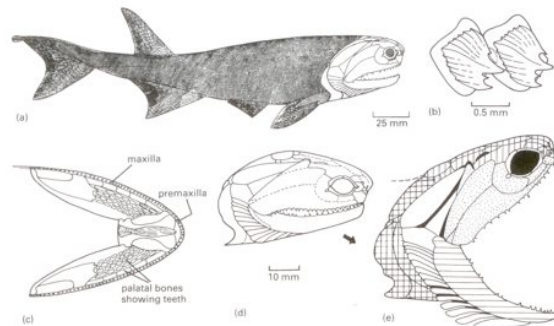
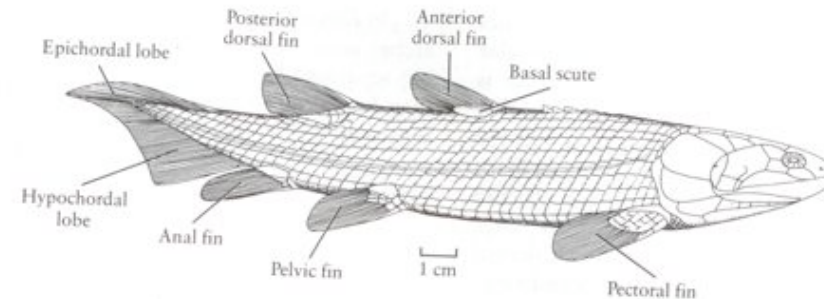


Fig. 3.17 The Middle Devonian bony fish *Cheinslerpis*: (a) reconstruction of the body in lateral view; (b) two trunk scales; (c) ventral view of the palate showing the teeth; (d, e) opening and closing of the jaws, showing the five major mobile units, as described in the text. (After Pearson and Westoll, 1979.)

(a)



(b)

Actinopterygios: Aleta de múltiples rayos paralelos (ceratotrichia), controlados por músculos dentro de la pared del Cuerpo

Sarcopterygios: Posee además elementos endoesqueléticos macizos homologables a los huesos de nuestras extremidades

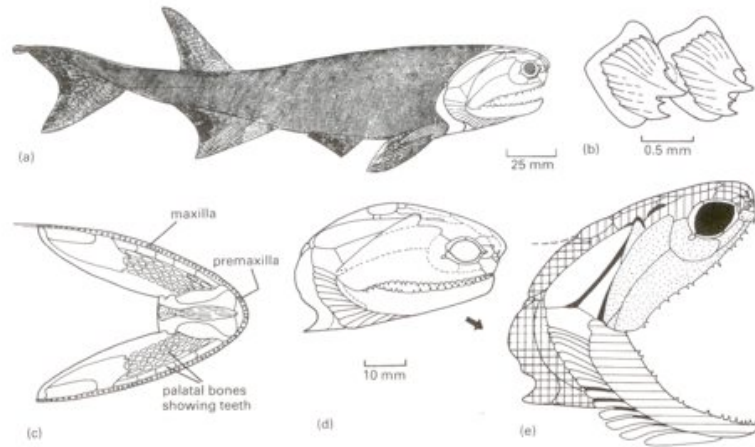


Fig. 3.17 The Middle Devonian bony fish *Cheirolepis*: (a) reconstruction of the body in lateral view; (b) two trunk scales; (c) ventral view of the palate showing the teeth; (d, e) opening and closing of the jaws, showing the five major mobile units, as described in the text. (After Pearson and Westoll, 1979.)

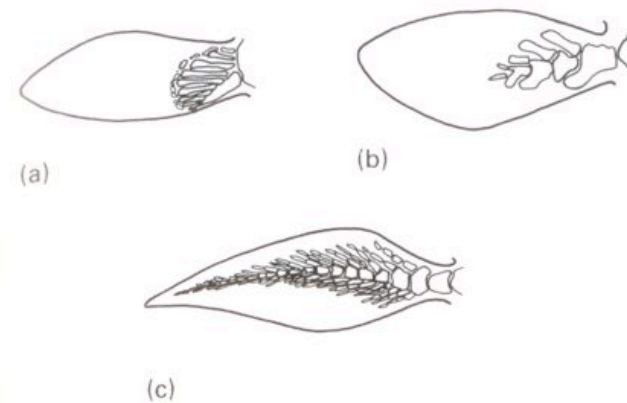
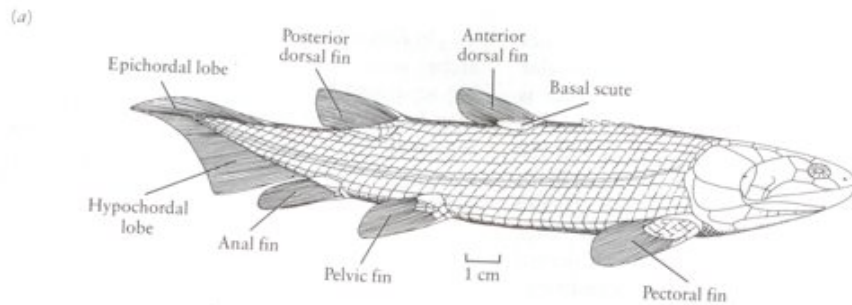


Fig. 3.16 The fins of (a) an actinopterygian, *Amia*, to show the simple basal skeleton, (b) the lobefin *Eusthenopteron*, an osteolepiform, and (c) the lobefin *Epiceratodus*, a lungfish, to show the more complex skeleton which supports a muscular lobe in the middle of the fin. (Modified from Romer and Parsons, 1970.)



Los primeros Actinopterygios exhibían escamas pesadas con hueso, dentina y ganoína (semejante al esmalte), una cola fuertemente heterocerca, y rayos dérmicos articulados en las aletas (Lepidotrichia). El maxilar es largo e integrado fuertemente a la mejilla. Los centros vertebrales no se osifican.

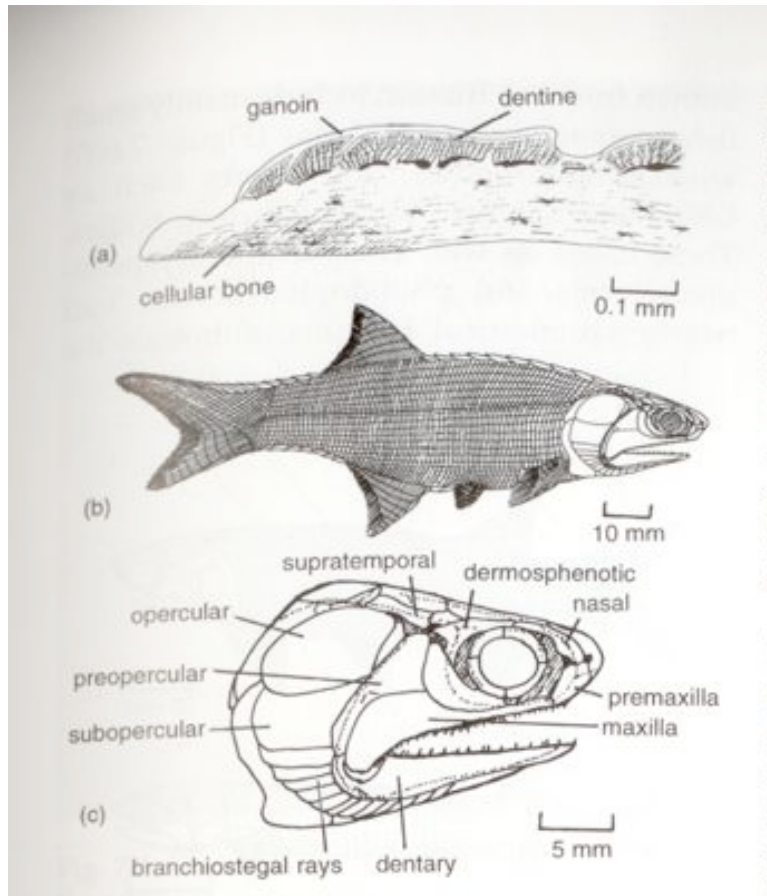


Fig. 7.5 Characters of *Mimia*, a basal actinopterygian from the Late Devonian: (a) cross section of a scale, showing ganoin, a tissue that characterizes actinopterygians; (b, c), body and skull in lateral view. (Modified from Gardiner, 1984b.)

66 Early fishes

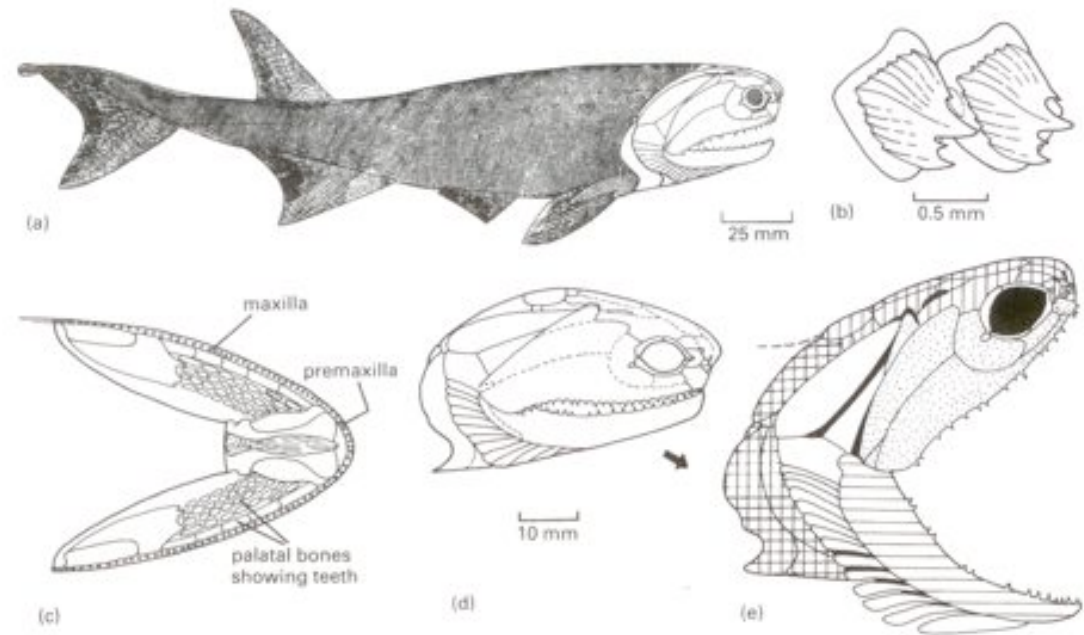


Fig. 3.17 The Middle Devonian bony fish *Cheirolepis*: (a) reconstruction of the body in lateral view; (b) two trunk scales; (c) ventral view of the palate showing the teeth; (d, e) opening and closing of the jaws, showing the five major mobile units, as described in the text. (After Pearson and Westoll, 1979.)

Diversidad de osteictios tempranos (“Chondrósteos”)

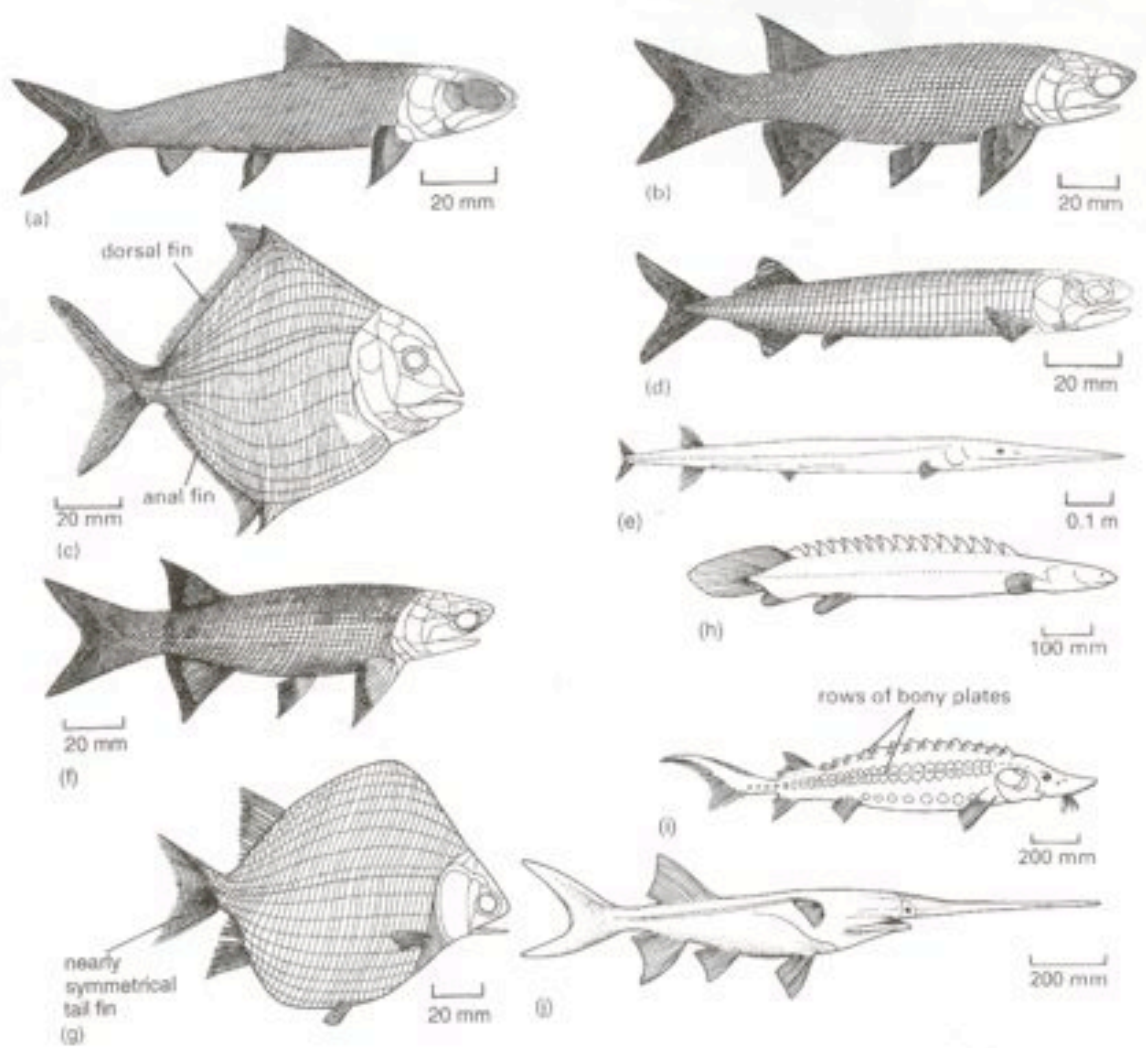


Fig. 7.6 Basal actinopterygians from the Carboniferous (c), Permian, Triassic (a, b, d–g), and extant (h–j): (a) the ptycholepid *Ptycholepis*; (b) the redfieldiid *Redfieldius*; (c) the amphicentrid *Amphicentrum*; (d) the pholidopleuriform *Pholidopleurus*; (e) the saurichthyid *Saurichthys*; (f) the perleidiform *Perleidus*; (g) the perleidiform *Cleithrolepis*; (h) the bichir *Polypterus*; (i) the sturgeon *Acipenser*; (j) the paddlefish *Polyodon*. [Figure (a) after Schaeffer, 1975; (b) after Schaeffer and McDonald, 1978; (c) after Woodward 1891–1901; (d) after Bürgin, 1992; (e) after Rieppel, 1985; (f, g) after Lehman, 1966; (h) and (i) after Carroll, 1987; (j) after Stahl, 1974.]

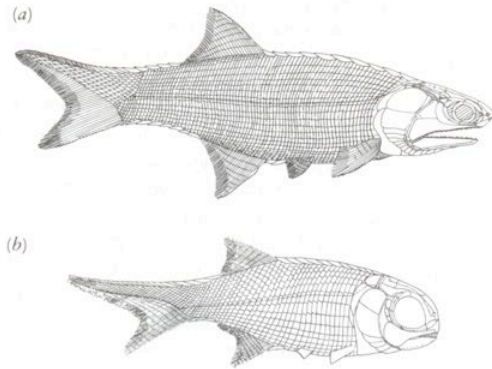


Figure 6-16. PALAEONISCOIDS. (a) *Mimia*, Upper Devonian. From Gardiner, 1984. (b) *Canobius*, Carboniferous, showing an upright jaw suspensorium. About natural size. From Moy-Thomas and Dyne, 1938.

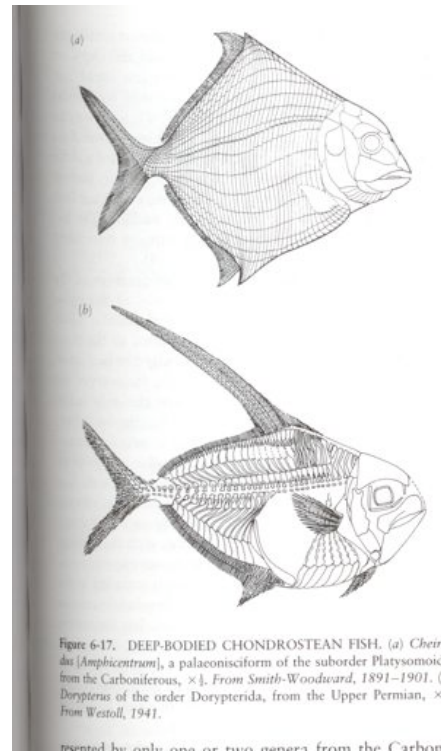


Figure 6-17. DEEP-BODIED CHONDROSTEAN FISH. (a) *Cheindus* [*Amphicentrum*], a palaeonisciform of the suborder Platyosomoid from the Carboniferous, \times . From Smith-Woodward, 1891-1901. (b) *Dorypterus* of the order Doryopterida, from the Upper Permian, \times From Westoll, 1941.

reputed to only one or two genera from the Carbon

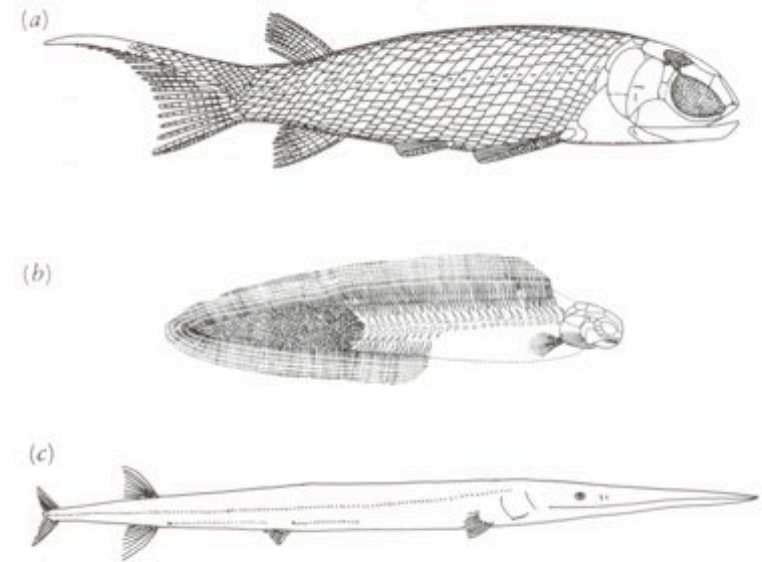


Figure 6-18. SPECIALIZED CHONDROSTEANS. (a) The Upper Carboniferous genus *Pyritocephalus*, order Haplolepidida. The jaw suspension is vertical and the number of dermal fin rays is reduced, about $\times 2$. (b) *Tarrasius*, order Tarrasida, from the Lower Carboniferous. Most of the scales are lost and the median fins are fused into a continuous structure, $\times \frac{3}{2}$. From Moy-Thomas and Miles, 1971. (a and b) By permission from Chapman and Hall, Ltd. (c) *Saurichthys*, a common and widespread genus from the Triassic that is characterized by a long, slender body with dorsal and anal fins that are located far posteriorly. Large individuals reach approximately 1 meter in length. From Rieppel, 1985.

Existen dos grupos vivos de Actinopterygios basales: Los Polypetriformes (*Polypterus*) y los Acipenseriformes (Esturión, Bowfin)

Polypetriformes vivos: *Polypterus* y *Erpetoichthys* (*Calamoichthys*)

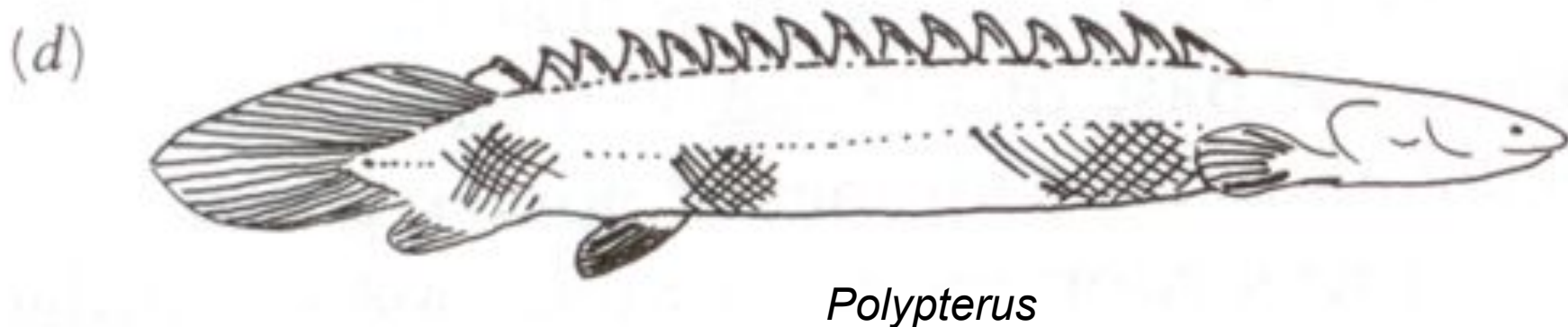
Ambos presentan una aleta dorsal larga dividida en una serie de elementos más cortos, cada uno provisto de una espina anterior.

Aleta caudal es casi simétrica

La histología de las escamas y el arreglo de los huesos más dorsales del cráneo son semejantes a los primeros actinopterygios fósiles

La “vejiga natatoria” posee la forma de pulmones pareados ventralmente ubicados. Respiran oxígeno atmosférico.

Esto indica que la vejiga natatoria de todos los actinopterygia originalmente cumplía funciones respiratorias (son “pulmonados”!)





Acipenseriformes: Acipenseridae (Esturiones) y Polyodontidae (Bowfin)

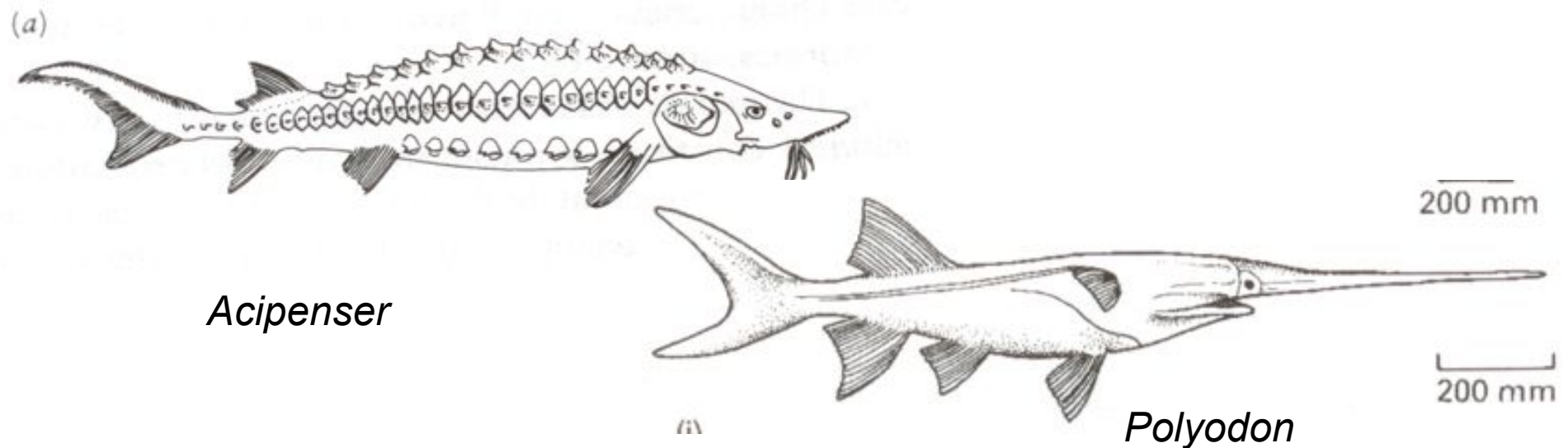
Como en muchos condrosteos fósiles, los acipenseridae presentan una cola heterocerca y rayos articulados

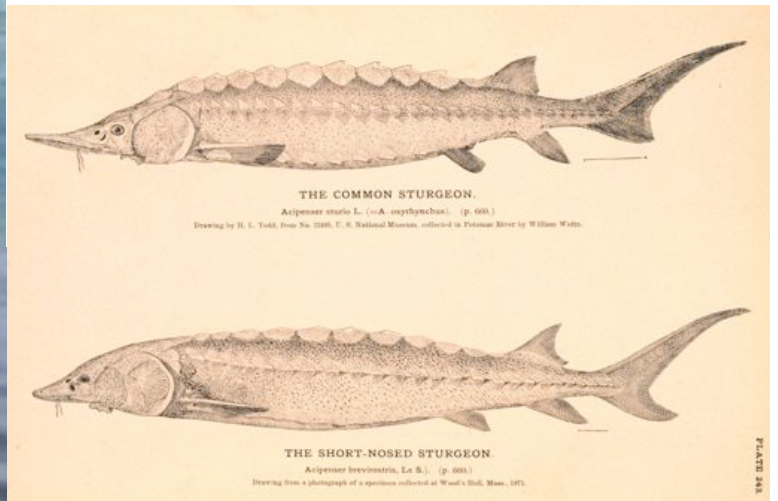
Se reduce la cubierta de grandes escamas pesadas, en el esturión a 5 corridas de grandes placas, en Polyodon sólo unas pocas hacia la base de la cola

El endocráneo, osificado en condrosteos fósiles, es totalmente cartilaginoso.

Uno o dos pares de bárbulas sensitivas se encuentran frente a la boca.

Polyodontida: Polyodon es un filtrador de aguas abiertas provisto de “rastrillos” branquiales. Mide aproximadamente 2m y tiene un hocico largo y aplanado.





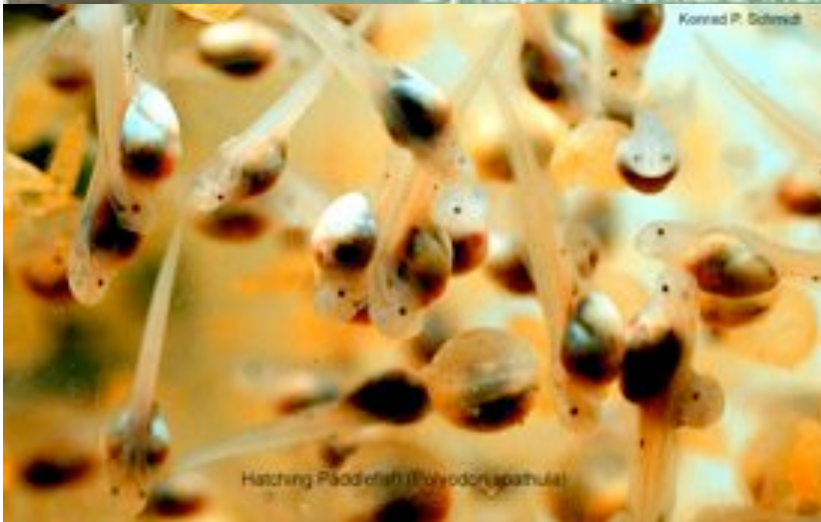
Acipenser



Polyodon

By <http://www.kara-inci>

Korrad P. Schmidt



Hatching Paddlefish (*Polyodon spathula*)



Los Neopterygia son actinopterygios que han evolucionado mayor motilidad del maxilar

Los Neopterygios mas basales son conocidos como “Holosteos”

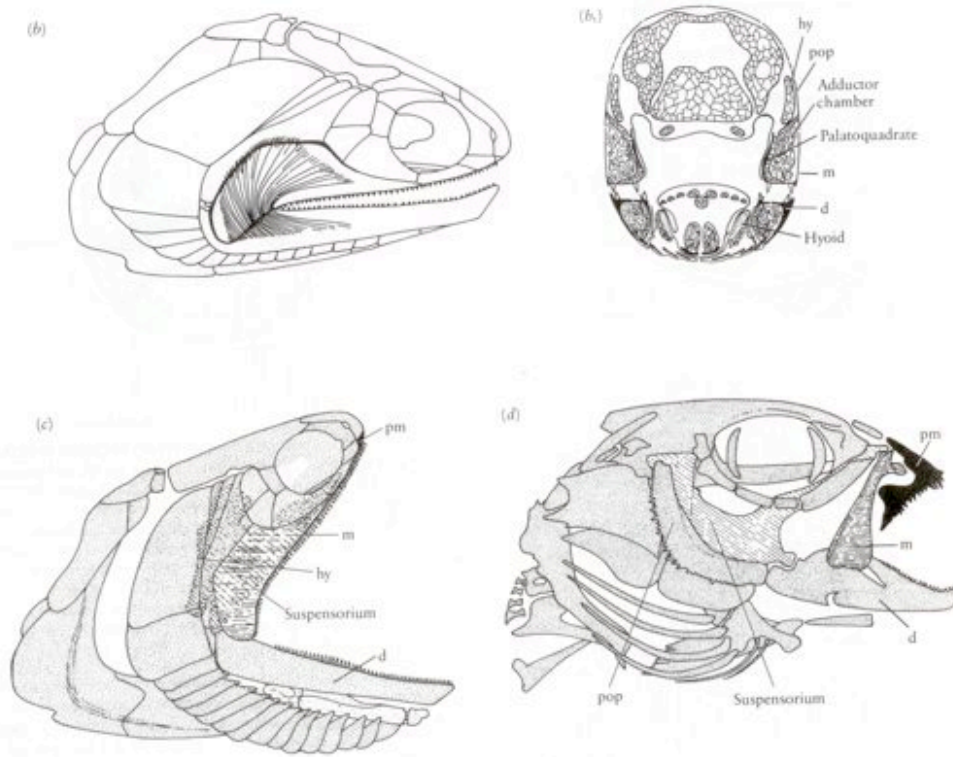
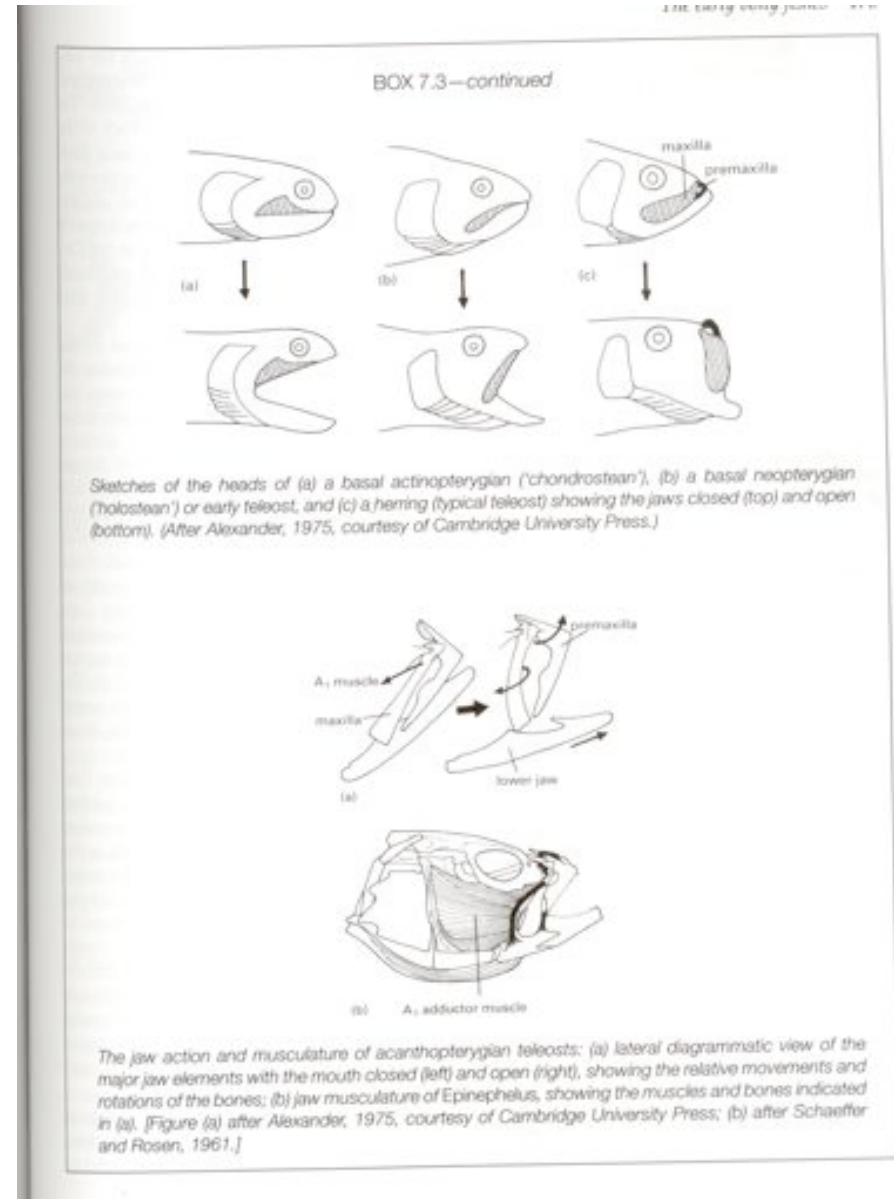


Figure 6-14. JAW BONES AND MUSCULATURE OF BONY FISH. (a) The modern actinopterygian *Amia*. (b) A palaeoisoid. *Amia* was drawn as if the bones of the cheek were removed, and the palaeoisoid was drawn as if the dermal bones were transparent. In *Amia*, the musculature has spread dorsally and posteriorly out of the originally closed adductor chamber. (c and d) Diagrams of a palaeoisoid and a neopterygian in which the jaws are widely open. For abbreviations see Figure 6-13. Premaxilla black, maxilla horizontally shaded, suspensorium diagonally shaded. The cheek is covered with bones in palaeoisoids but is widely open in the neopterygian. From Schaeffer and Rosen, 1961.



Los Holósteos vivientes: Lepisosteida y Amiidae

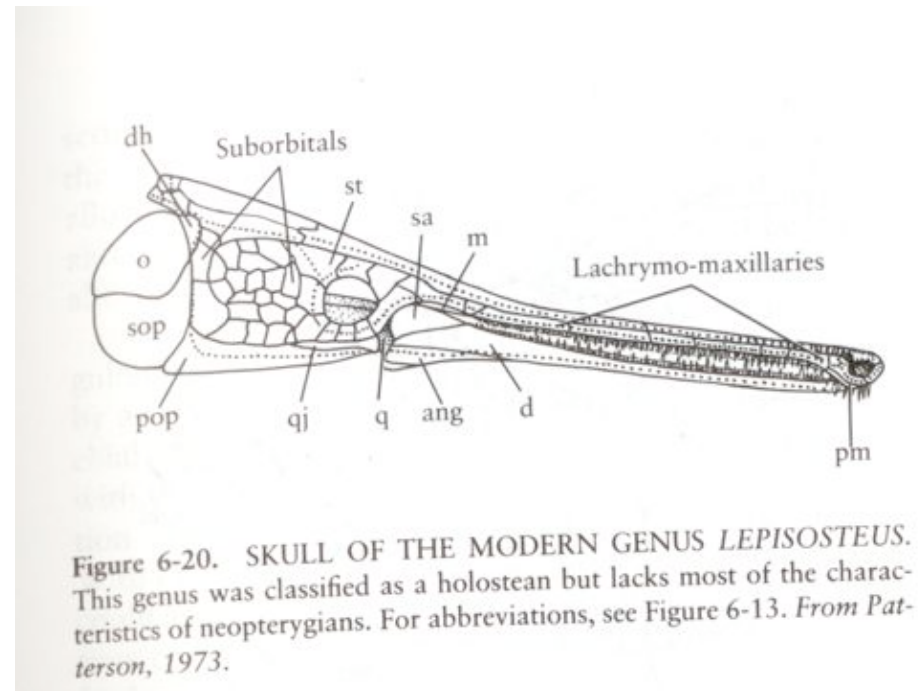
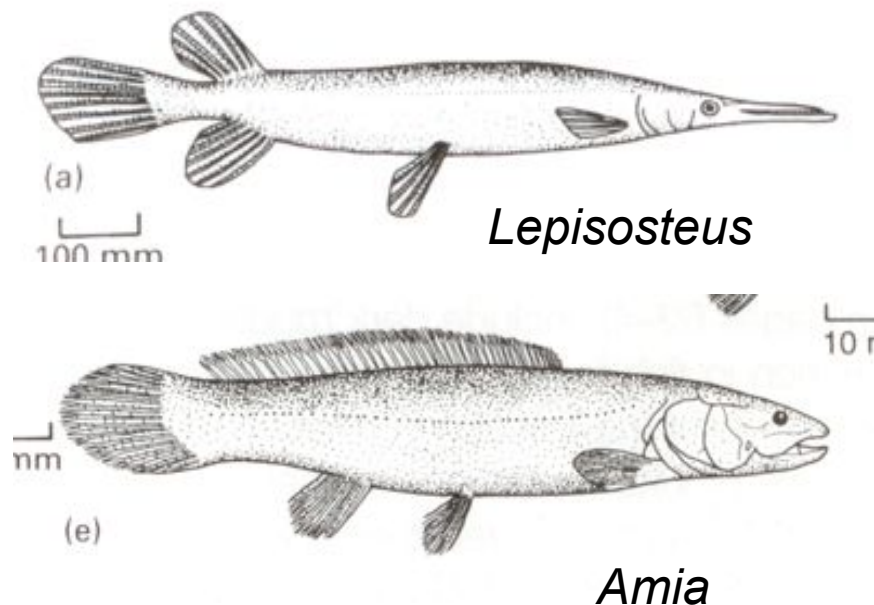
Lepisosteida:

Son peces depredadores alargados que poseen una aleta dorsal muy posteriormente ubicada que resulta simétrica a la aleta anal

Presentan un hocico muy alargado. La mandíbula se articula con el cráneo por delante del ojo.

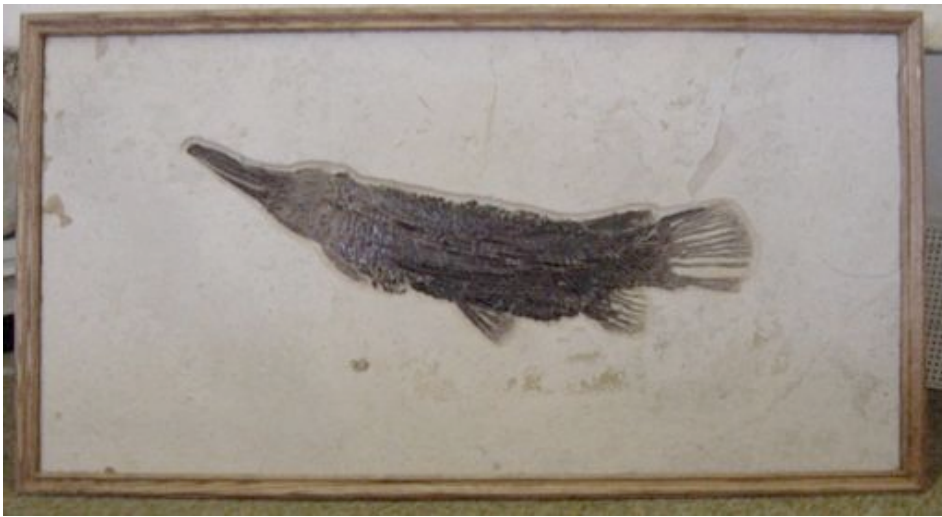
Aleta heterocerca y pesadas escamas ganoideas. Sin embargo han cambiado al disminuir el número de rayos dérmicos y la pérdida total de su segmentación.

Los holosteos dieron origen a los Teleosteos (los peces modernos más comunes)



cl
of
yo
di
fo
lo
th
m
n
sp
p
th
w

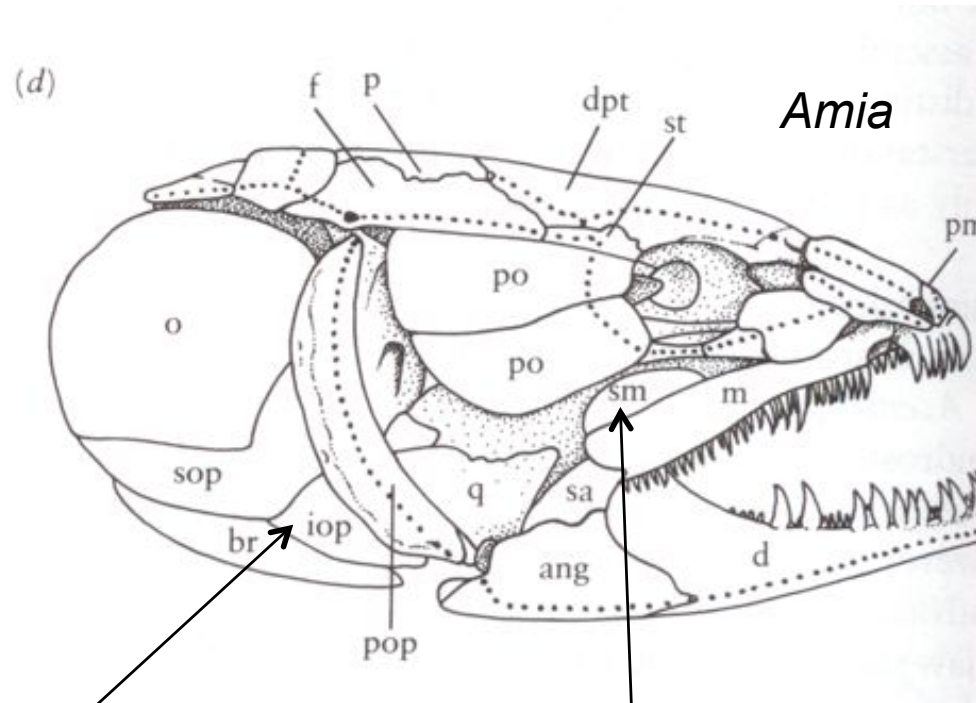
v



Lepisosteus

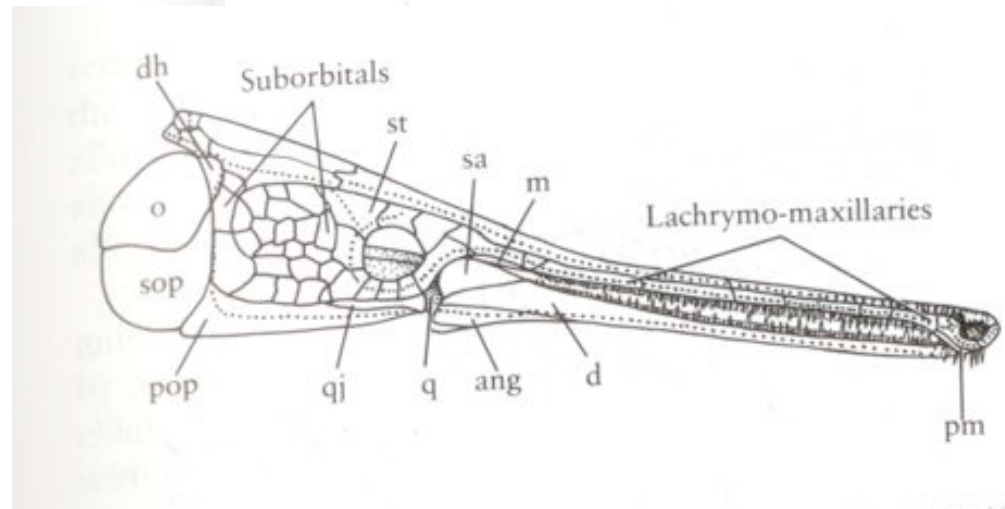
Algunos consideran que Amiidae es más cercano a los Teleosteos que a Lepisosteida. Por ejemplo, en ambos se ha perdido la clavícula. Además, Amia y los Teleósteos poseen nuevos huesos en el cráneo, como el interopercular (iop) y el supramaxilar (sm).

l-
t
s
e
l,
s
s.
e
e
-
il
n
n

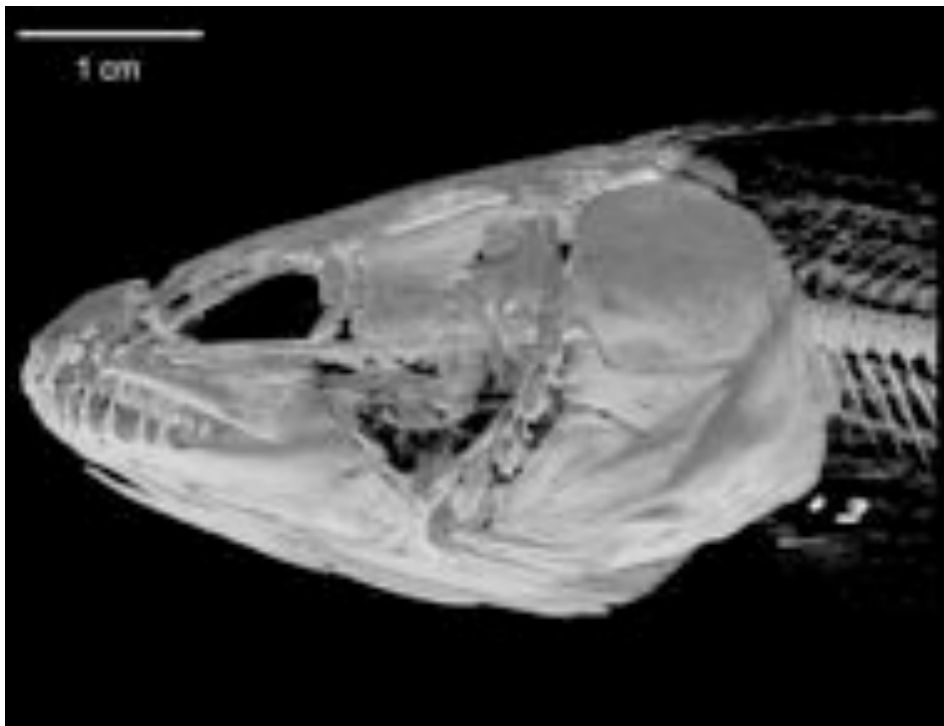


interopercular

supramaxilar



cl
of
yo
di
fo
lo
th
m
m
s
p



Amia es típicamente utilizado como modelo de ancestro de los Teleósetos

Teleosteos

Las escamas se hacen livianas perdiendo el hueso y la dentina, sólo reteniendo la superficie de ganoina.

En teleosteos aparecen además las escamas cicloideas, delgadas y flexibles, sin ganoina, compuesta de hueso dérmico acelular.

En todos los teleósteos vivos los centros vertebrales se osifican. La cola se torna más simétrica (homocerca) y las vejigas natatorias han perdido toda función respiratoria

Presentan un cola homocerca simétrica, y huesos uroneurales ("una" en figura) en la cola (ausentes en Holosteos) que flanquean la última vértebra de la cola (ural)

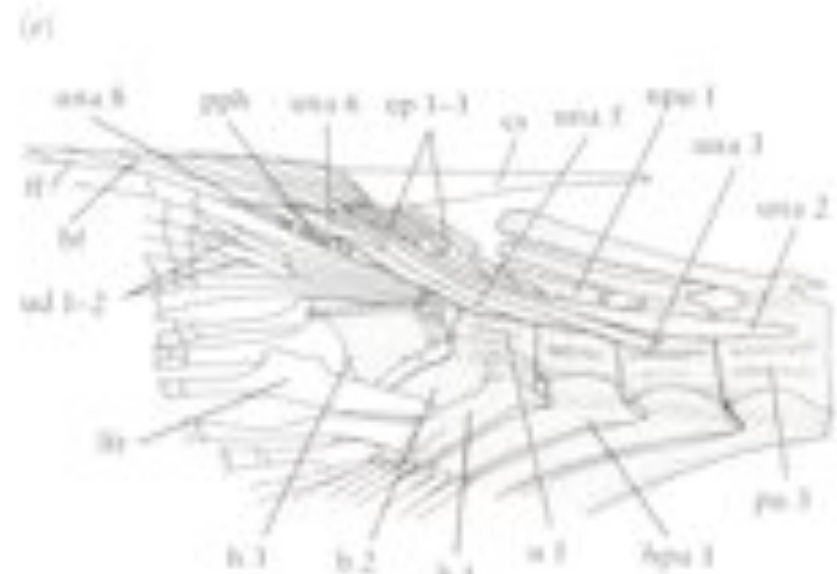
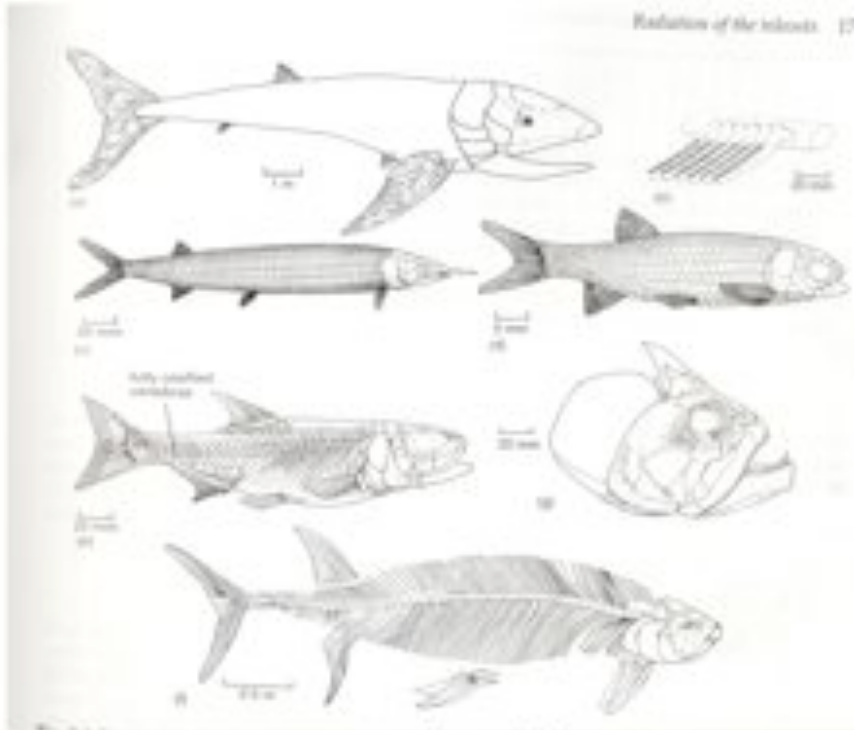
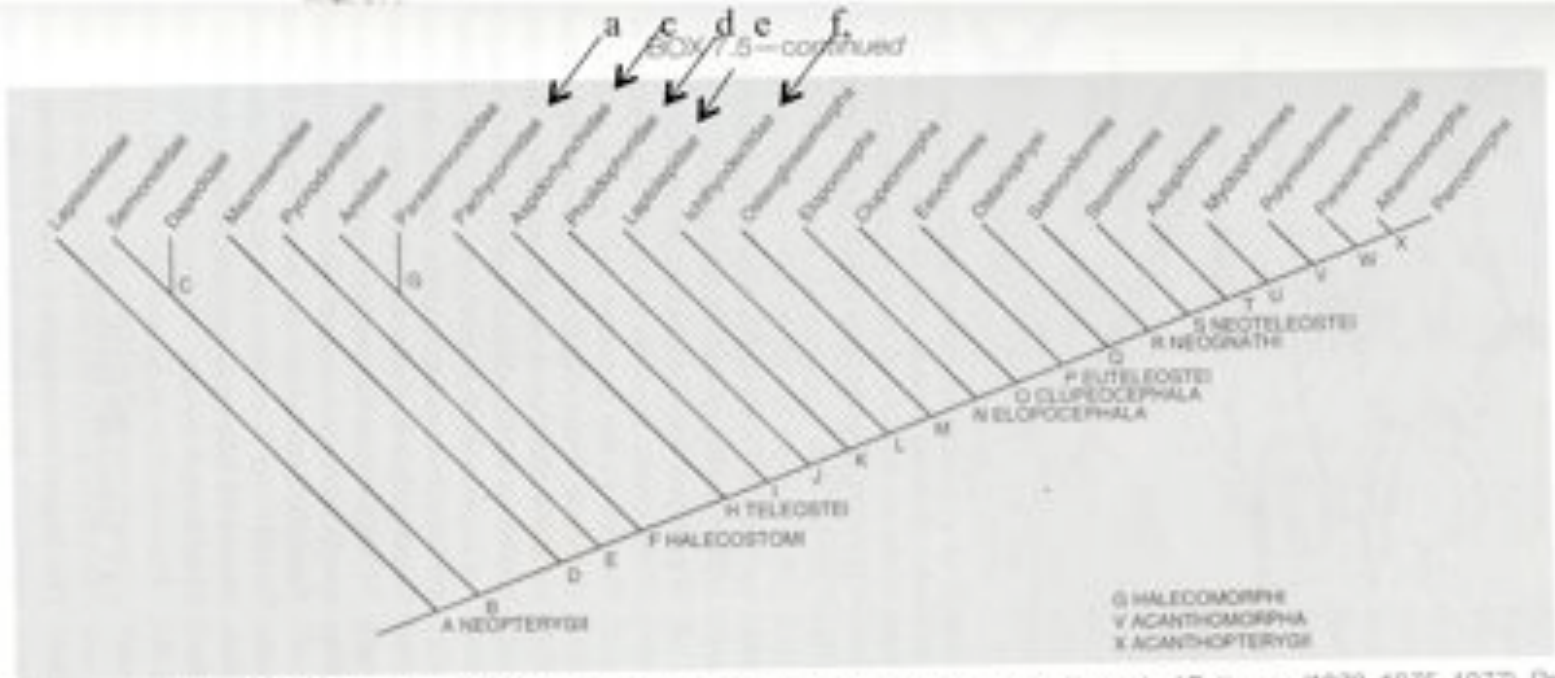


Figure 6-25. CAUDAL FIN SUPPORTS OF NEOPTERYGIAN FISH. (a) Undetermined parapsommodon from the early Triassic of Greenland showing primitive neopterygian conditions, about $\times 3$. From Patterson, 1971. (b) Amia. In contrast with teleosts, the centra are perichondrally ossified and diplospondyloous (two centra to a segment), approximately $\times 1$. From Patterson, 1971. (c) Pholidophorus hecheri, vertebral centra are just beginning to form, $\times 21$. From Patterson, 1968. (d) Pholidophorus hecheri, external surface of caudal fin showing the symmetrical arrangement of scales and dorsal fin rays. Fulcral scales are still retained, $\times 1$. From Patterson, 1968. (e) Tharsis [Leptolepis] dubius, a primitive teleost, representative of the leptolepid level of development. Note two hypurals articulate with one anal centrum, $\times 31$. From Patterson, 1968. (f) Pachyserranus, an Upper Jurassic neopterygian of uncertain taxonomic affinities, $\times 3$. From Patterson, 1968. Abbreviations as follows:

bt, epaxial
cpurals; ep
for caudal
plane, con
purals; h
ll, coarse
upper caud
tochordal c
neural arch
processes o
trabec; pu,
upper and
anal neural



Algunos teleosteos troncales extinguidos



Evolutionary relationships of the diverse ray-finned bony fishes (Neopterygii), based on the work of Patterson (1973, 1975, 1977), Pat-

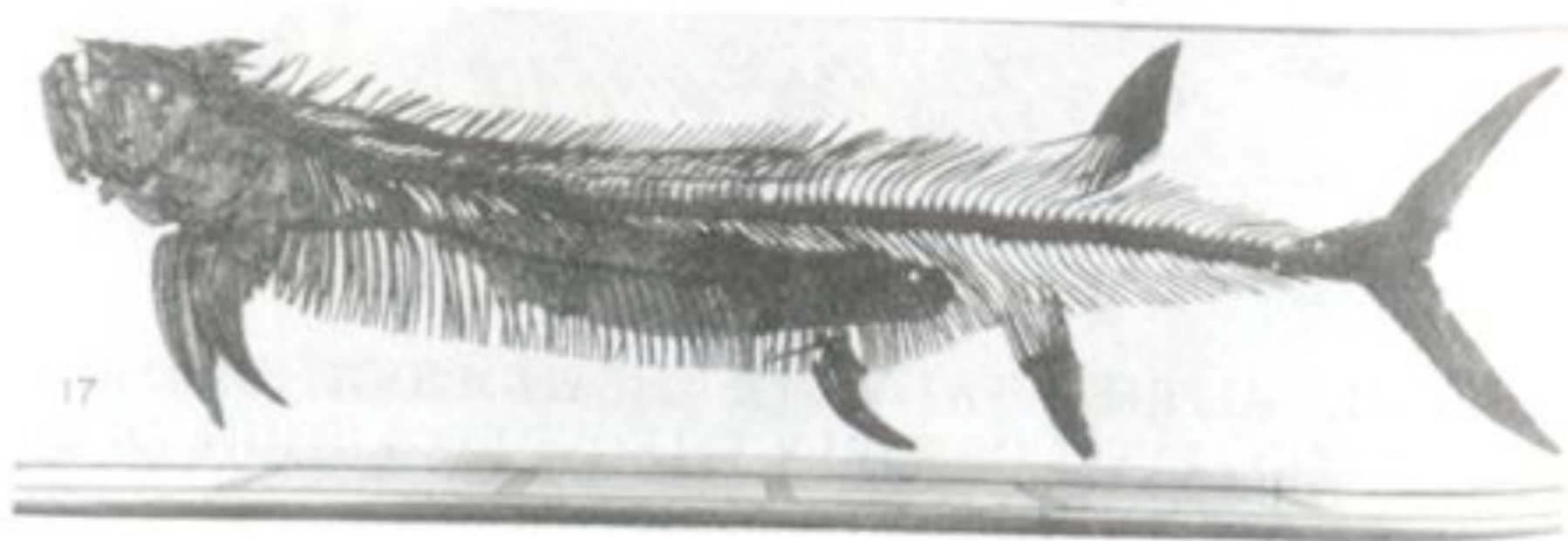


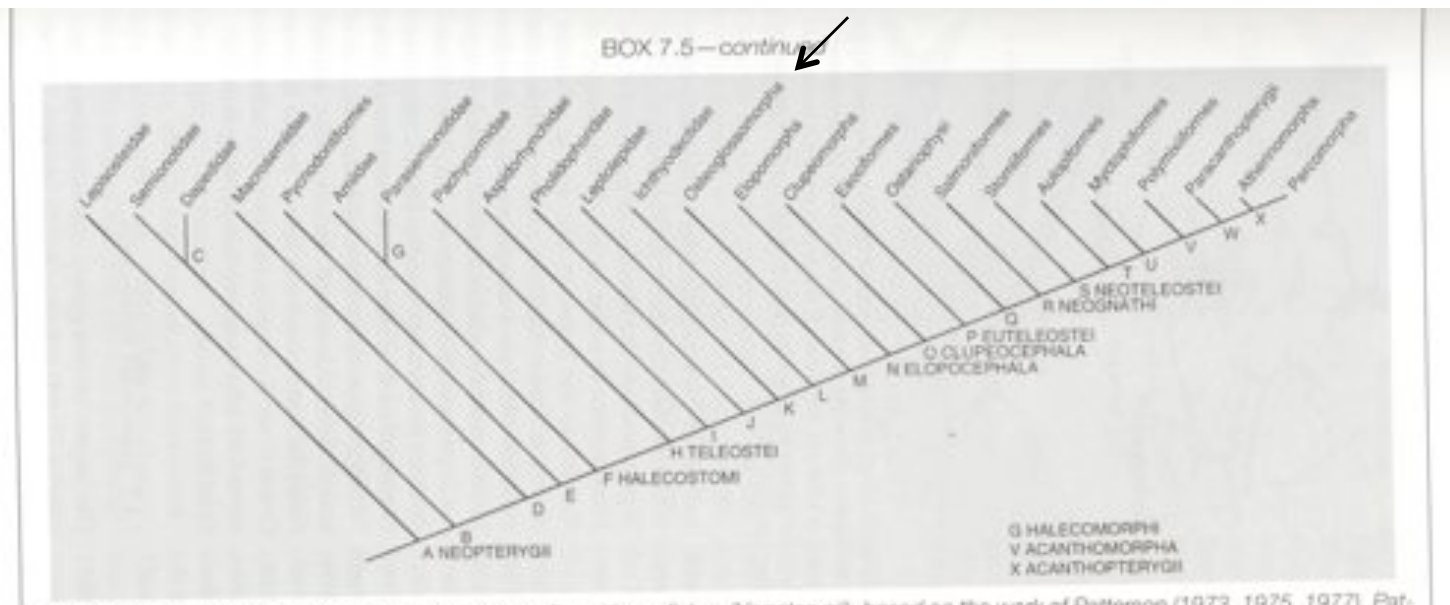
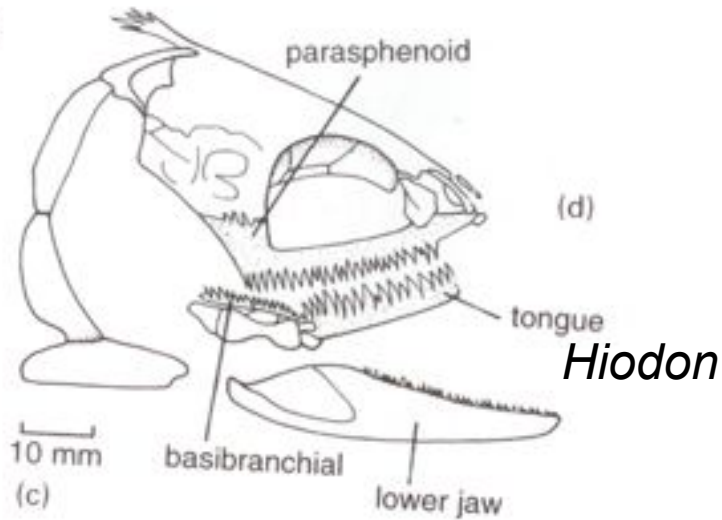
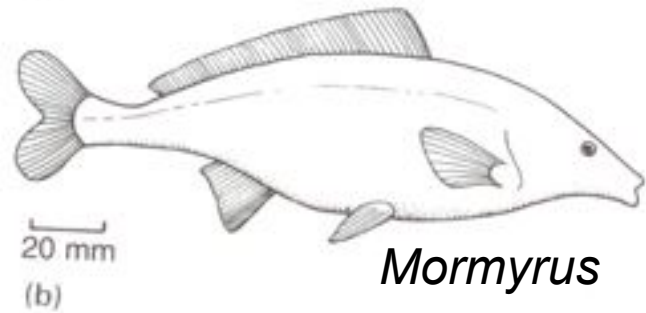
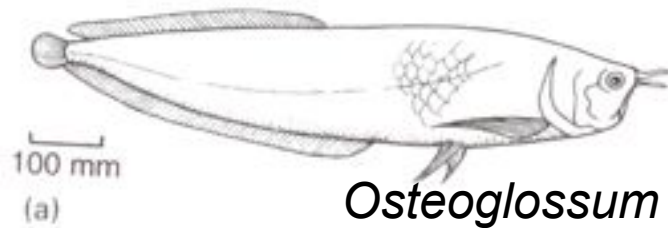
Figure 7-3. *Xiphactinus* [*Portheus*], a representative of the primitive teleost order Ichthyodectiformes that was prominent in the Cretaceous, about 4 meters long. The skeleton of another ichthyodectiform, *Gillicus*, is within the body cavity. From Bardack, 1965.

Grupos de principales teleosteos actuales

Osteoglossomorpha

De agua dulce, presentes desde el jurásico tardío.

Presentan un elemento óseo en la lengua que está provisto de dientes que se oponen a dientes presentes en el paladar.

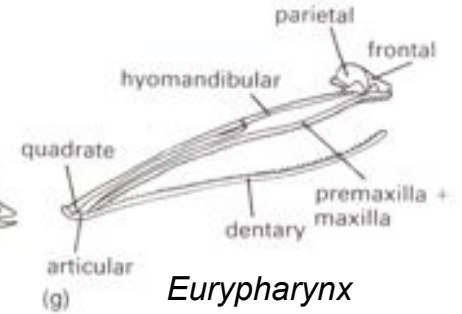
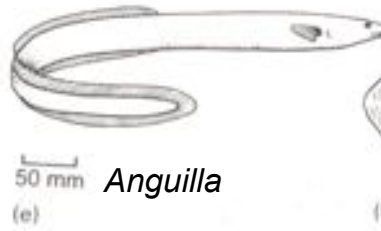
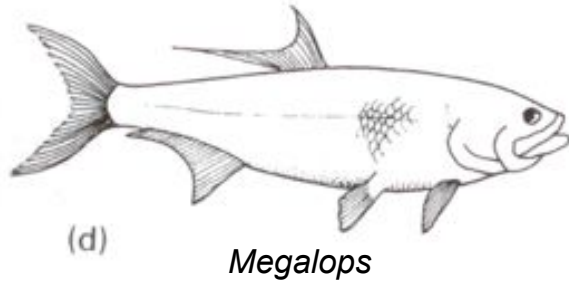


Classification of the teleost and related bony fishes (Actinopteri), based on the work of Patterson (1973, 1975, 1977), Pat-

Elopomorpha.

Incluye a las anguilas. Se caracterizan por poseer una larva leptocephalus. Se conocen desde el cretácico temprano.

Las anguilas de las profundidades (Sacopharyngoidea) presentan mandíbulas enormes

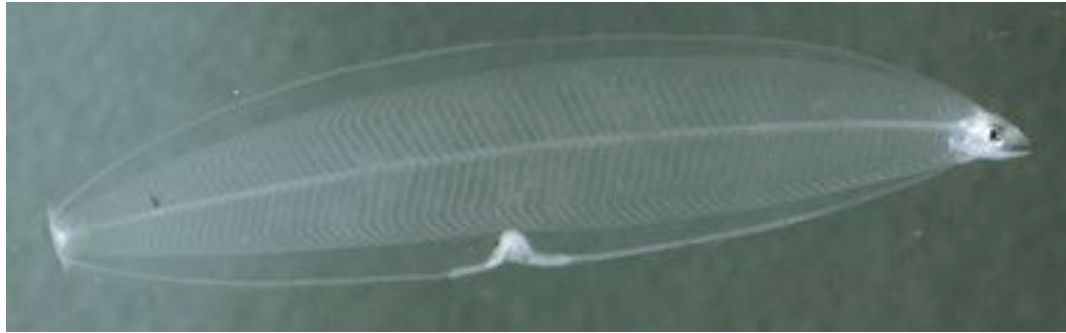


Larva Leptocephalus

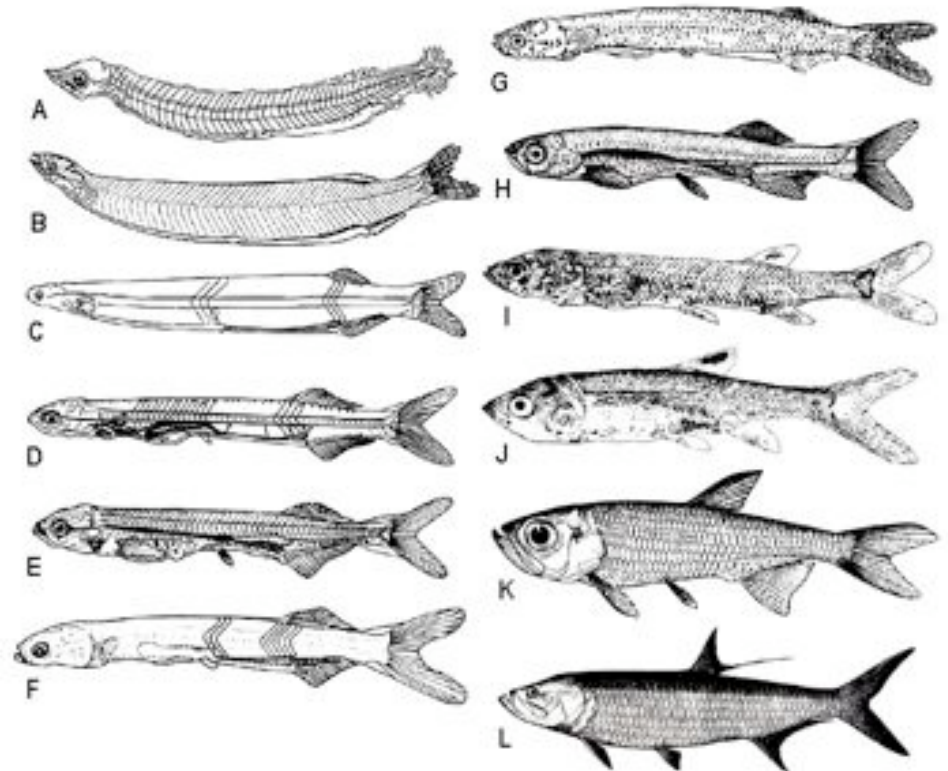
BOX 7.5—continued



Cladogram showing relationships of the derived ray-finned bony fishes (Neopterygii), based on the work of Patterson (1973, 1975, 1977), Pat-

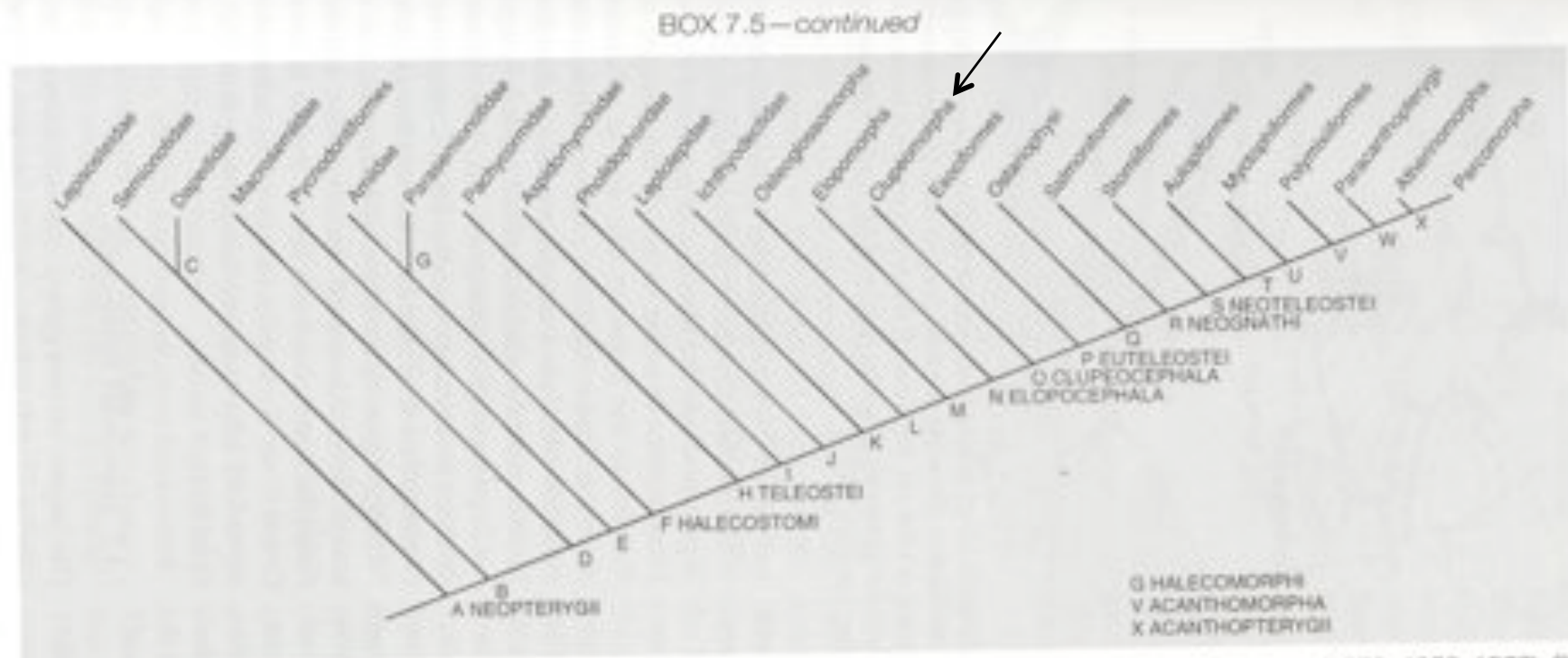


Larva leptocephalus de Elopomorpha





Clupeomorpha:
 La vejiga natatoria tiene una extensión única hacia la caja craneana y está involucrada en la audición.
 Se conocen desde el cretácico tardío.
 Ej: El Arenque



Cladogram showing relationships of the derived ray-finned bony fishes (Neopterygii), based on the work of Patterson (1973, 1975, 1977), Pat-

Euteleostei:

17000 especies, 375 familias. Intrincado sistema de audición, compuesto por vértebras cervicales (del cuello) modificadas, costillas y arcos neurales. Se les denomina “osículos weberianos” y están conectados por ligamentos.

Algunos Euteleosteos, los Neotelesotei, presentan un músculo especializado que permite mover las placas de dientes del paladar. Existen 15000 especies de Neoteleostei. Algunos, los Acanthomorpha, presentan espinas rígidas en la aletas, evitando ser tragados.

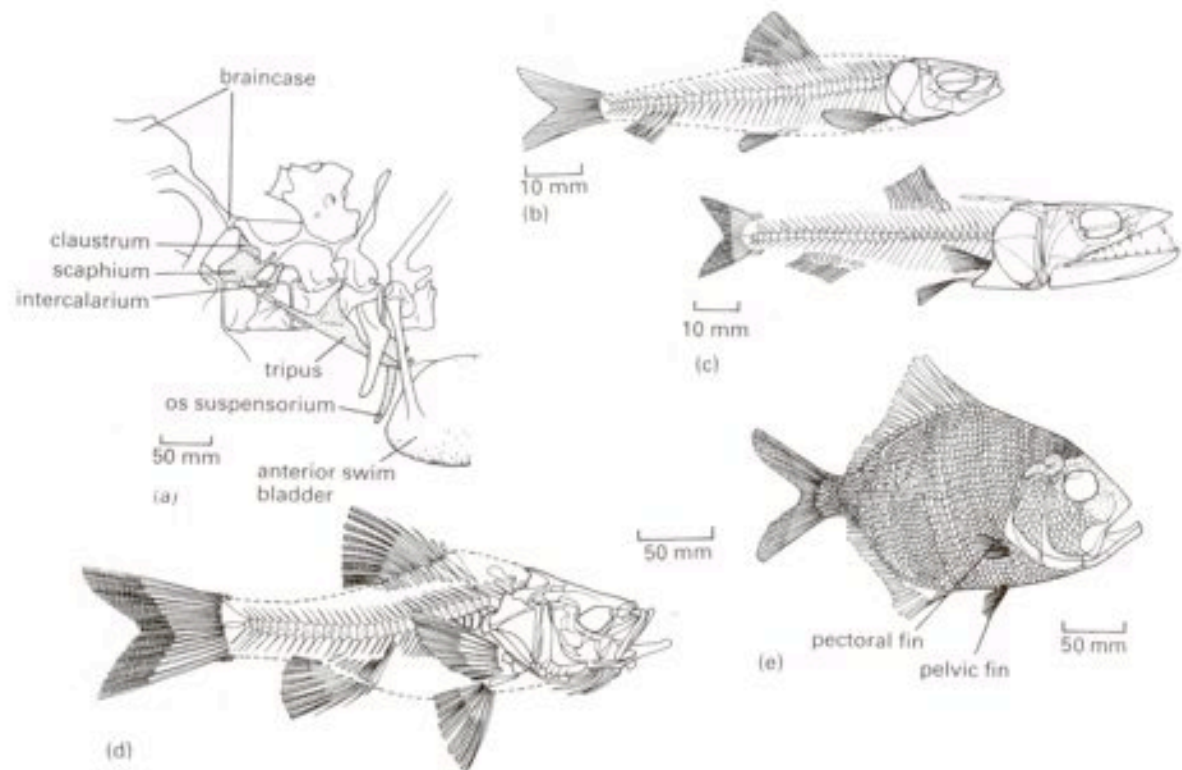
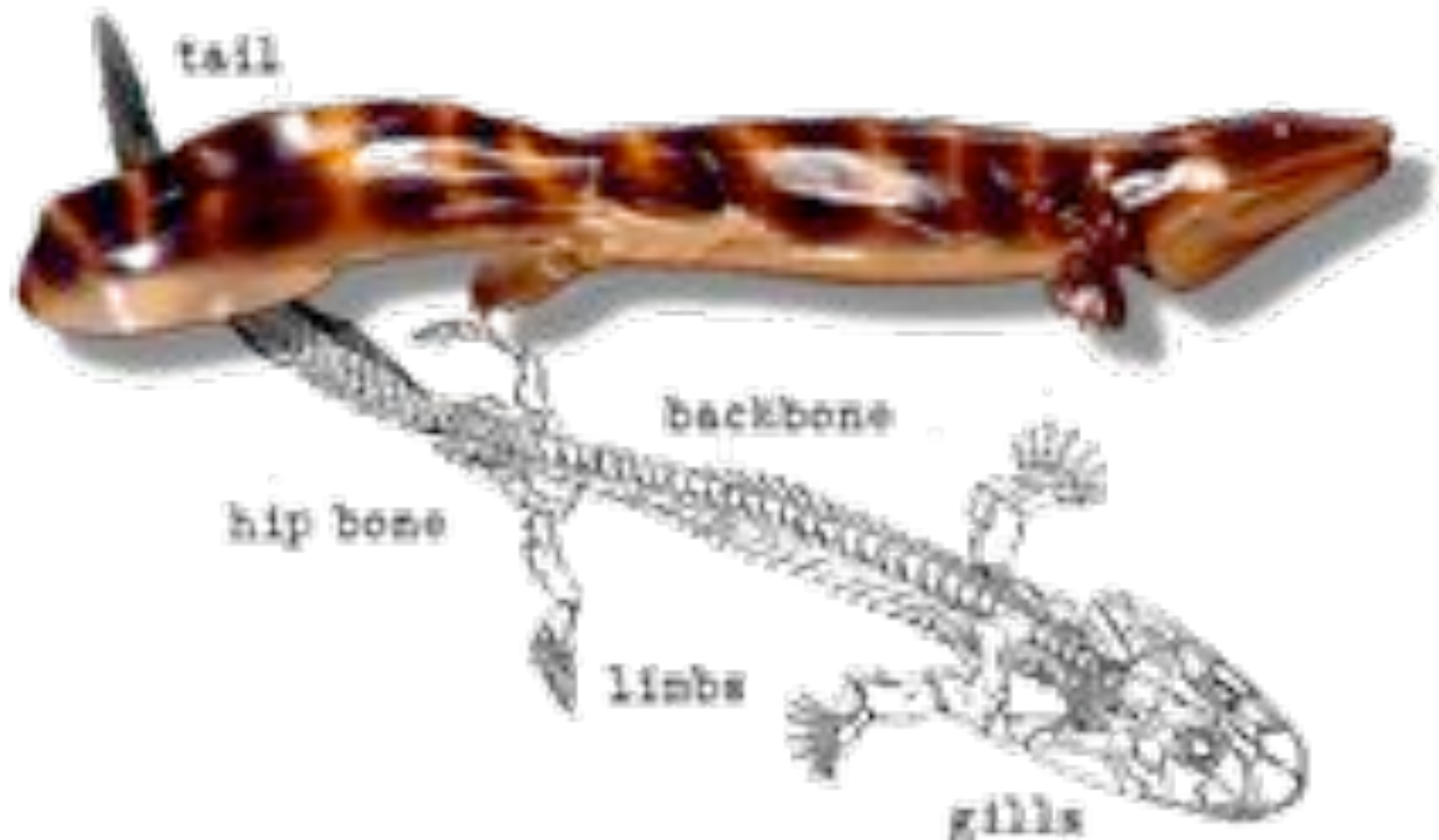


Fig. 7.12 Basal euteleosts (a–c) and acanthomorphs (d, e) from the Cretaceous (b, d) and Recent (a, c, e): (a) the Weberian ossicles which transmit vibrations from the swimbladder to the inner ear in ostariophysan fishes (ossicles are shaded and named); (b) the salmoniform *Gaudryella*; (c) the aulopiform *Eurypholis*; (d) the paracanthopterygian *Mcconichthys*; (e) the acanthomorph *Berycopsis*. [Figure (a) after Fink and Fink, 1981; (b) after Patterson, 1970; (c) after Goody, 1969; (d) after Grande, 1988; (e) after Patterson, 1964.]

Sarcopterygia y el origen de los Tetrápodos



La aleta de Sarcopterygios posee elementos esqueléticos macizos homologables a los huesos de la extremidad de tetrápodos
 La aleta caudal de actinopterygios se diferencia de la de sarcopterygios por la presencia de un lóbulo epicordal.

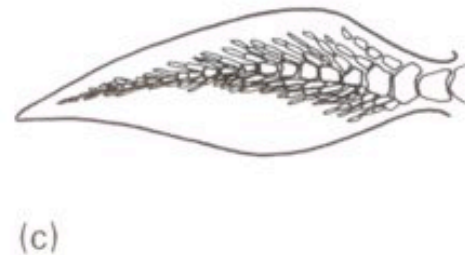
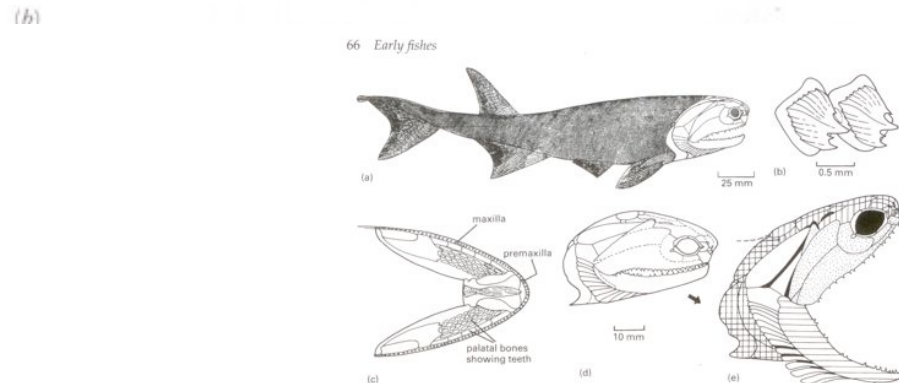
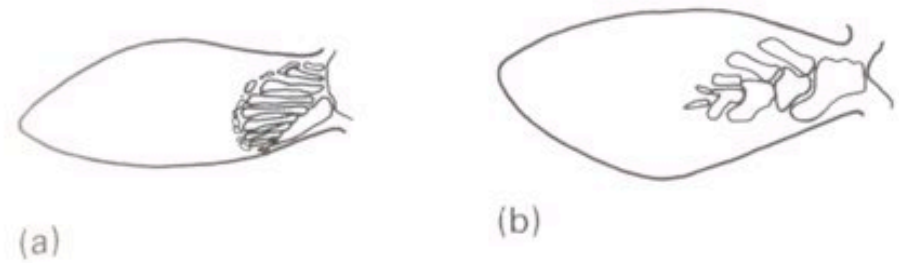
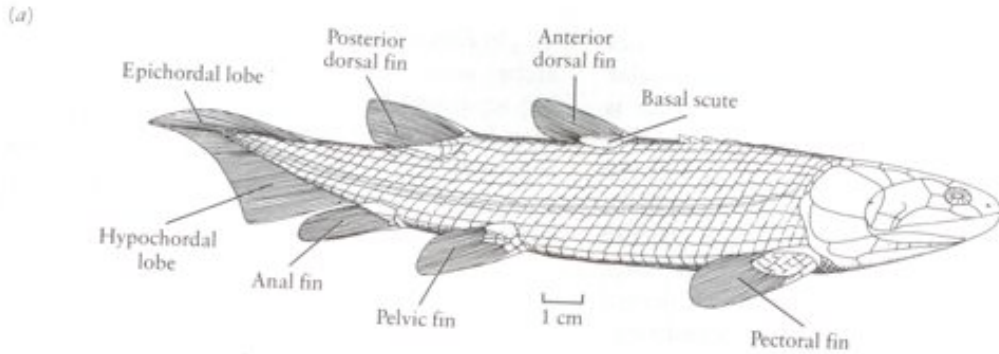


Fig. 3.17 The Middle Devonian bony fish *Chrinipis*: (a) reconstruction of the body in lateral view; (b) two trunk scales; (c) ventral view of the palate showing the teeth; (d, e) opening and closing of the jaws, showing the five major mobile units, as described in the text. (After Pearson and Westoll, 1979.)

Fig. 3.16 The fins of (a) an actinopterygian, *Amia*, to show the simple basal skeleton, (b) the lobefin *Eusthenopteron*, an osteolepiform, and (c) the lobefin *Epiceratodus*, a lungfish, to show the more complex skeleton which supports a muscular lobe in the middle of the fin. (Modified from Romer and Parsons, 1970.)

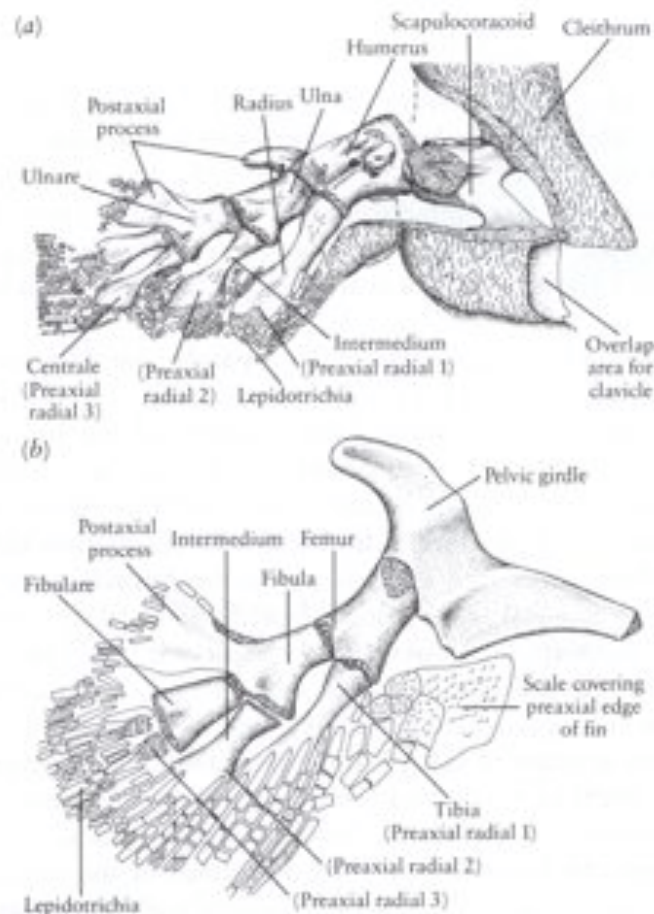


Figure 8-11. ENDOSKELETON OF PAIRED FINS OF *EUSTHENOPTERON*. (a) Pectoral girdle and fin. (b) Pelvic girdle and fin. From Andrews and Westoll, 1970a.

riorly. The proximal element of the hindlimb is clearly equivalent to the femur of tetrapods. It is succeeded by homologues of the tibia anteriorly and the fibula posteriorly. The fibula is succeeded by equivalents of the fibulare and intermedium, and the fibulare in turn is succeeded by two or more endoskeletal ossifications. As in the forelimb, there is no evidence of more distal elements, nor of anything functionally equivalent to an ankle or foot. We will consider the function of the paired fins in rhipidistians in the next chapter.

Existen tres grupos de Sarcopterygia de afinidades debatidas, todos surgidos en el devónico:

Los Rhipidistia

Los Actinistia (celacantos)

Los Dipnoi (Peces pulmonados)

Los primeros sarcopterygios eran semejantes a Actinistios y Rhipidistios y se les llama "Crossspterygi" (grupo parafilético)

Los primeros sarcopterygios presentan escamas recubiertas con una capa delgada de cosmina y con poros conectados aun sistema de canales que asemeja estructuras electroreceptoras de tiburones y teleosteos

Las aletas lobuladas y sist. sensorial no visual sugieren una vida cercana al fondo de aguas oscuras o turbias

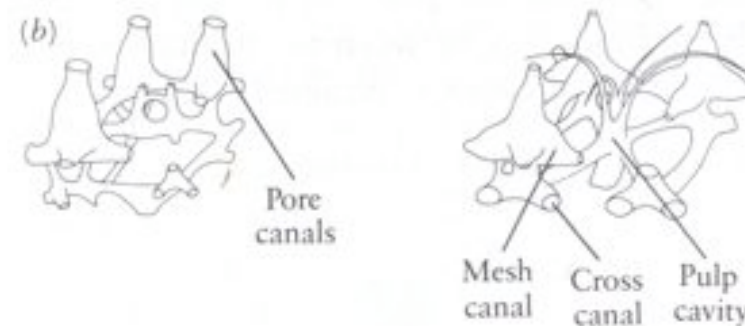
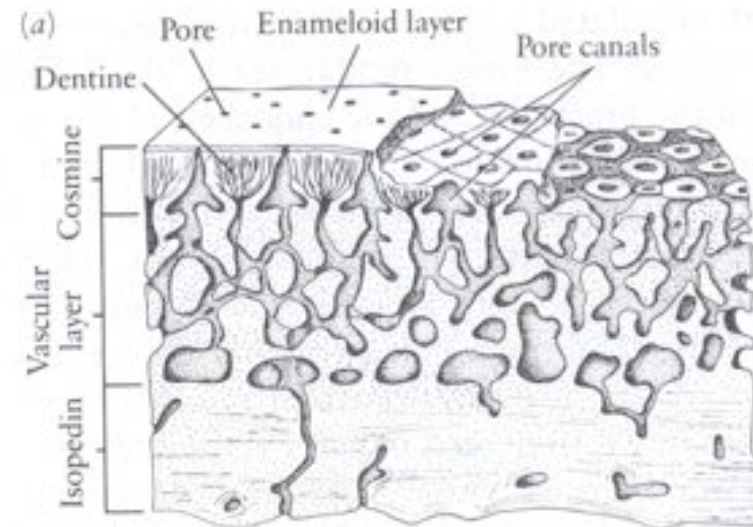


Figure 8-1. (a) The dermal exoskeleton of the rhipidistian *Megalichthys* showing the superficial cosmine layer, including the pore-canal system. From Moy-Thomas and Miles, 1971. By permission from Chapman and Hall, Ltd. (b) Greatly enlarged restoration of segments of the pore-canal system of the lungfish *Dipterus* and the rhipidistian *Ectosteorhachis*. Similar structures supported by soft tissues in modern sharks and teleosts are electroreceptive. From Thomson, 1975.

Los Rhipidistia incluyen a los ancestros de los tetrápodos. La cabeza de los rhipidistia se parece a la de actinopterygii basales. El cráneo presenta una articulación entre el neurocráneo y el hocico (paladar, maxilar, premaxilar) que permite mayor kinesis cranial mediante musculatura especializada

68 Early fishes

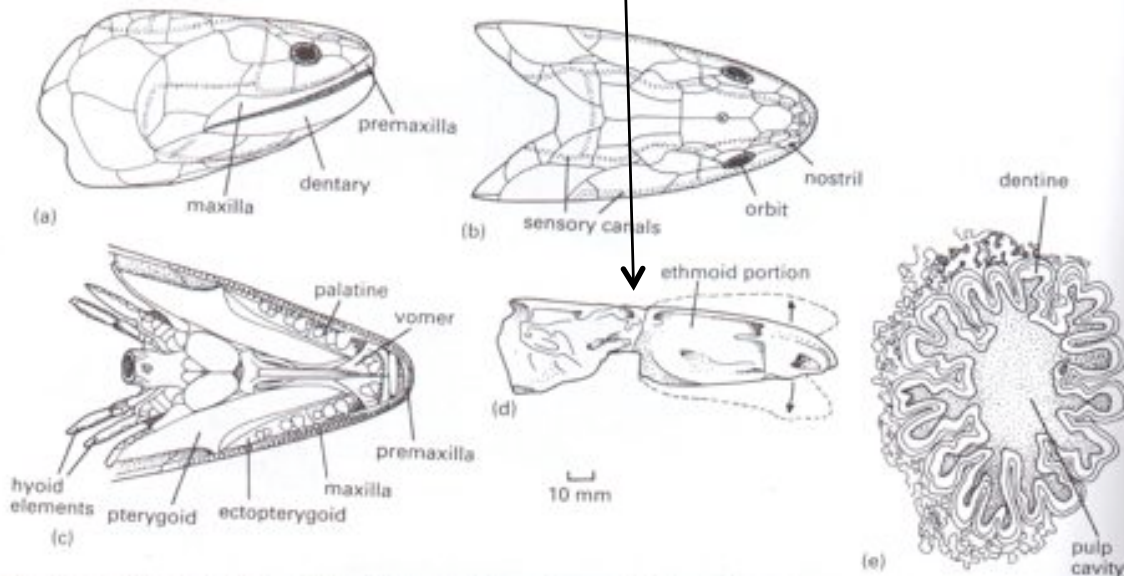


Fig. 3.19 The skull of the osteolepiform *Eusthenopteron* in (a) lateral, (b) dorsal, and (c) ventral views; (d) lateral view of the braincase, showing the postulated range of movement about the middle joint; (e) cross-section of a tooth to show the labyrinthine infolding of the enamel (tooth diameter, 5mm). (After Moy-Thomas and Miles, 1971.)

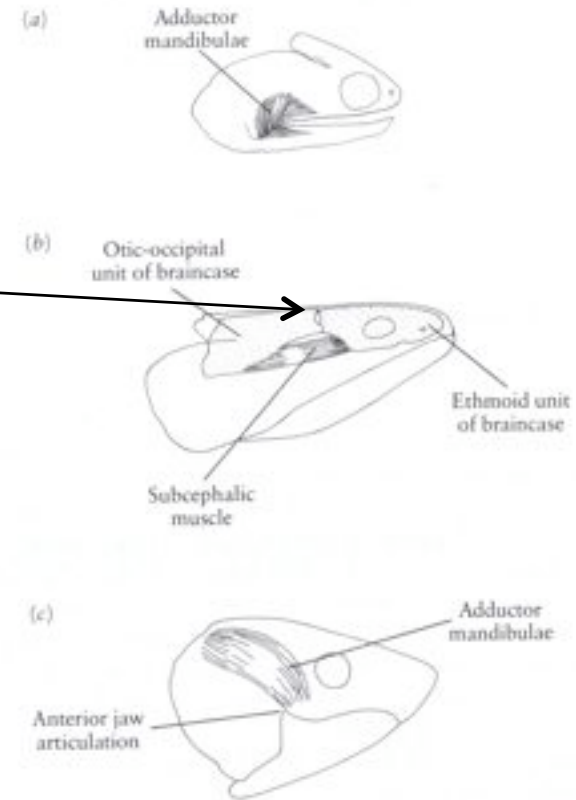


Figure 8-2. SPECIALIZATIONS OF THE JAW MUSCULATURE IN SARCOPTERYGIAN FISH. (a) The adductor jaw musculature in a primitive actinopterygian fish, which may represent the pattern ancestral to lobe-finned fish. The adductor chamber is small and enclosed, with little space for the jaw-closing musculature. Modified from Schaeffer and Rosen, 1961. (b) The rhipidistian fish *Ectosteorhachis*, in which the subcephalic muscle links the anterior and posterior units of the braincase. Contraction of this muscle lowers the front of the skull and pulls the large teeth of the palate and the marginal dentition of the maxilla and premaxilla down on the prey. The amount of movement is not great, but the added strength of this muscle could drive the teeth through the thick scaly covering of primitive fish. Modified from Thomson, 1967. (c) The Devonian lungfish *Chirodipterus*, in which the adductor chamber has greatly expanded above the braincase. The jaw articulation is well anterior to the occiput, and the palatoquadrate is fused to the braincase so that the muscles can exert a very great force on the jaws. Based on Miles, 1977.

Los rhipidistia presentan dientes Labyrinthodontes, en los que la capa externa de dentina y esmalte exhibe un complejo replegamiento. Esta característica es continua desde Rhipidistios a tetrápodos, hallándose en muchos anfibios basales.

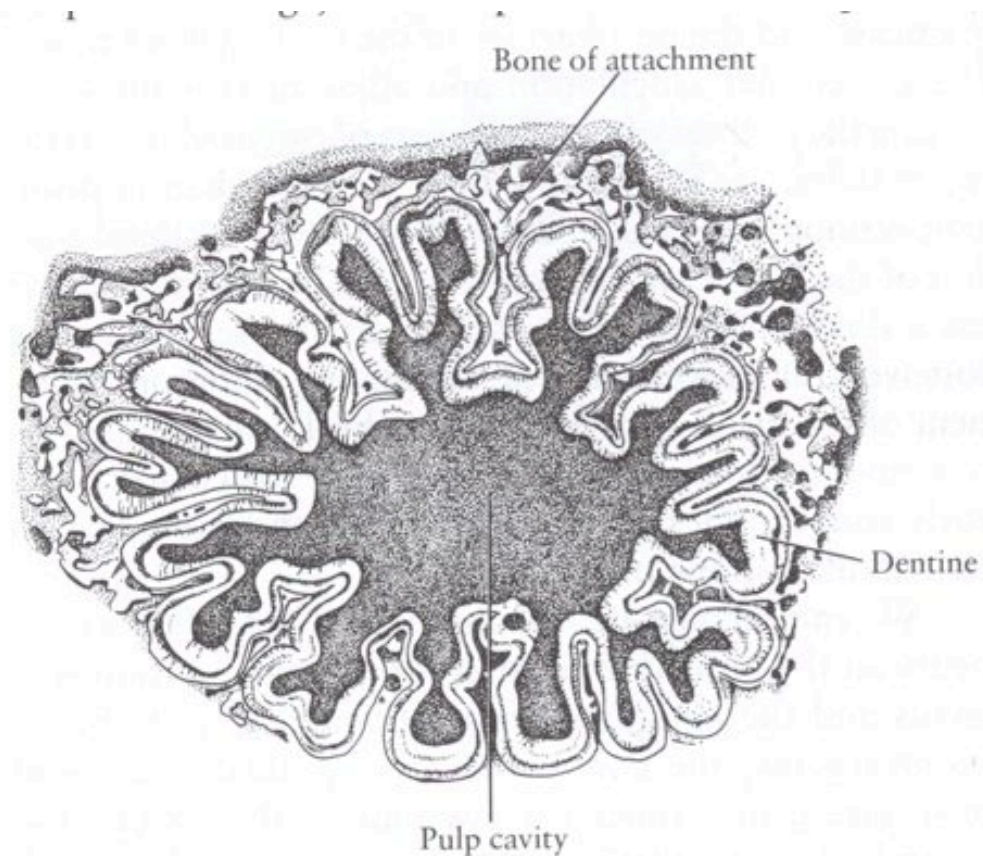
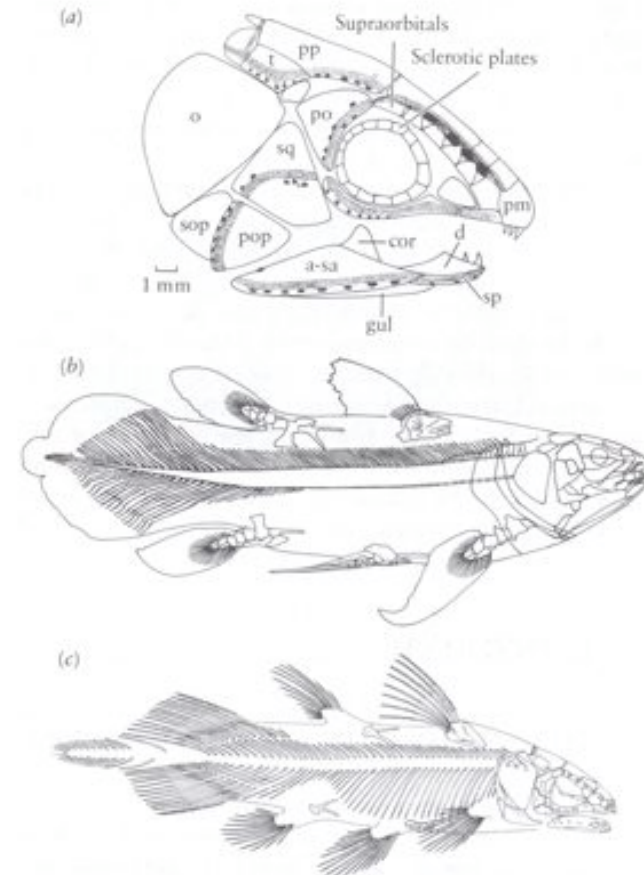
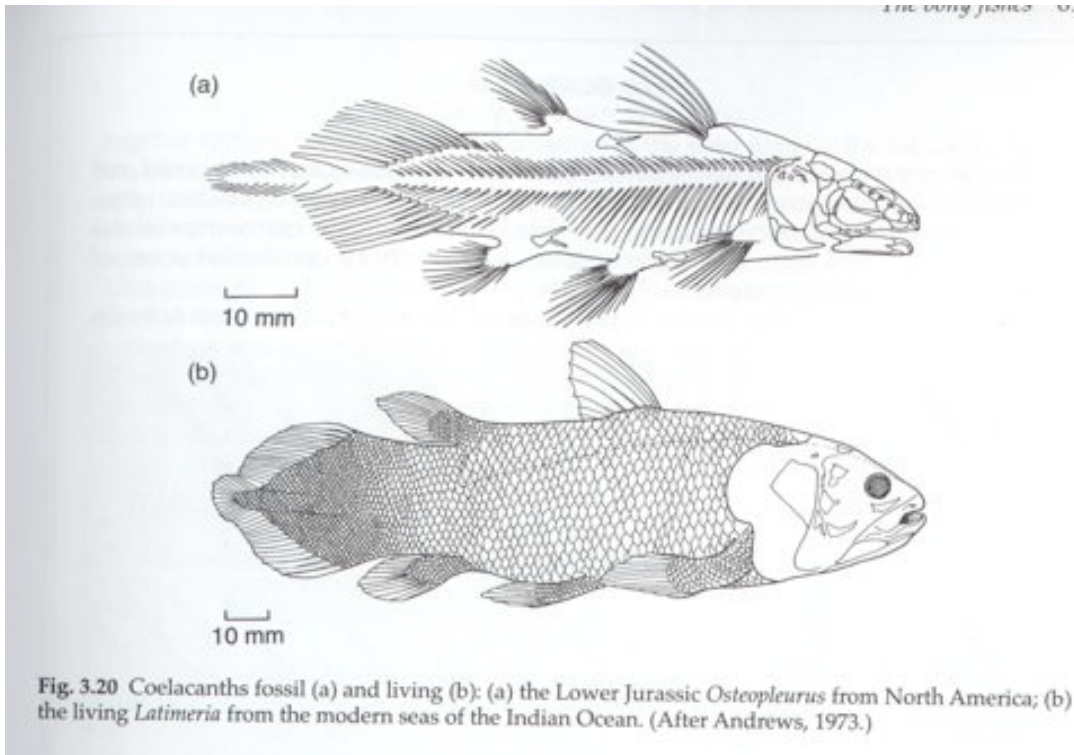


Figure 8-6. Great enlarged cross section of a tooth of *Eusthenopteron* to show labyrinthodont infolding of dentine. From Moy-Thomas and Miles, 1971, after Schultze.

Actinistia (Celacantos)

Todas sus aletas son lobuladas salvo la dorsal anterior. La cola característicamente se divide en tres partes: con porciones dorsales y ventrales separadas por un lóbulo medio al final del notocordio.



Latimeria

Latimeria presenta reproducción vivípara. Los pulmones son vestigiales, sólo son un pequeño saco lipídico. Estas son derivaciones: los primeros sarcopterygios, al igual que los primeros osteictios, tenían pulmones y probablemente eran ovíparos al igual que anfibios actuales



Dipnoi: Grupo al cual pertenecen los peces pulmonados actuales

Aletas apuntadas, con un eje central rodeadas un arreglo de huesos más o menos simétrico

Dientes trituradores, organizados en placas

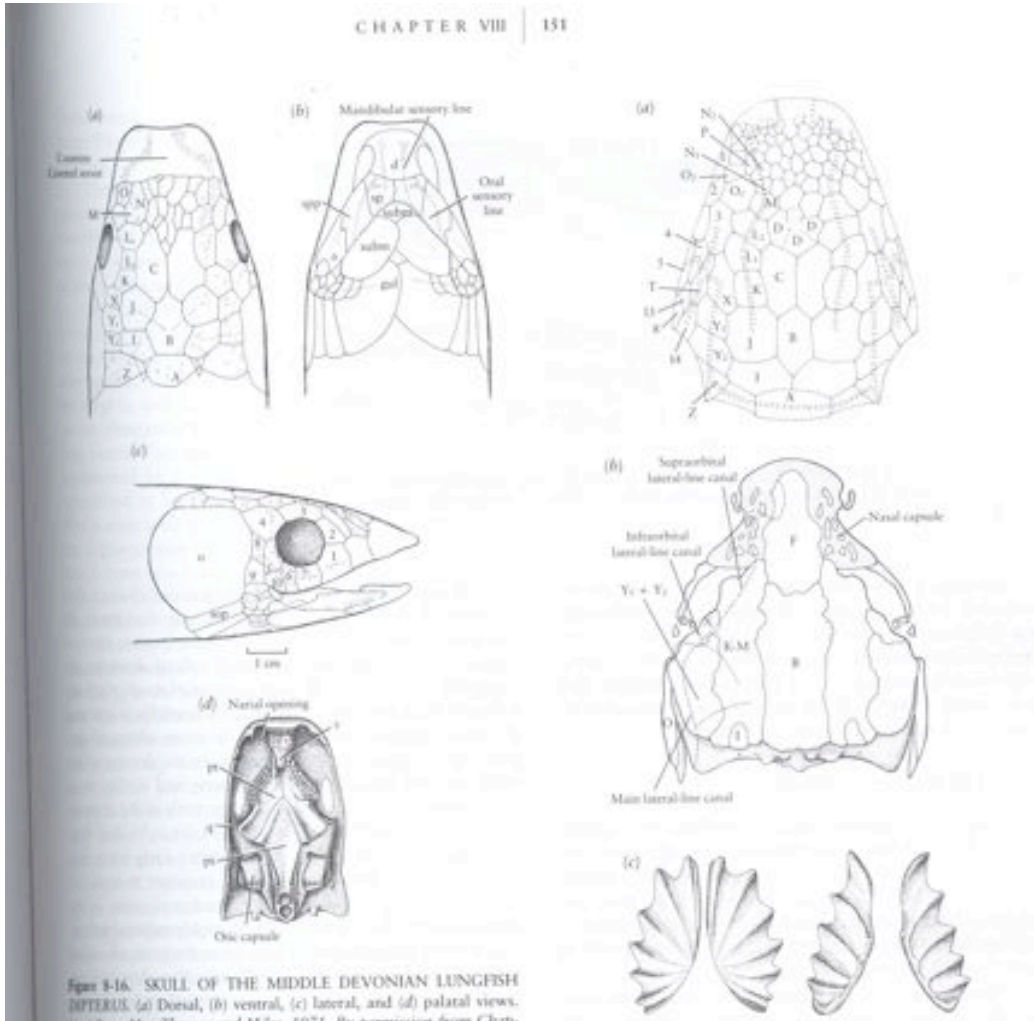


Fig. 8-16. SKULL OF THE MIDDLE DEVONIAN LUNGFISH DIPTERUS. (a) Dorsal, (b) ventral, (c) lateral, and (d) palatal views. (a-c) from Moy-Thomas and Miles, 1971. By permission from Chapman and Hall, Ltd. (d) From Westoll, 1949. Copyright 1949 by Princeton University Press, copyright renewed by Princeton University Press. Reprinted by permission of Princeton University Press.

Like primitive rhipidistians and actinopterygians, the rhomboidal scales of *Uramolophus* have an anterior dorsal process that articulates with the next scale above. There are two posteriorly placed dorsal fins. The tail is hetero-

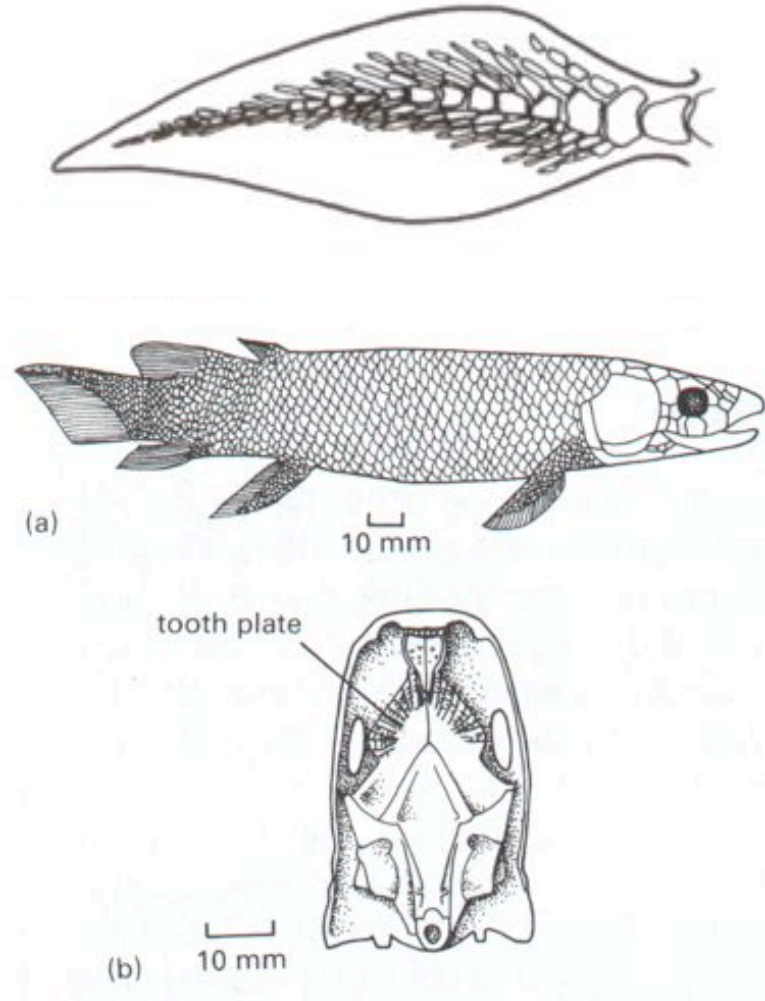


Fig. 3.21 The Devonian lungfish *Dipterus*, (a) in lateral view, and (b) ventral view of the palate, showing the tooth plates. (After Moy-Thomas and Miles, 1971.)

Figure 8-17. (a) Skull roof of the Lower Devonian lungfish *Dipterichthys*. From Thomson and Campbell, 1971. (b) Skull roof of the modern lungfish *Neoceratodus*. From Miles, 1977, after Goodrich. With permission from the Zoological Journal of the Linnean Society, Copyright 1977 by the Linnean Society of London. (c) Pterygoid and lower jaw tooth plates of the late Paleozoic lungfish *Sagenodus*. From Gregory, 1951. Courtesy of the Library Services Department, American Museum of Natural History.

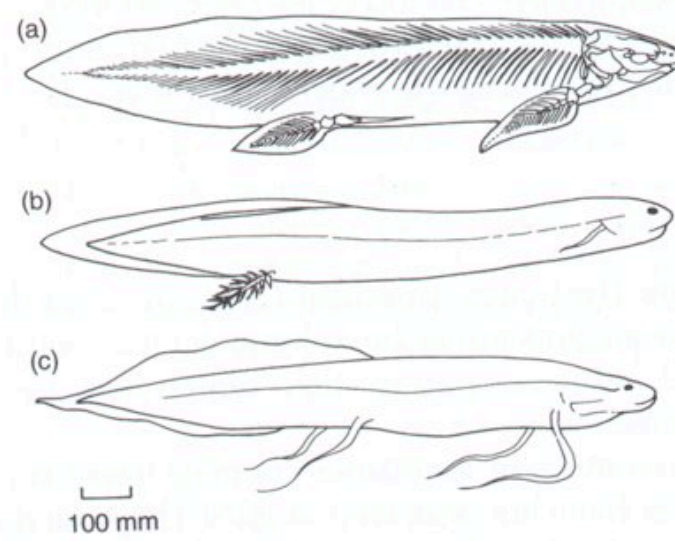
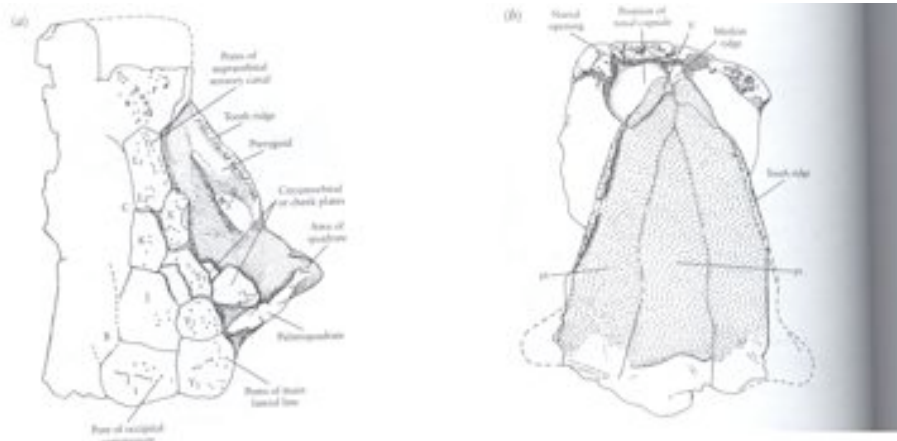


Fig. 3.22 The living lungfishes *Neoceratodus* from Australia (a), *Protopterus* from Africa (b), and *Lepidosiren* from South America (c). (Based on various sources.)

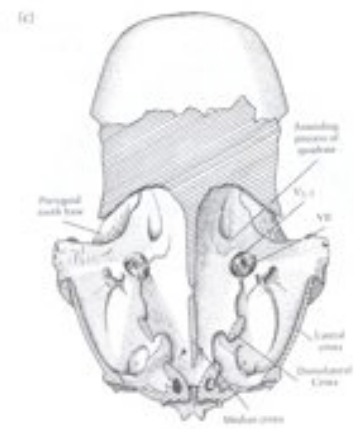


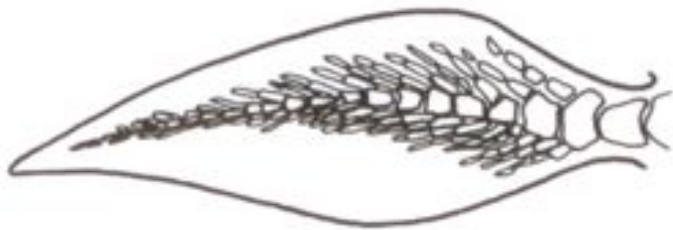
Figure 8-15. SKULLS OF FOSSIL DIPNOI Skull roof of an early Devonian lungfish *Cisnolophis*. (a) Dorsal view, $\times 1$. (b) Ventral view, $\times 1$. The area labelled ps (parapsphenoid) is probably a broken piece of the pt (pterygoid). No lungfish other than *Diatelostichus* has a long parapsphenoid, as in rhipidistians. From Denison, 1968a. By permission from the Field Museum of Natural History, Chicago. (c) Dorsal view of the braincase of the lungfish *Chirodipterus* with the skull roof removed to show the extent of chambers for the adductor jaw musculature. The jaw muscles occupy almost all of the space above the braincase and extend anteriorly toward the short lower jaws. From Miles, 1977. With permission from the Zoological Journal of the Linnean Society. Copyright 1977 by the Linnean Society of London.

El techo del cráneo es muy distinto al de rhipidistia, no hay kinesis craneal, el cráneo conforma una sola estructura.
 El techo del cráneo es muy diferente y se observan importantes sitios de inserción de la musculatura de la mandíbula trituradora.

a
a
P
d
M
a
c
a
v
h
c
I
c
e
t



Neoceratodus
(Australia)



Neoceratodus sólo usa sus pulmones para respirar aire cuando el agua se torna anóxica



Protopterus

África





Lepidosiren

Sudamérica



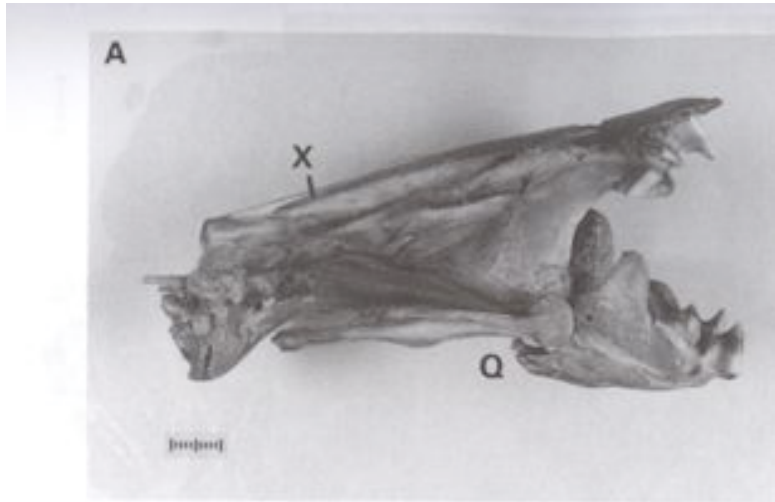
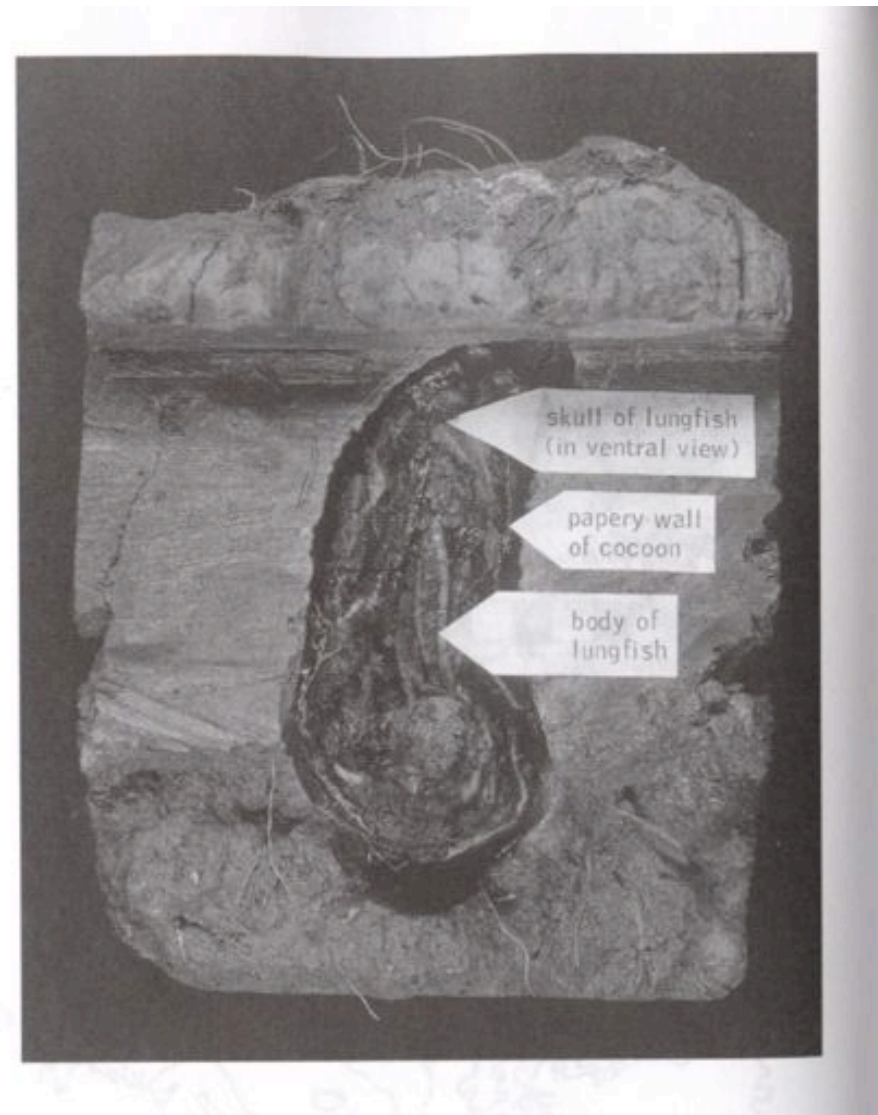


Figure 3.10. Skull of the modern lungfish *Protopterus* in (A) left lateral and (B) dorsal views. Note the ridged, scissorlike tooth plates and the forward position of the quadrate (Q). Most of the dermal skull bones have been lost. X marks one of the remaining elements. Bar = 10 mm. UMZC specimen. Photograph by S.M.J.



Cráneo de *Protopterus*



Protopterus y *Lepidosiren* requieren respirar aire (sino, se ahogan) y tienen capacidad de Aestivación en periodos de sequía, en un capullo de mucosa seca que lo impermeabiliza hasta que la lluvia lo disuelve

Los tetrápodos se caracterizan por poseer extremidades en vez de aletas, provistas de dedos.

La mayoría de los Tetrápodos adultos son capaces de locomoción terrestre y presentan una serie de modificaciones correspondientes

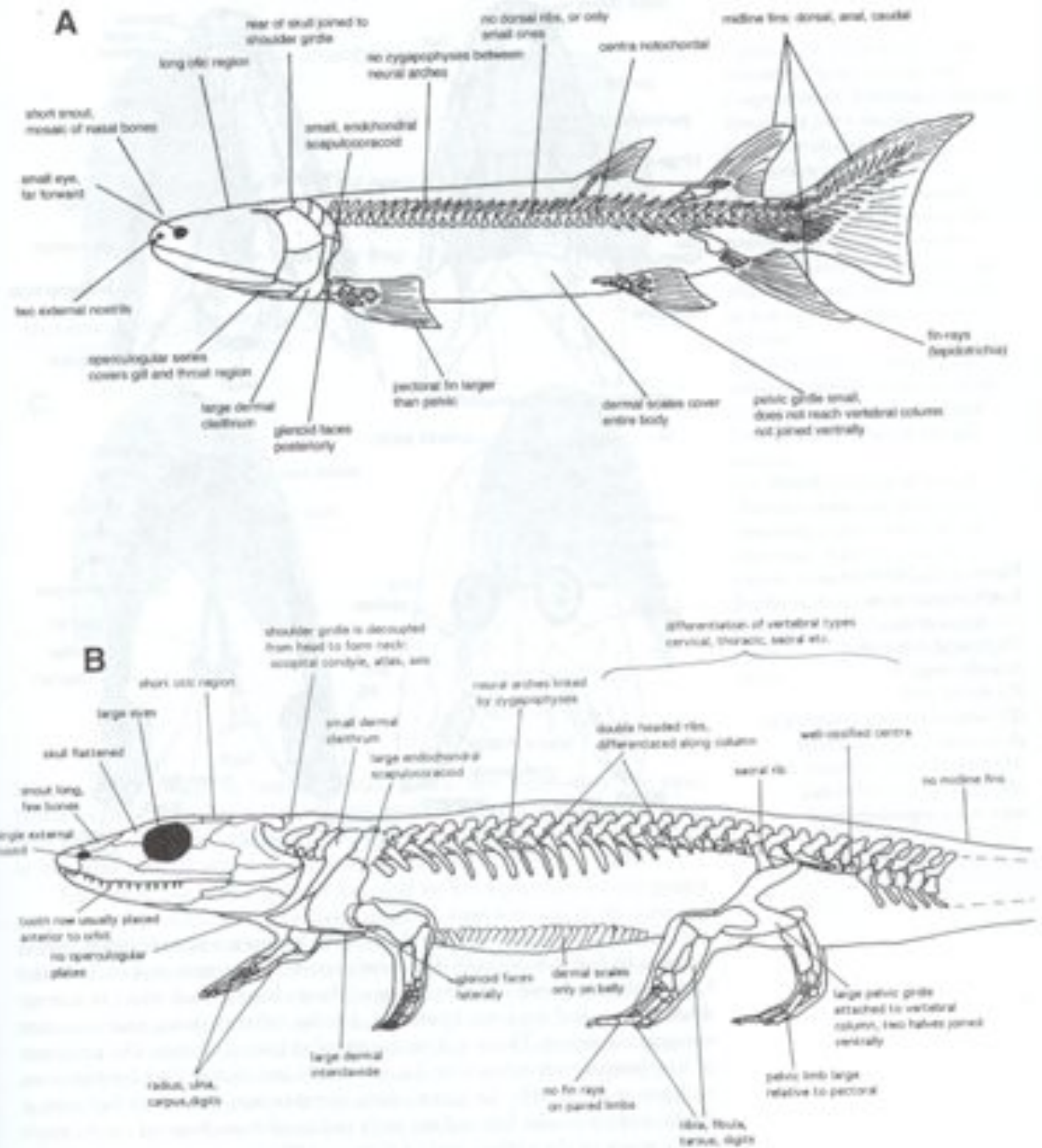


Figure 2.9. Skeleton of (A) a fish (similar to Eusthenopteron or Osteolepis), compared with (B) a tetrapod such as *Tetraposodon*, with the major differences highlighted.

Otra diferencia importante es la modificación del hueso hyomandibular, que actuaba como elemento de conexión o soporte de la mandíbula. Este se hace más pequeño y robusto en los primeros tetrapodos (involucrándose en la audición: es homólogo al estribo)

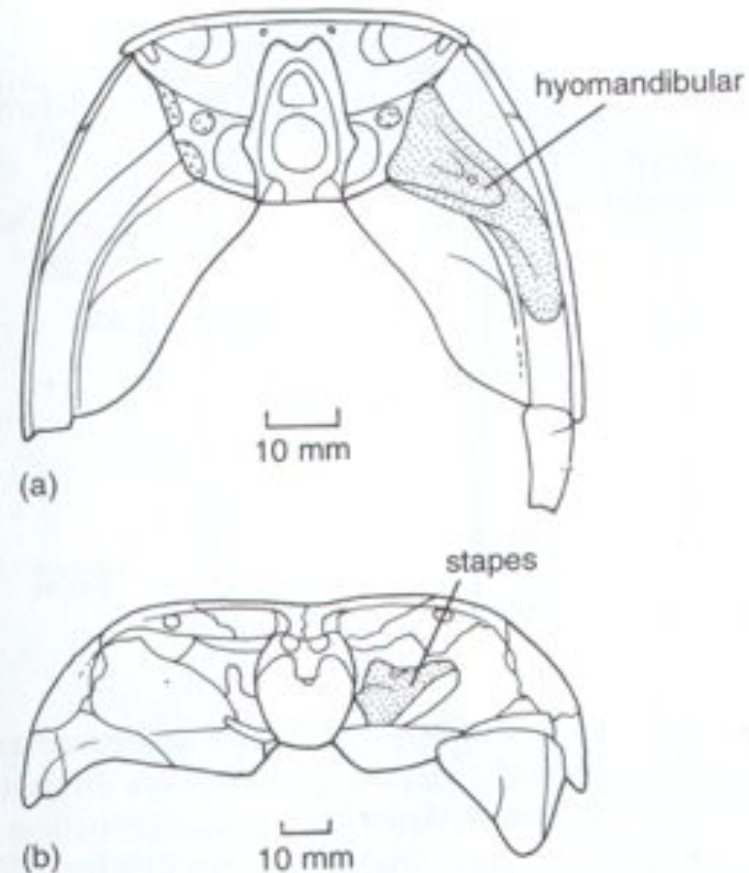
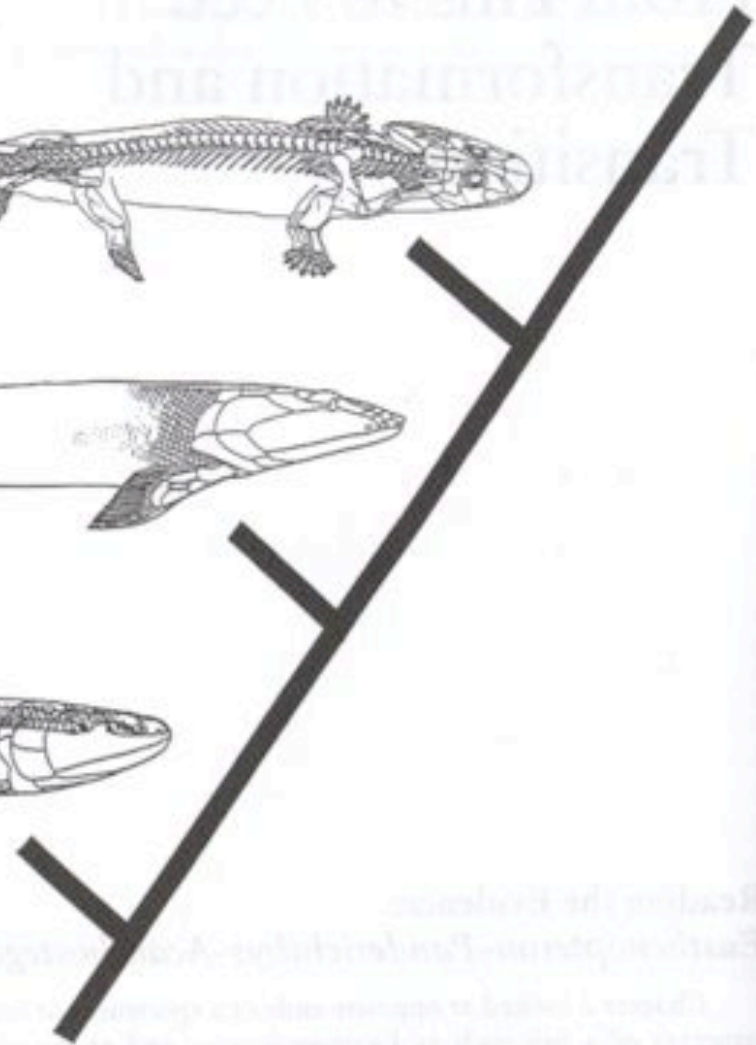
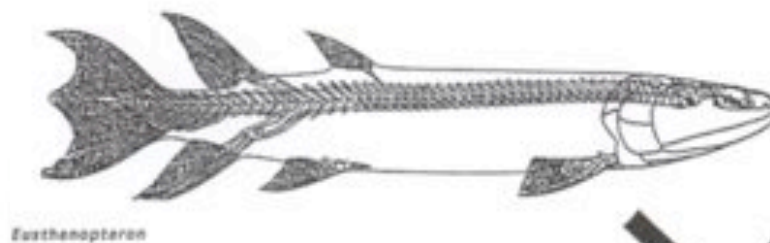
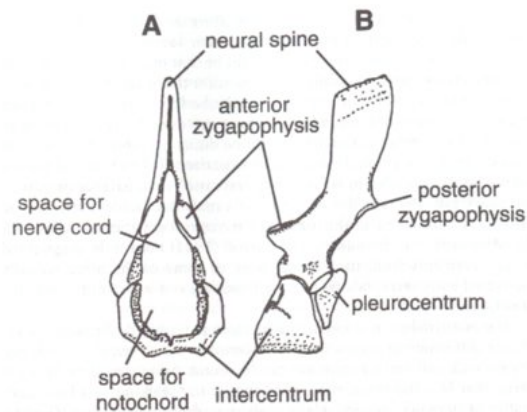
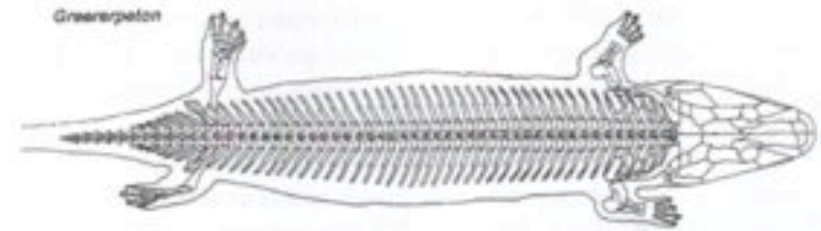
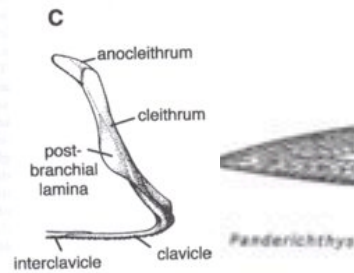
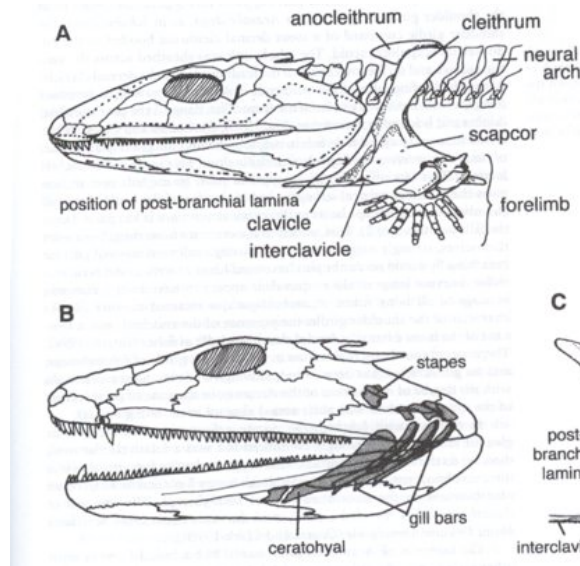


Fig. 4.3 Posterior views of the skulls of the osteolepiform *Eusthenopteron* (a) and the tetrapod *Greererpeton* (b) to show the changing function of the fish hyomandibular, which acted largely as a supporting element, to the tetrapod stapes, which functions in transmitting sound vibrations in air from the tympanum to the brain. (Modified from Smithson, 1982, by permission of Academic Press Ltd., London.)

Los tetrápodos son más afines a los peces Rhipidistia. Los Panderichthyidae como *Panderichthys* y *Tiktaalik* no tienen aleta dorsal y presentan aletas con elementos homologables a huesos de la muñeca y dedos. Pueden considerarse “tetrápodos troncales” o “fishapods”.



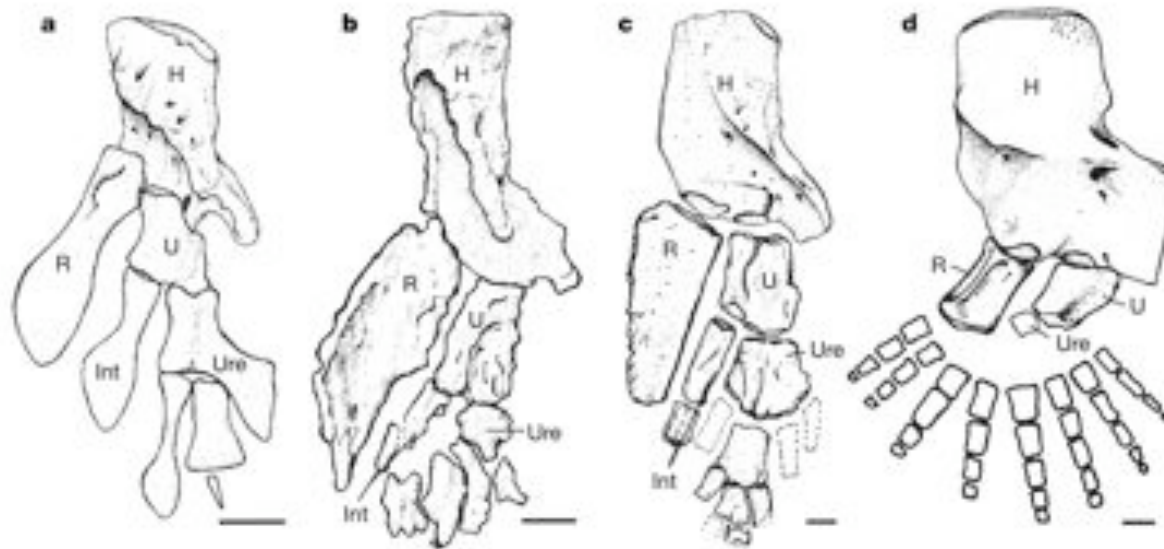
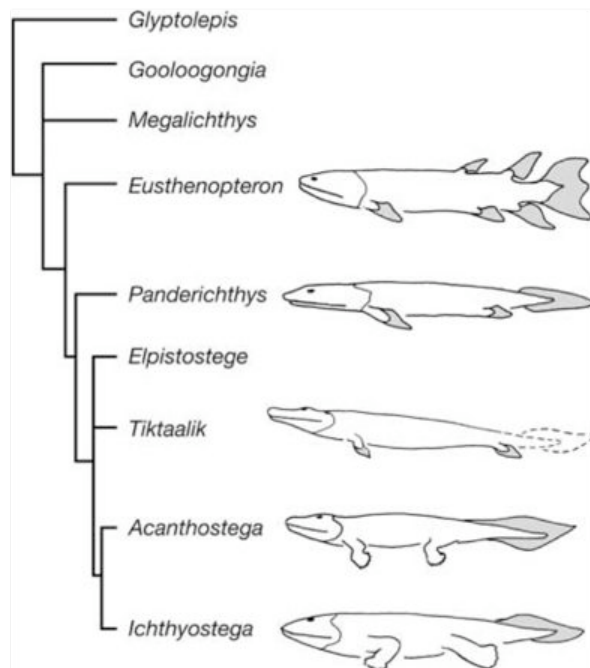


Figure 3 | Pectoral endoskeleton of tetrapodomorph fish and a tetrapod in ventral view. Pectoral fins of: **a**, *Eusthenopteron*; **b**, *Panderichthys*; and **c**, *Tiktaalik*. **d**, Limb of *Acanthostega*. H, humerus; Int, intermedium;

R, radius; U, ulna; Ure, ulnare. Scale bar, 1 cm. **a** is redrawn from ref. 17, **c** from ref. 4 and **d** from ref. 11.



Tiktaalik tiene además un cuello móvil, un hyoides robusto, y una articulación funcional en la muñeca.

d

c



TETRAPODS

autapod

phase III limb Hox expression

SARCOPTERYGIANS

zeugopod

reduction of dermal fin elements

elaborate fin endoskeleton

CHONDRICHTHYIANS

ACTINOPTERYGIANS

GNATHOSTOMES

2 sets of paired appendages

serial homology

in axis





Acanthostega es un tetrápodo troncal esencialmente acuático, indica que las extremidades y el hyoides robusto evolucionaron bajo el agua.

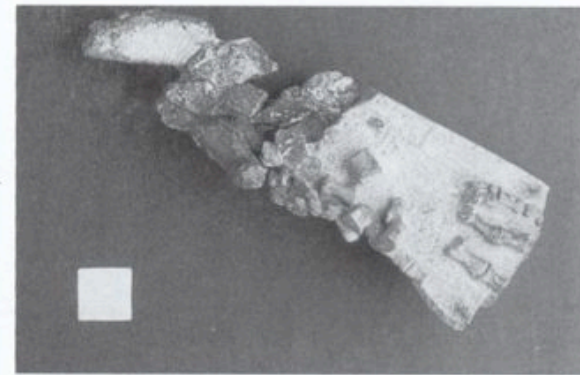
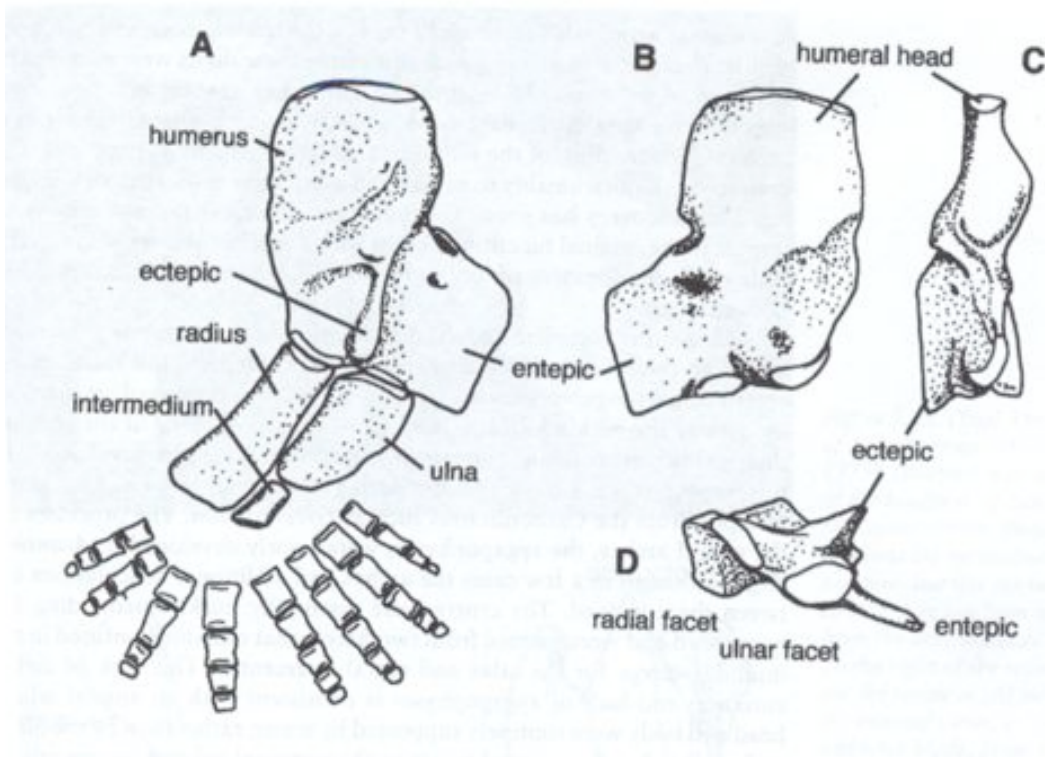
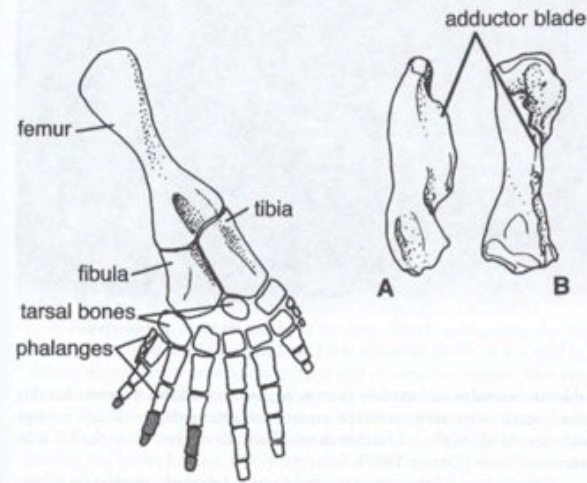


Figure 5.24. (Top) The hindlimb of *Acanthostega* (MGUH [n. 1375]). (Bottom) Reconstruction of the hindlimb of *Acanthostega* by Coates (1996). Shaded elements are reconstructed. The position, but not the number, of tarsal bones has been inferred from the disarticulated specimen. To the right of the reconstruction are the femur in (A) side and (B) internal views, to show the adductor blade. From Coates (1996).



En *Acanthostega* se aprecia que los primeros tetrápodos eran polidáctilos, observándose la presencia de ocho dedos

C

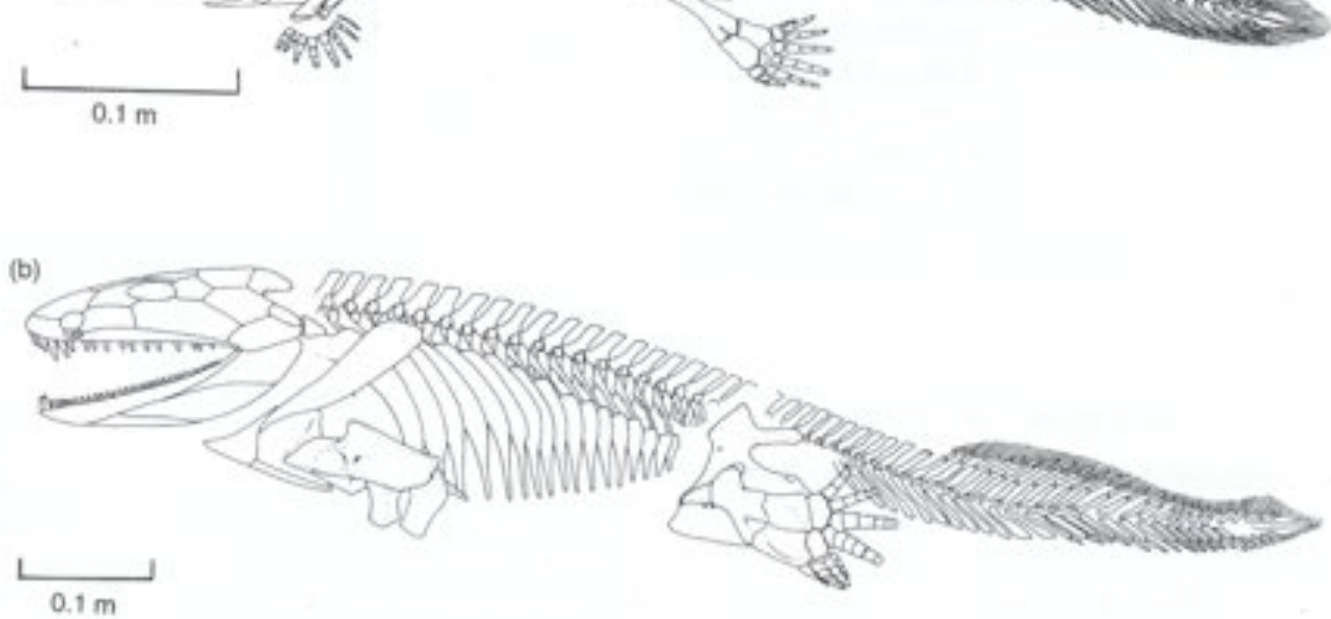


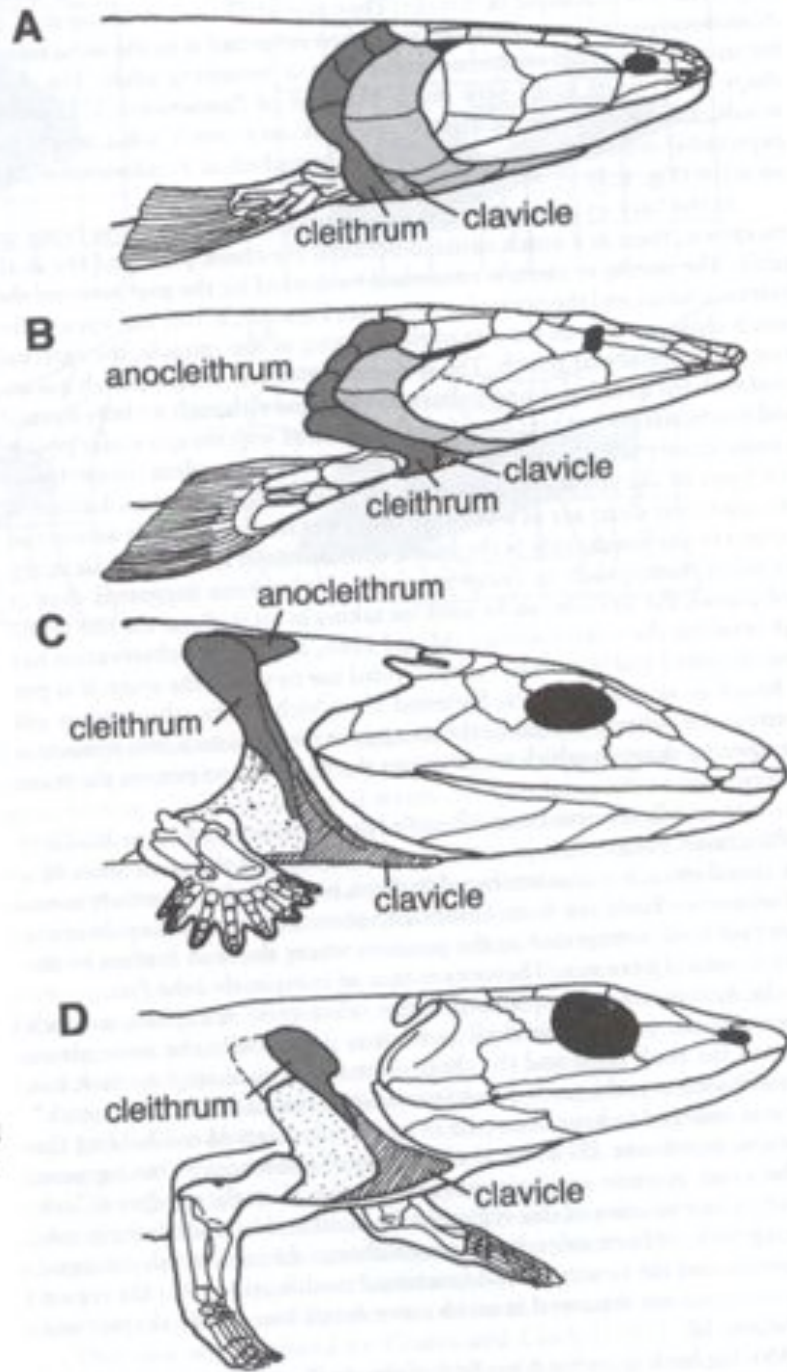
Fig. 4.5 Reconstructions of the Late Devonian tetrapods *Acanthostega* (a) and *Ichthyostega* (b), both shown in swimming mode. (Courtesy of M.I. Coates.)

Ichthyostega: No posee barras branquiales osificadas, presenta mayor desarrollo de las extremidades, y mayor capacidad de locomoción terrestre



Posee costillas muy desarrolladas

No se conoce la mano pero el pie presenta 7 dígitos



En los primeros tetrápodos el cráneo se separa de la cintura pectoral (incluyendo las extremidades anteriores). En las formas terrestres la cintura pélvica se unió a la columna vertebral Mediante una costilla sacral especializada

Esta unión no existe en *Acanthostega*

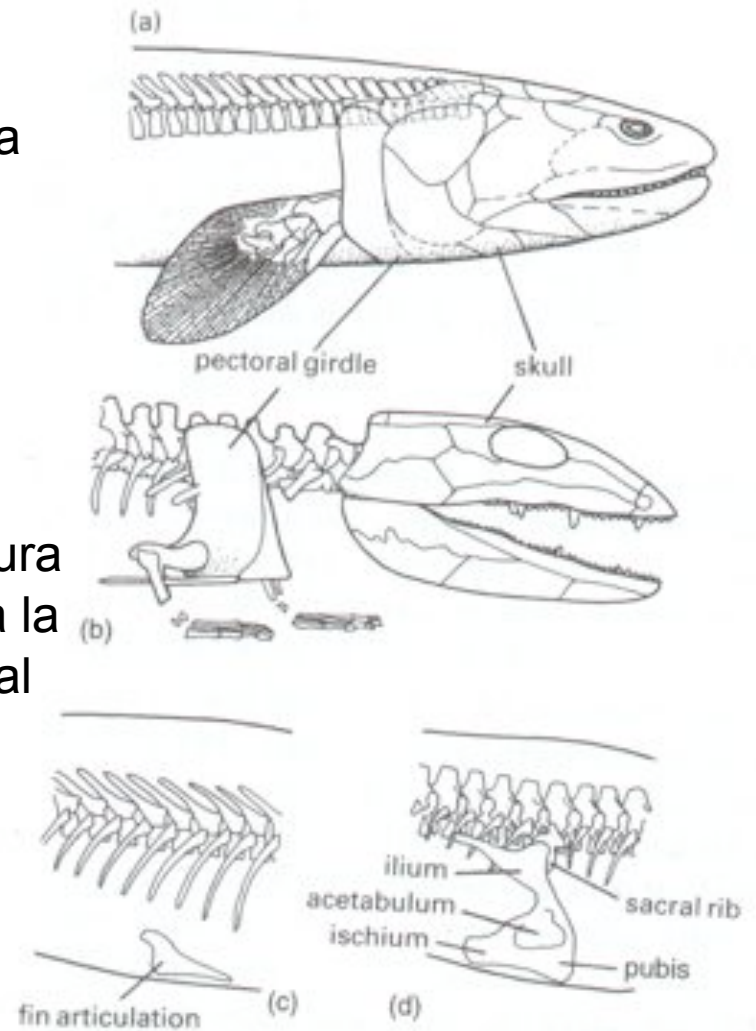
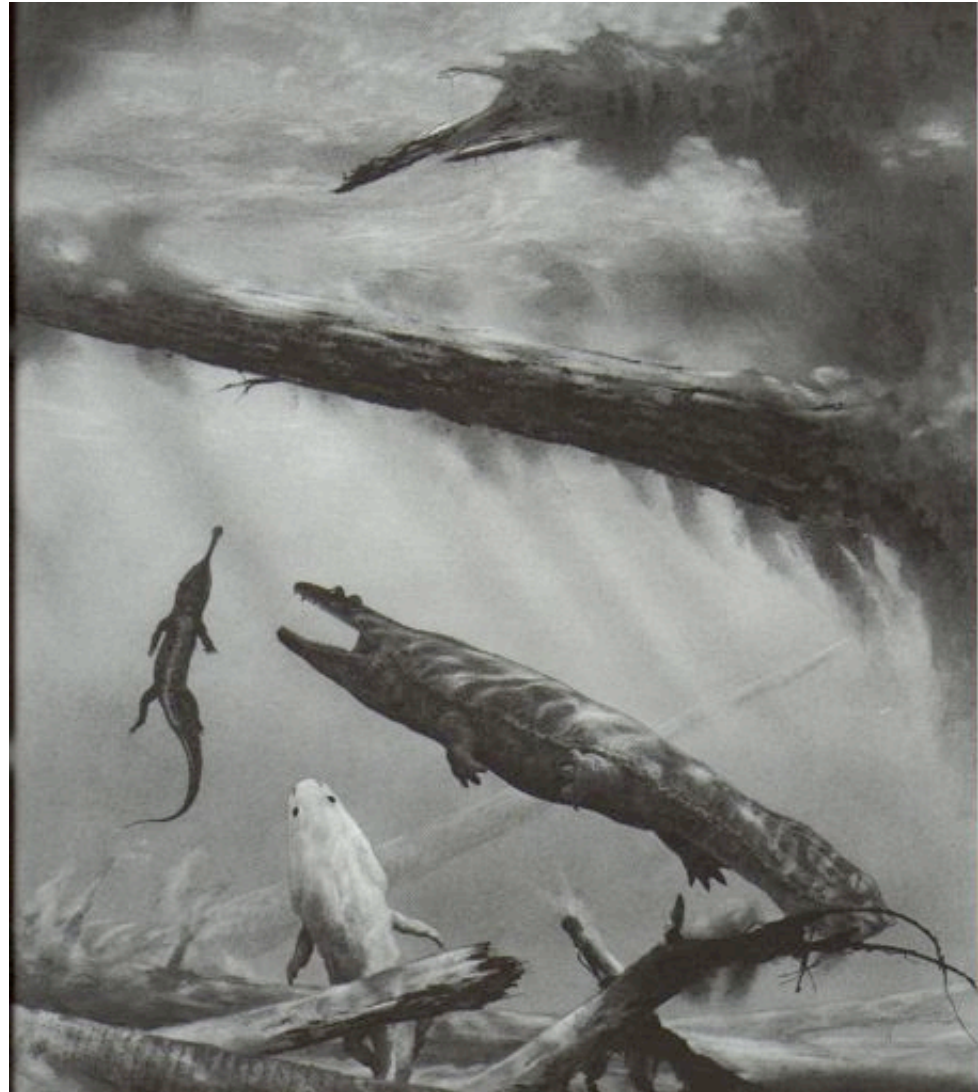


Fig. 4.2 The transition from osteolepiform fish (a) and (c) to basal tetrapod (b) and (d): (a) and (b) the separation of the skull from the shoulder girdle; (c) and (d) the enlargement of the pelvic girdle and its firm attachment to the vertebral column via the ilium and sacral rib. [Figures (a, c, d), after Stahl, 1974; (b) after Godfrey, S.J., in Carroll, 1987.]

Evolución de los anfibios



Acanthostega e Ichthyostega son tereapodos que poseen muñecas y tobillos simples. Los primeros anfibios pentadáctilos presentan múltiples elementos carpales y tarsales

Son anfibios todos los tetrapodos mas cercanos a las ranas actuales que a los lagartos (u otro amnioto)

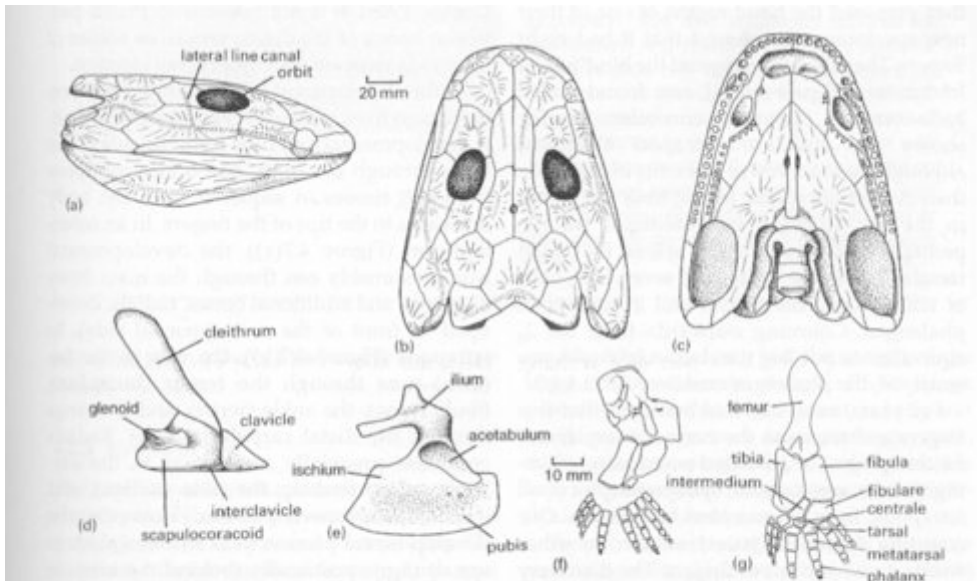


Fig. 4.6 The anatomy of *Ichthyostega* (a–e), (g) and *Acanthostega* (f): (a–c) skull in lateral, dorsal, and ventral views; (d) shoulder girdle in lateral view; (e) pelvic girdle in lateral view; (f) arm and hand in anterior view; (g) leg and foot in anterior view. [Figures (a–e) after Jarvik, 1955; (f, g), courtesy of M.I. Coates.]

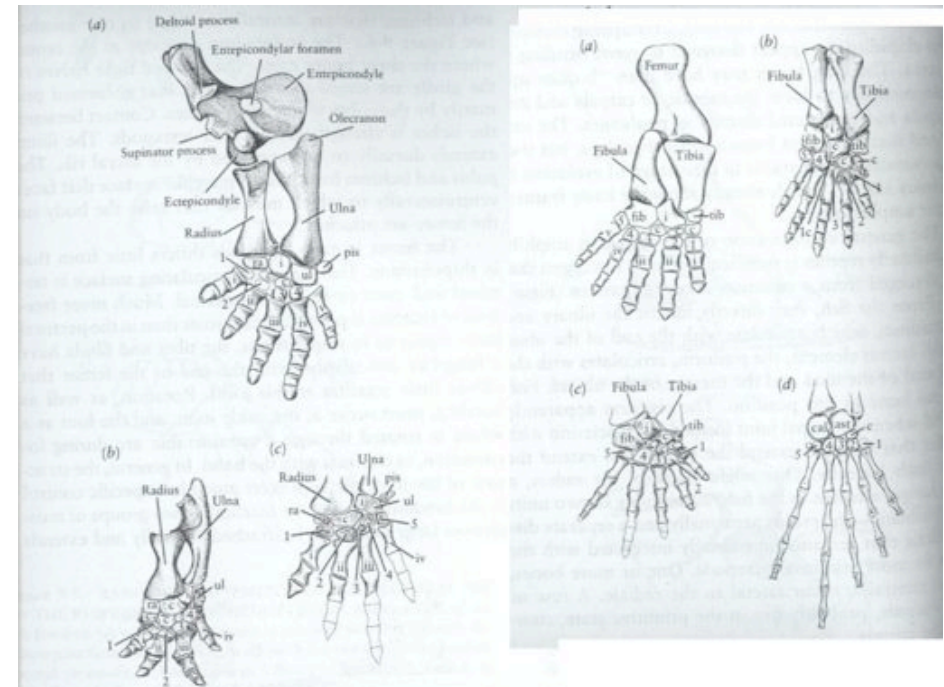
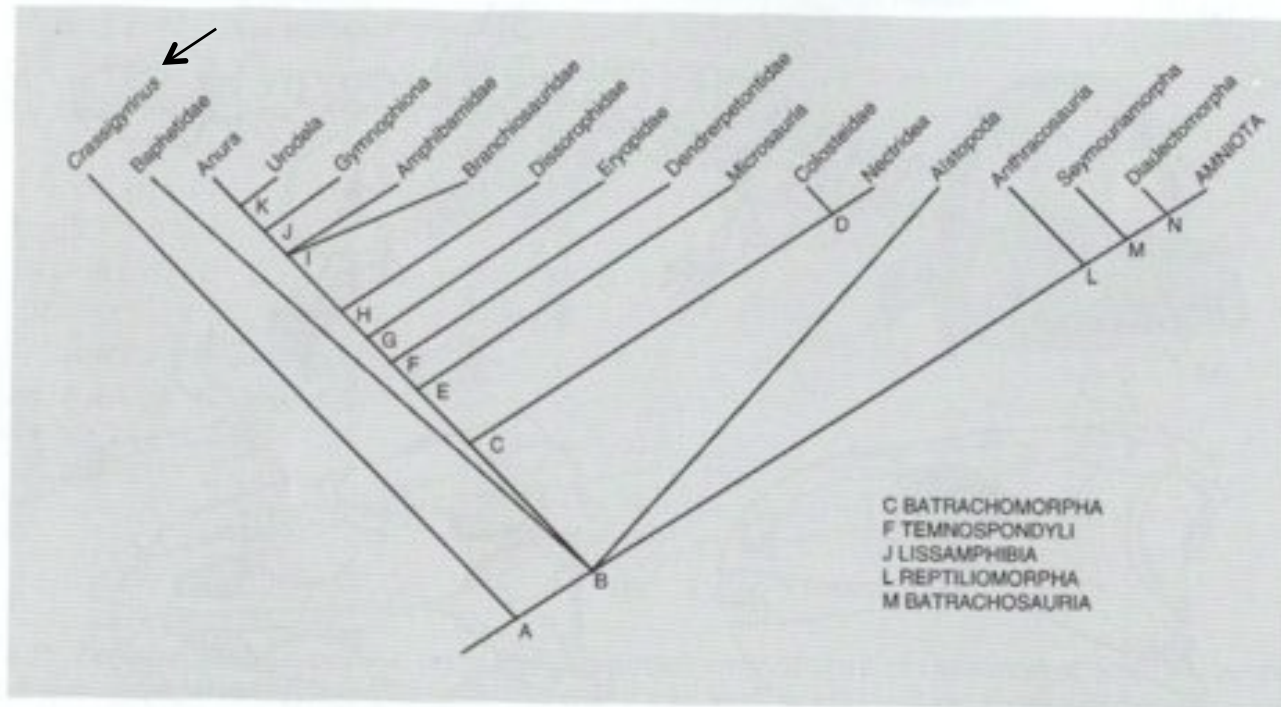


Figure 9-9. THE CARPUS OF EARLY TETRAPODS. (a) The anthracosaur *Limnoscelis*. From Williston, 1925. (b) The temnospondyl *Eryops*. From Williston, 1925. Reprinted by permission of Harvard University Press. (c) The microsaur *Pantylus*. From Carroll and Gaskill, 1978. All from the Lower Permian. Abbreviations as follows: c, centrale; i, intermedium; pis, pisiform; ra, radiale; ul, ulnare; 1–5, distal carpals; i–v, metacarpals.



Phylogeny of tetrapods based on Milner (1986)

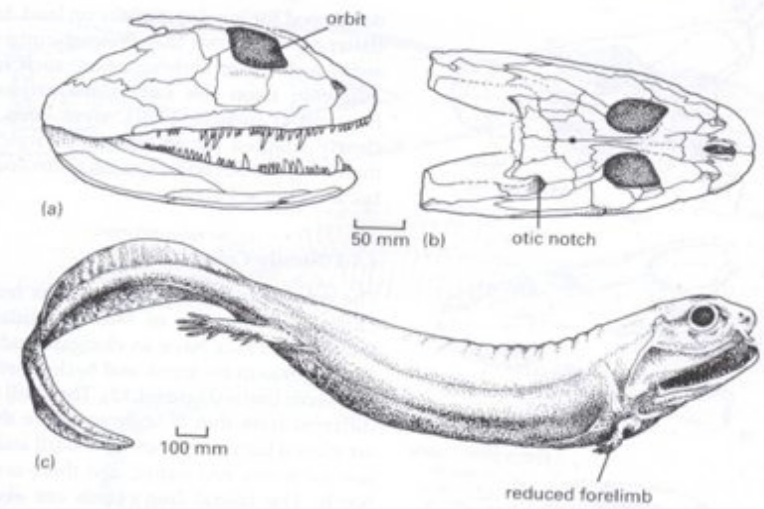


Fig. 4.9 The early tetrapod *Crassigyrinus*: (a, b) skull in lateral and dorsal views; (c) whole-body restoration, based on new Scottish material, but the tail is imaginary. [Figures (a, b) after Panchen, 1985; (c) after Milner *et al.*, 1986.]

Crassigyrinidae

Estilo de vida acuático , extremidades reducidas

La presencia en crassigyrinus de una "muesca Ótica" asociada al oído interno un falso "espiráculo"

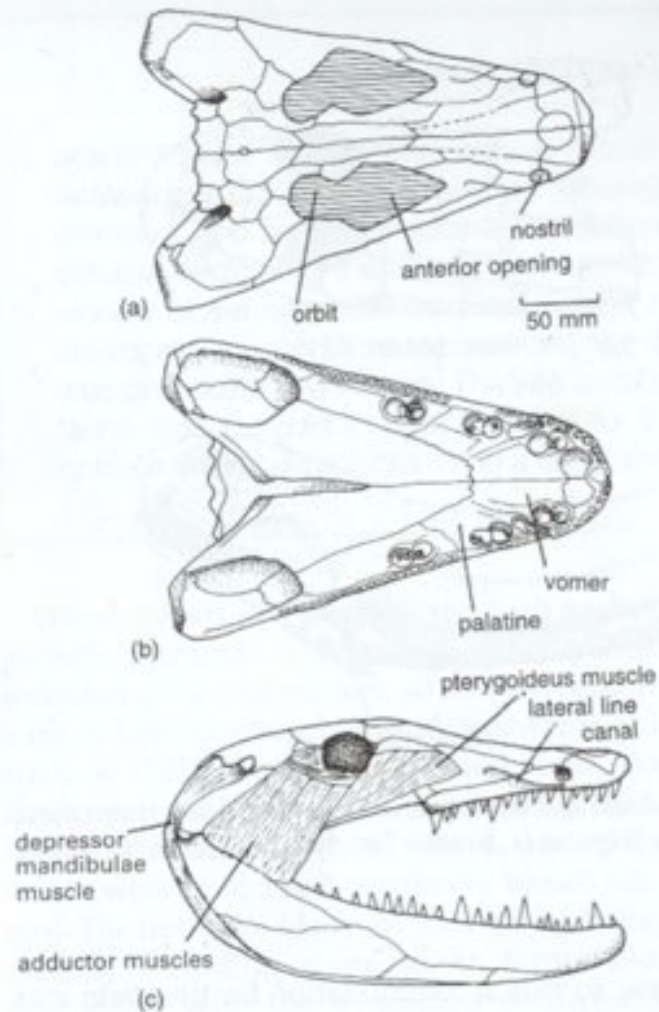


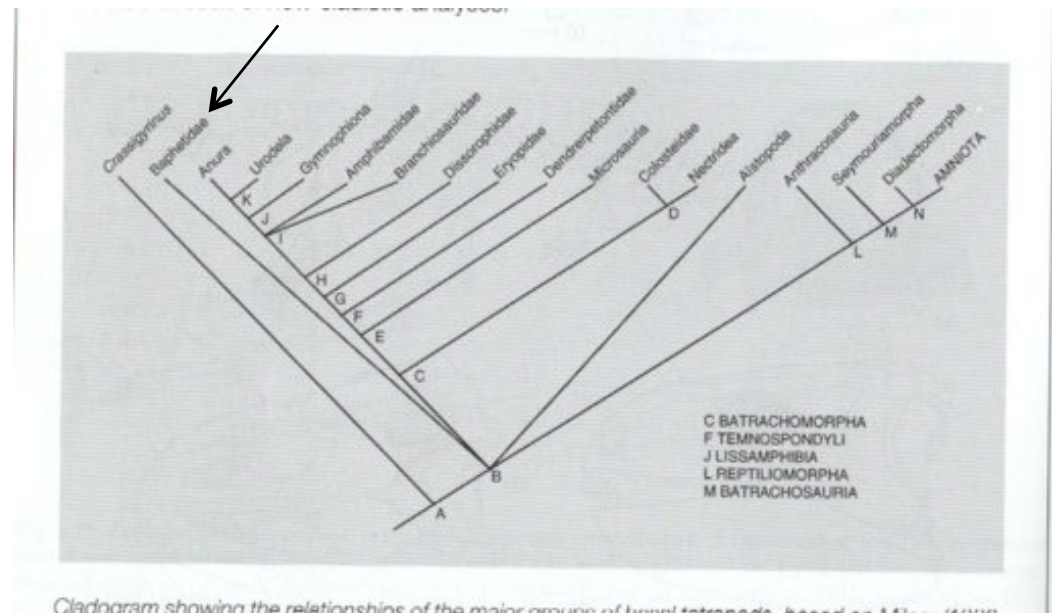
Fig. 4.10 The baphetid (loxommatid) *Megalocephalus*: (a, b) skull in dorsal and ventral views; (c) skull in lateral view, with a tentative restoration of the main jaw muscles. (After Beaumont, 1977.)

Baphetidae

Se caracterizan por poseer la apertura del ojo (órbita) comunicada con una enorme apertura anterior.

Presentan vestigios de la línea lateral en el Cráneo.

Se distinguen con claridad la inserción de músculos depresores y aductores de la mandíbula



Cladogram showing the relationships of the main groups of bony tetrapods. Based on 141 genes (1998)

Aïstopoda

Pérdida total de las extremidades y de los cinturones pectoral y pélvico
 Vértebras conforman un único elemento (“holospóndilos”)
 Cráneo ha perdido muchos de los huesos más posteriores. Algunos presentan kinesis cranial.

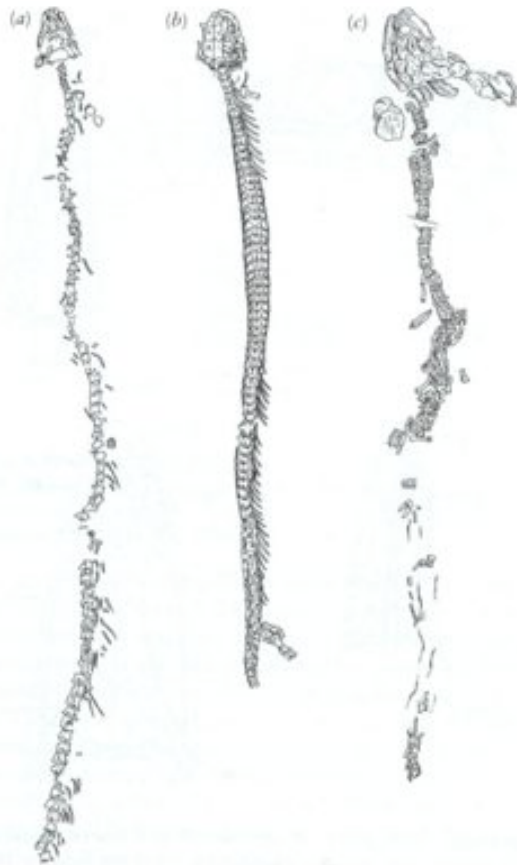


Figure 9-27. LONG-BODIED “LEPOSPONDYLS.” (a) The aïstopod *Lethiscus*, from the Lower Carboniferous, x1. From Wellstead, 1982. (b) The lysorophid *Cocytinus*, x1. From Carroll and Gaskill, 1978. (c) *Acherontiscus*, x1. From Carroll and Gaskill, 1978. Skeletons of *Lethiscus* and *Acherontiscus* have been straightened for convenience of illustration.

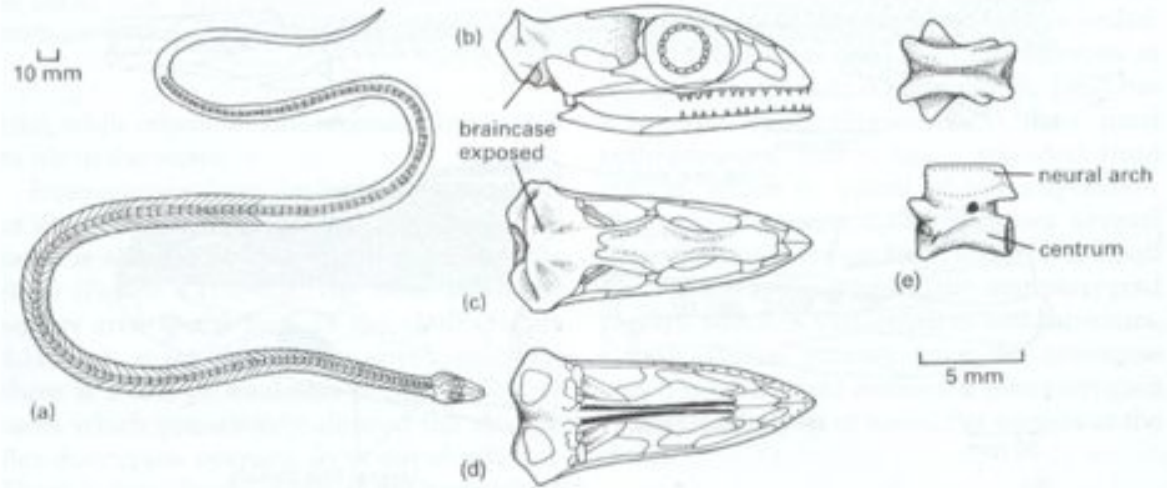
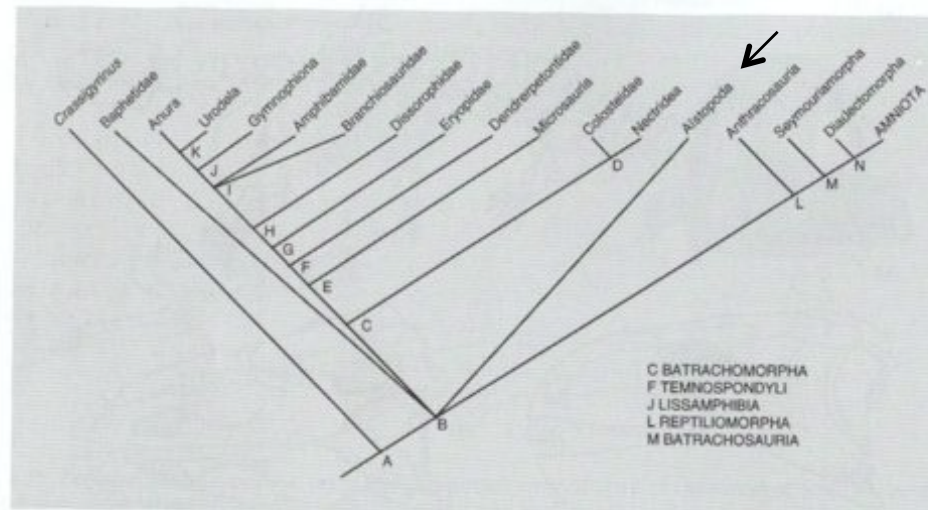


Fig. 4.14 The aïstopod *Aornerpeton*: (a) reconstructed skeleton; (b–d) skull in lateral, dorsal, and ventral views; (e) trunk vertebra in dorsal (left) and lateral (right) views. (After Gregory, 1948, courtesy of the *American Journal of Science*.)



Cladogram showing the relationships of the major groups of vertebrates. Based on 14/11/11

Colosteidae

Acuáticos, presentan línea lateral en el cráneo, y ojos en posición más anterior
 No tiene muesca ótica

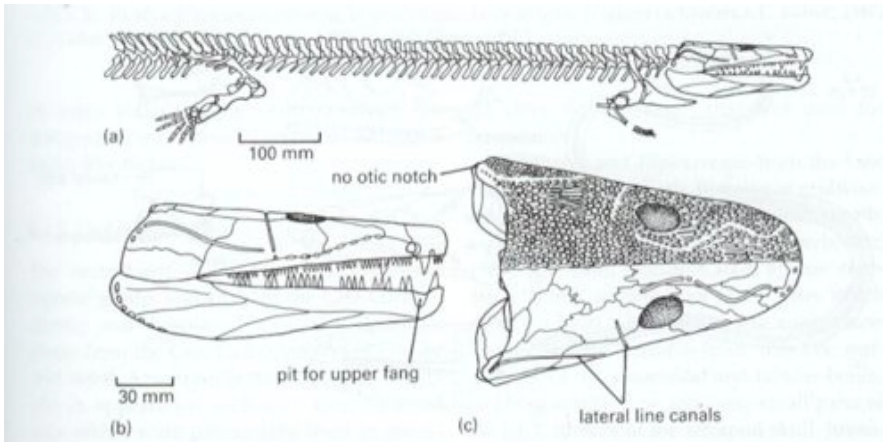
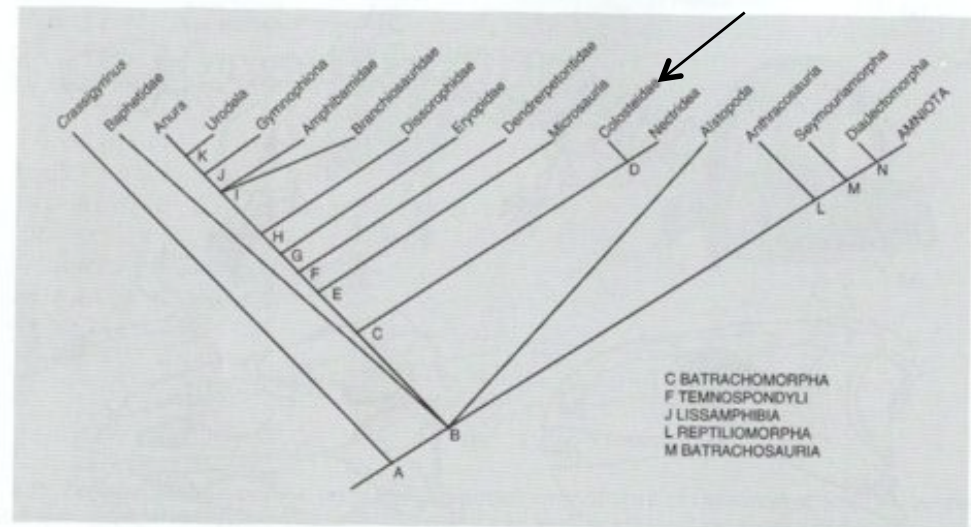


Fig. 4.12 The colosteid *Greererpeton*: (a) whole-body restoration; (b, c) skull in lateral and dorsal views, showing the sculpturing of the skull bones on the left side of the dorsal view (c) only. [Figure (a) after Godfrey, in Carroll, 1987; (b, c) after Smithson, 1982.]



Cladogram showing the relationships of the main groups of living tetrapods. Based on 145-150 (10/11)

Nectridea

Acuáticos, de cola aplanada, con espinas asimétricas ornamentadas arriba y debajo de la cola. *Diplocaulus* y *Diploceraspis* presentan una notable extensión de los huesos escamoso y tabular. Los jóvenes no tienen estos “cuernos”

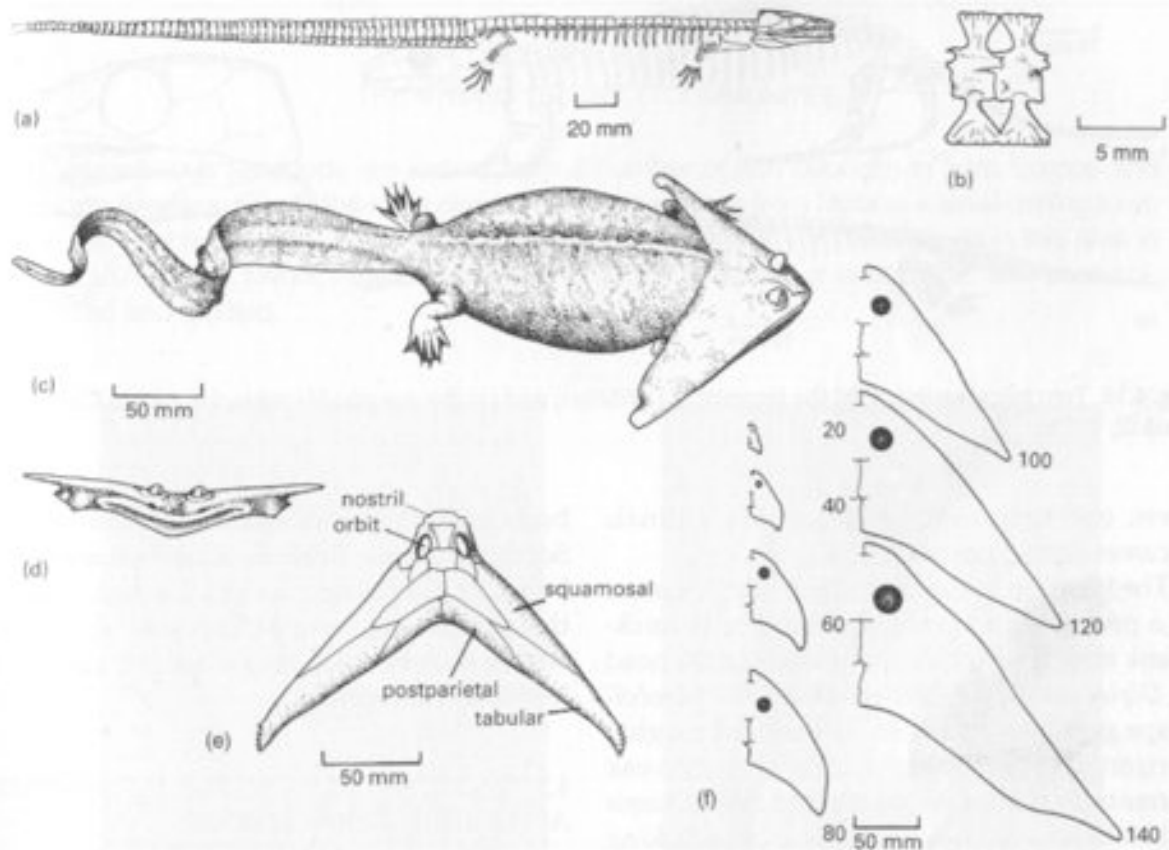
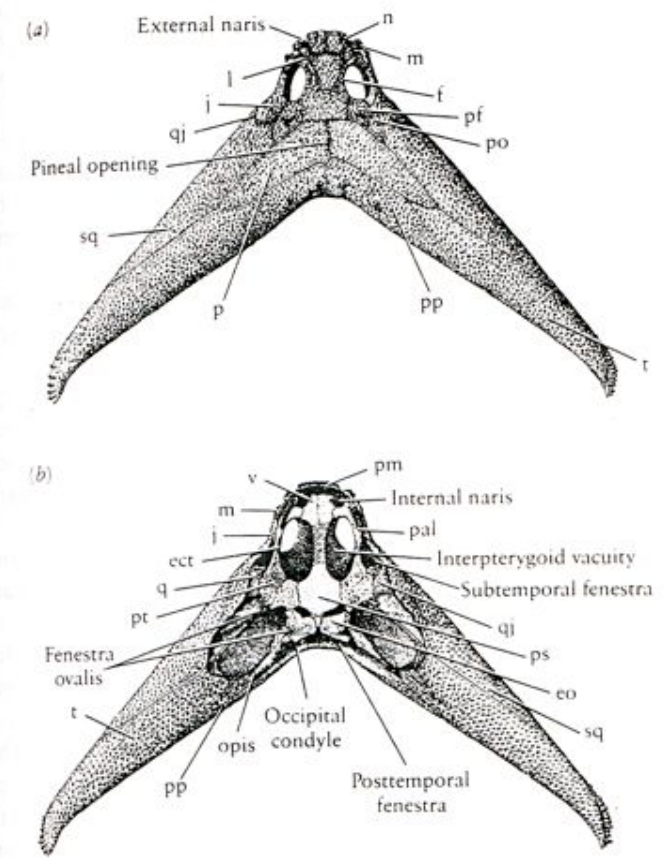
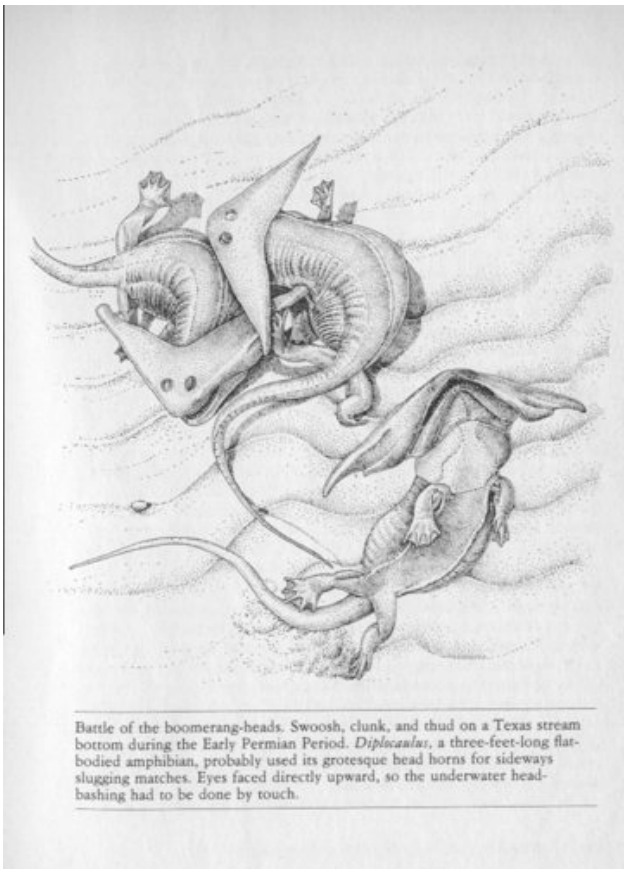
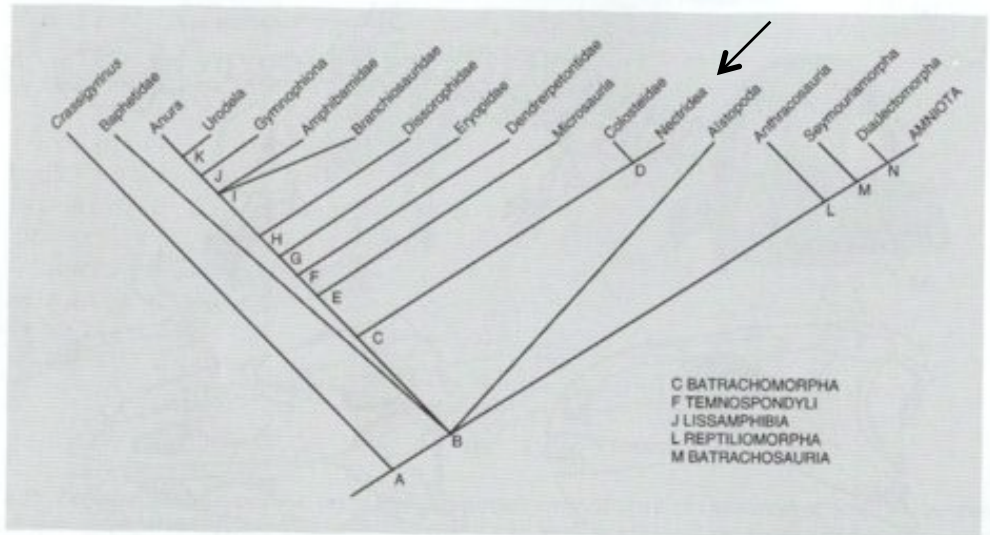


Fig. 4.15 Aquatic nectrideans, *Sauropleura*, skeleton (a) and caudal vertebrae in lateral view (b) and *Diplocaulus* (c-f): (c) life restoration; (d) anterior view of head; (e) dorsal view of skull; (f) sequence of growth stages, from juvenile (top left) to adult (bottom right), showing the growth of the projecting 'horns'. The values 20, 40, 60, etc. are measurements, in mm, of total body lengths. [Figures (a, b) after A.C. Milner, 1980; (c-e) after Cruickshank and Skews, 1980; (f) after Olson, 1951.]





Battle of the boomerang-heads. Swoosh, clunk, and thud on a Texas stream bottom during the Early Permian Period. *Diplocaulus*, a three-foot-long flat-bodied amphibian, probably used its grotesque head horns for sideways slugging matches. Eyes faced directly upward, so the underwater head-bashing had to be done by touch.



Cladogram showing the relationships of the major groups of land tetrapods. Based on Laurin (1998)

Microsauria

Fundamentalmente terrestres, convergentes en estilo de vida con las lagartijas. Incluyen reversiones a estilo de vida acuático. Cráneo robusto, región occipital (nuca) más desarrollada.

92 *The early tetrapods and amphibians*

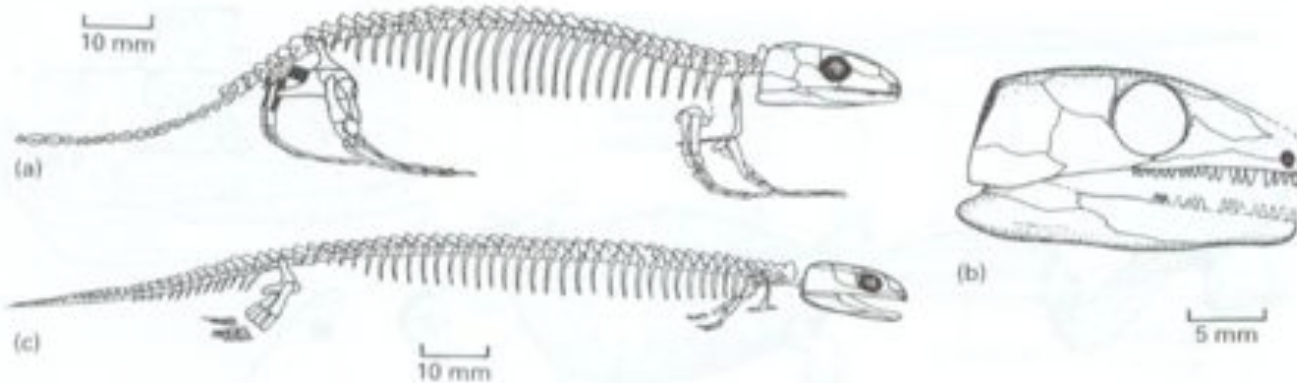
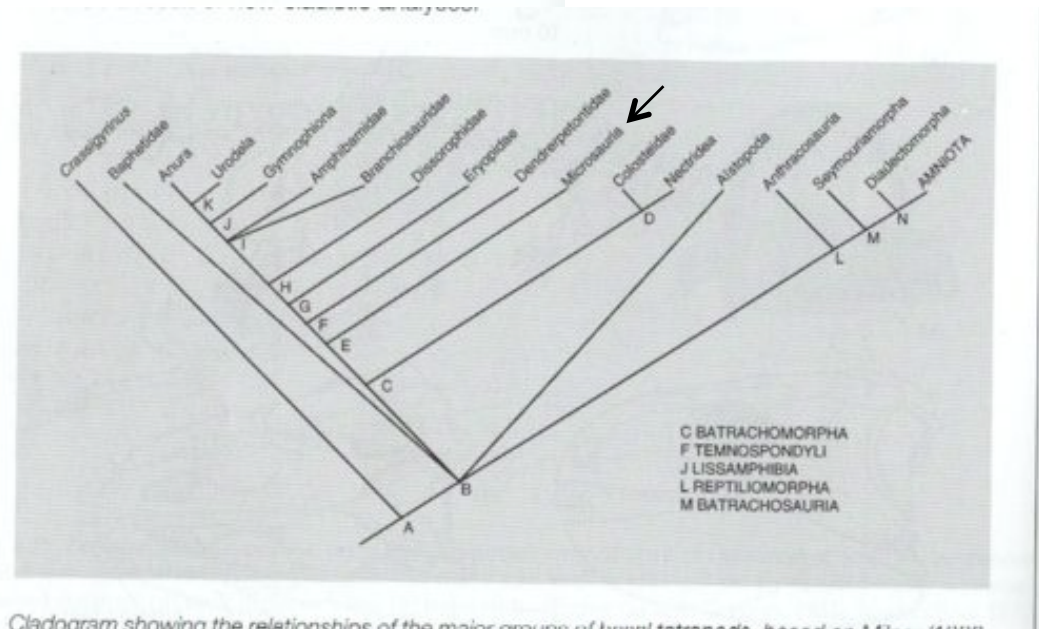
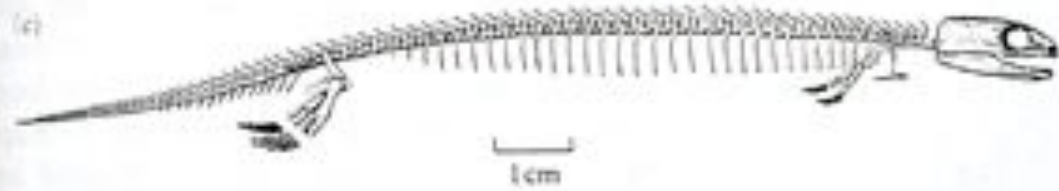
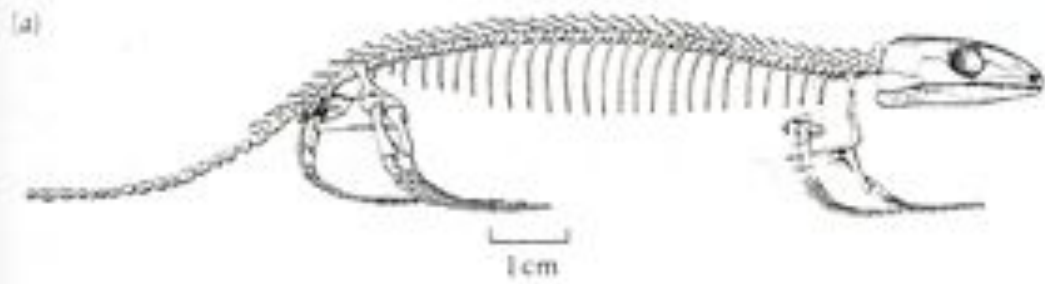


Fig. 4.16 Two microsaur: (a, b) the terrestrial *Tuditanus*; and (c) the aquatic *Microbrachis*. (After Carroll and Gaskill, 1978.)



Cladogram showing the relationships of the main groups of land tetrapods. Based on 14/11/11



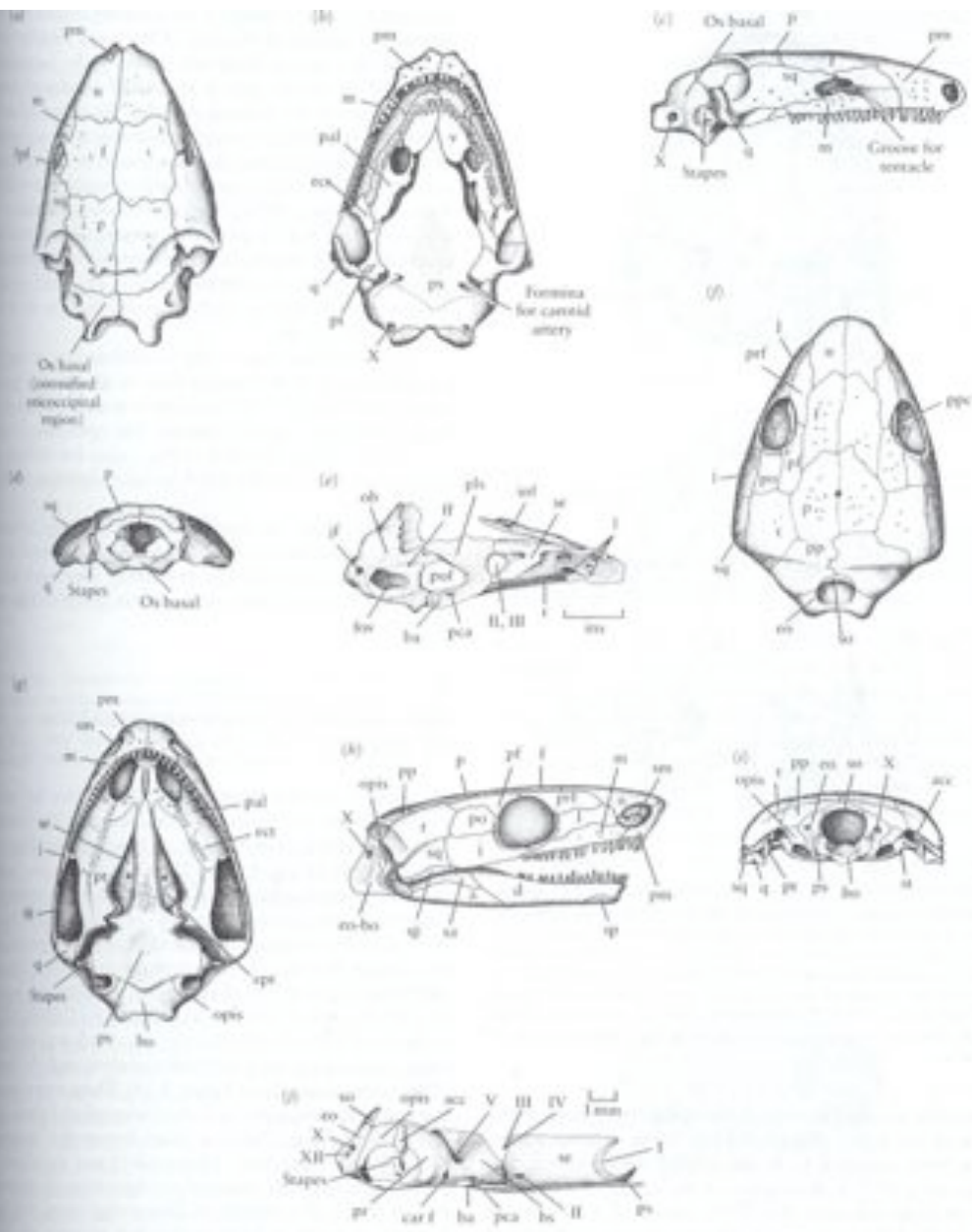


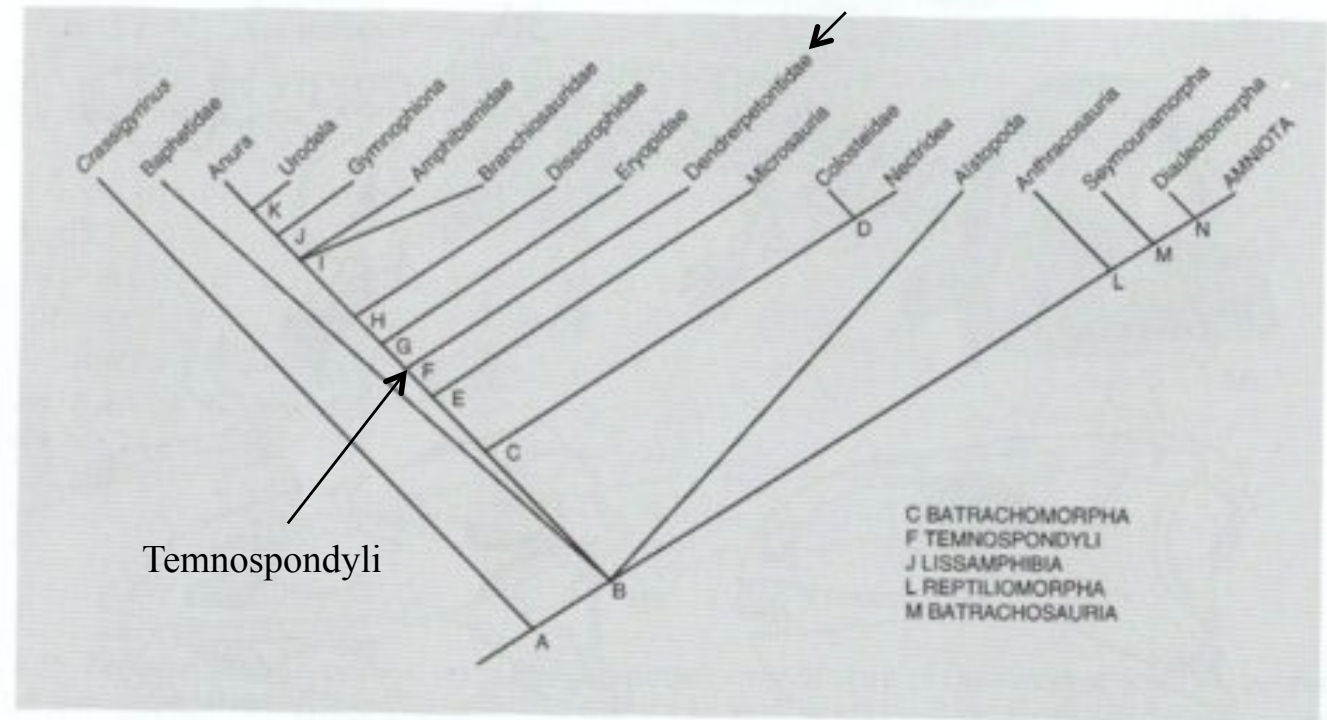
Fig. 934. COMPARISON OF THE SKULL OF CAECILIANS AND THE MICROSAUR RHYNCHONELIOS. (a-c) The modern caecilian *Gastrophis* in dorsal, palatal, and lateral views, $\times 5$. (d) Occipital view of *Hypsigobius*. (e) Basicranium of *Rhynchonelos* in lateral view. (f) *Rhynchonelos* in comparable views. Abbreviations as in Figure 933 plus: acc, accessory ear muscle; ba, basiarticular articulation; car I, carotid foramen; ex-bo, exoccipital-basioccipital complex; H, facial for-

amen; fov, fenestra ovalis; ind, infra frontal extensions of the sphenethmoid; ins, internasal septum; il, jugular foramen; ob, os basale; opo, opisthotic; pca, palatine canal; ph, pleurosphenoid; pof, prootic foramen; ppc, palpebral cup; pr, prootic; r, rostral process of parasphenoid; se, sphenethmoid; soc, supraoccipital; st, stapes. From Carroll and Carnie, 1975. With permission from the *Zoological Journal of the Linnean Society*. Copyright 1975 by the Linnean Society of London.

Se ha propuesto un posible vínculo de Microsauria con los Gymnophiona actuales (cecilios)

El termino “Lepospondyli” hace referencia a los anfibios basales vistos hasta el momento

Los Temnospondyli son el grupo mayoritario de anfibios, que Incluye los anfibios actuales. Poseen una apertura interpterigoidea en el paladar (ej abajo: Denderpetonidae)



Cladogram showing the relationships of the main groups of basal tetrapods. Based on Meyer (1990)

90 The early tetrapods and amphibians

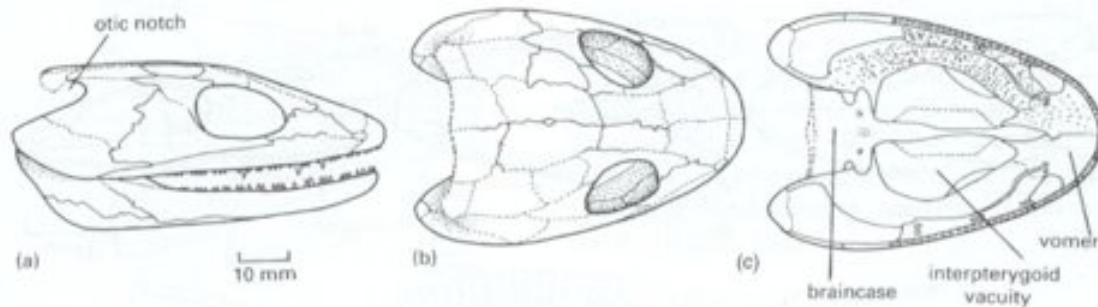
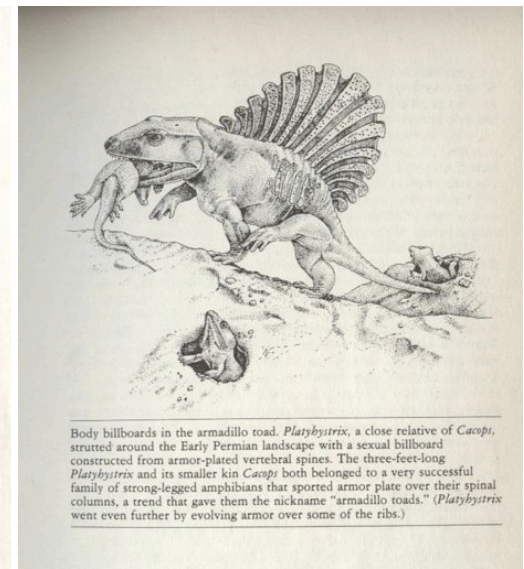
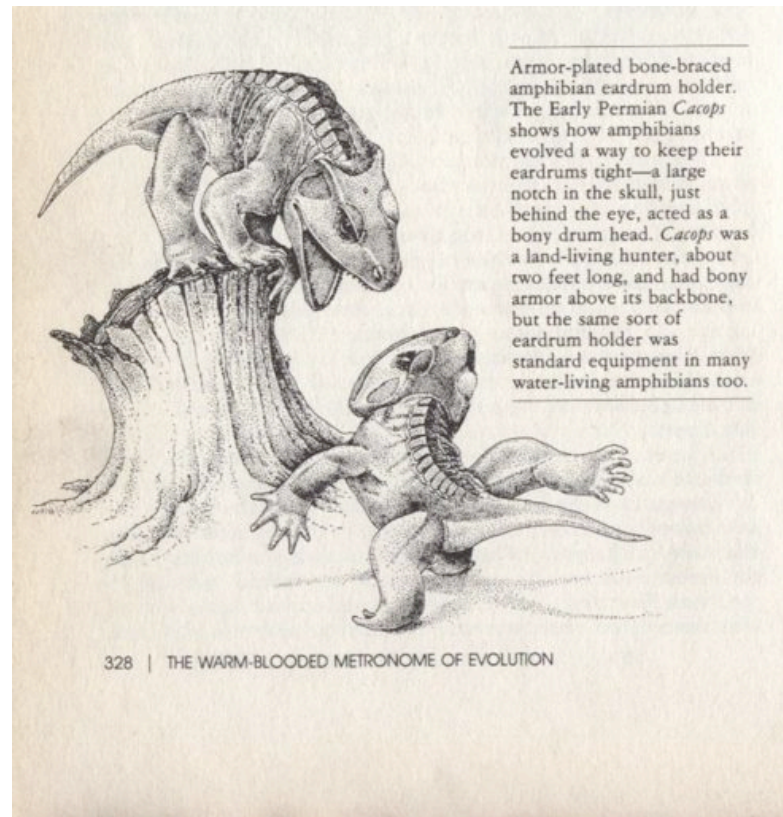
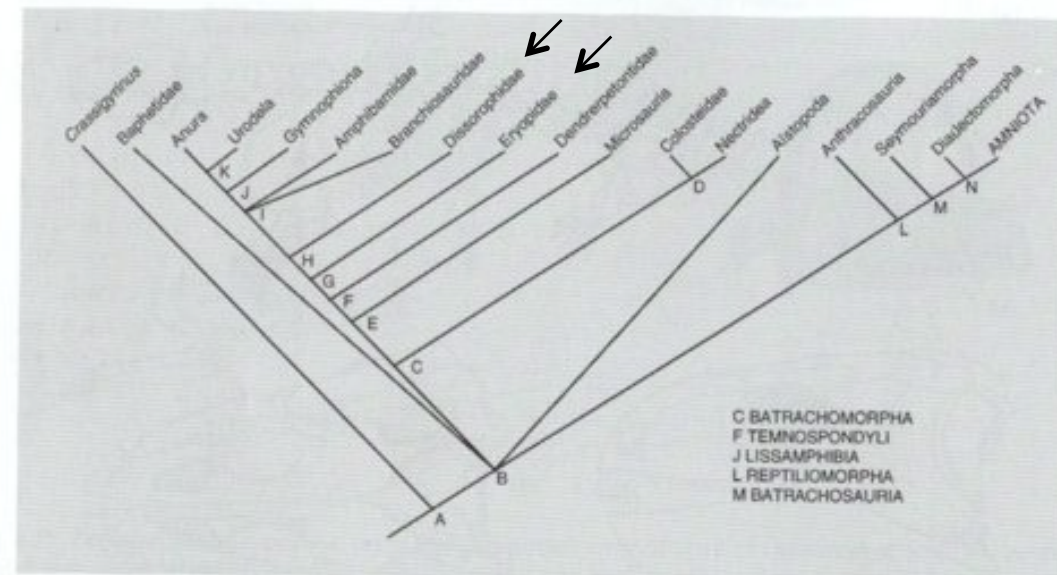


Fig. 4.13 The early temnospondyl *Dendroperpeton*: skull in (a) lateral, (b) dorsal, and (c) ventral views. (After Godfrey et al., 1987.)

Temnospondyli: Eryopidae



Dissorophidae



Cladogram showing the relationships of the main groups of living tetrapods. Based on [reference]

Los temnospondyli son “Laberintodontes”

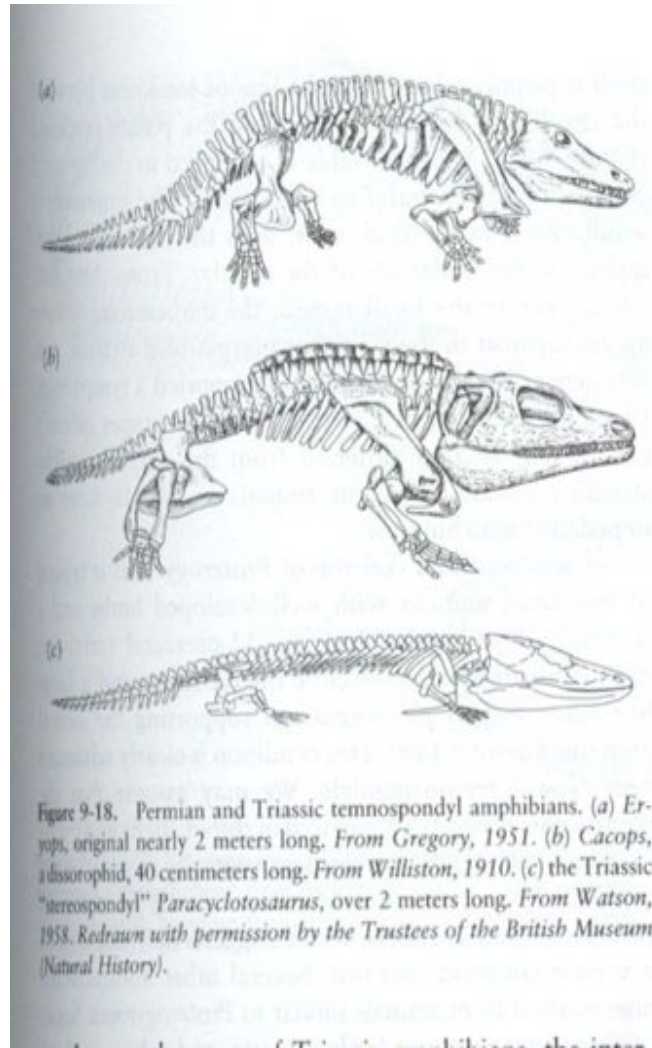


Figure 9-18. Permian and Triassic temnospondyl amphibians. (a) *Eryops*, original nearly 2 meters long. From Gregory, 1951. (b) *Cacops*, a dissorophid, 40 centimeters long. From Williston, 1910. (c) the Triassic “temnospondyl” *Paracyclotosaurus*, over 2 meters long. From Watson, 1958. Redrawn with permission by the Trustees of the British Museum (Natural History).

O
i
i
a
t
k
E
n
r
L
C
i
i
E
r
L
E
r
C
C
I
C
I



Figure 9-13. LABYRINTHODONT VERTEBRAE. (a) *Eastwopitron*, from the Upper Devonian, a rhaphidion illustrating the pattern that apparently gave rise to that of early amphibians. From Jarvik, 1955. By permission from *Scientific Monthly*. (b) *Loblyoetega*, from the Upper Devonian. From Jarvik, 1955. By permission from *Scientific Monthly*. (c) *Eryops*, which illustrates the typical temnospondyl pattern. Note the small paired pleurocentres and large crescentic intercentra. From Williston, 1974. (d) *Mastodonsaurus*, which shows the pattern typical of “temnospondyls,” in which the intercentrum has become the dominant element. From Panchen, 1967. (e) *Doloserpis*, a small temnospondyl. From Bolt, 1963. With permission from *Science*. Copyright 1969 by The American Association for the Advancement of Science. (f) Oste elements of *Gassigninus* in lateral and anterior views. From Zidek, 1980. (g) Vertebra possibly associated with *Isospondyli*. From Zidek, 1980. (h) *Proneozygus*, a primitive anuraconian; pleurocentra and intercentra are both crescentic. From Holmes and Carroll, 1977. (i) *Eryops*; both intercentra and pleurocentra as small cylinders. From Panchen, 1966. By permission of the Zoological Society of London. (j and k) *Seymouria* in lateral and anterior views. Note the widely expanded neural arches. From Panchen, 1967, and Goswami, 1952, respectively. Courtesy of the Library Services Department, American Museum of Natural History. Abbreviations as follows: i, intercentrum; pc, pleurocentrum.

Amphibamidae: Evolución de un estribo hyomandibular ligero (de baja inercia) y de una “muesca ótica”, originando un sistema de igualación de la impedancia en el oído, amplificando la fuerza sobre el tímpano y compensando la diferencia de densidad entre el aire y el fluido del oído interno. Heredado por Lissamphibia (anfibios vivientes) y convergentemente adquirido en reptiles

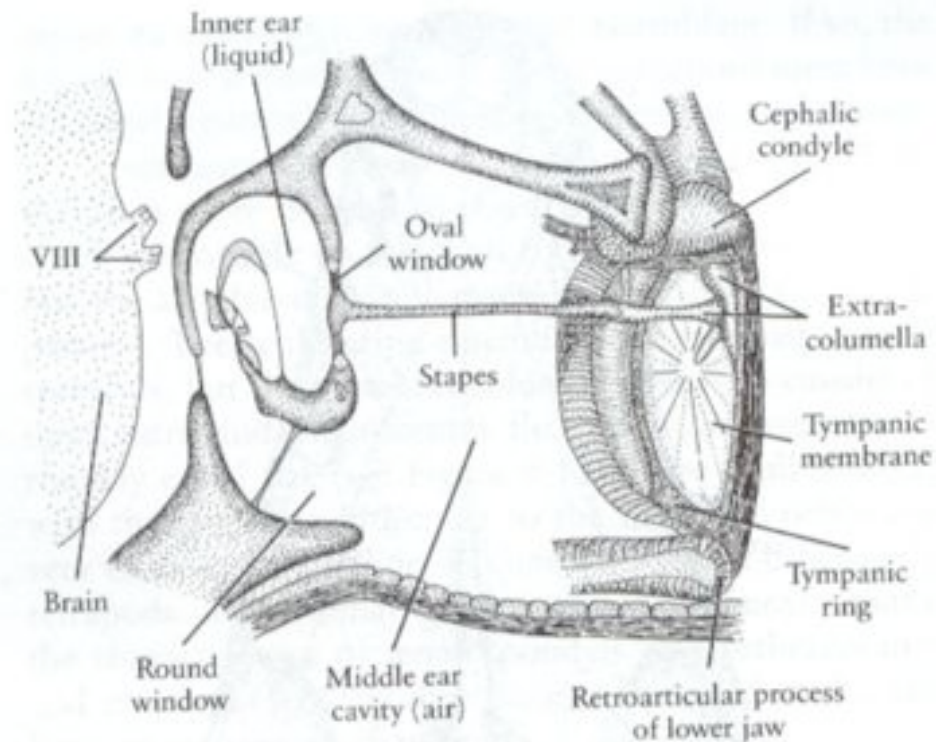
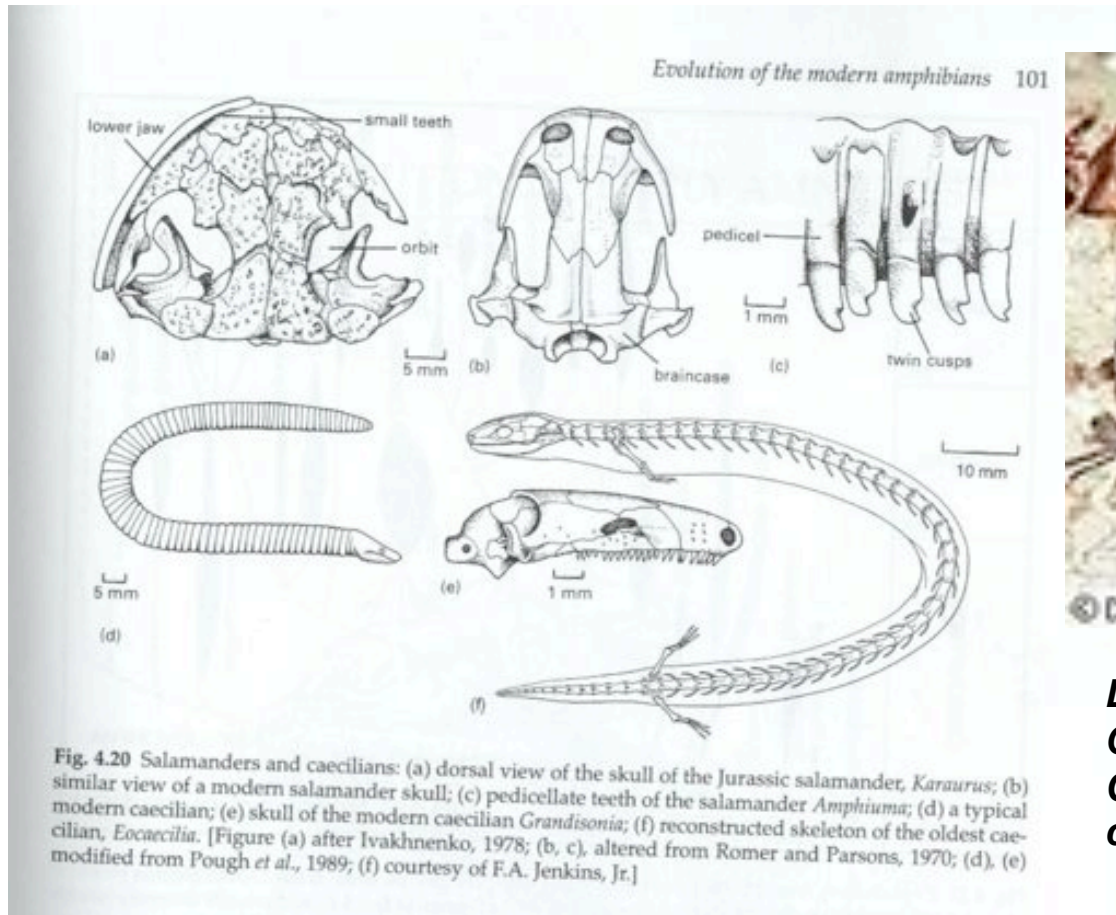


Figure 9-16. Diagrammatic representation of the ear of a lizard that illustrates the basic components of an impedance matching system. The large tympanum transmits vibrations via the small, light columella (suspended in an air-filled chamber) to the oval window of the middle ear. The greater area of the tympanum relative to the foot plate of the stapes mechanically amplifies the force impinging on the ear drum to compensate for the differential in density between the fluid of the inner ear and the outside air. From Robinson, 1973 (after Wever).

Temnpondyli: Lissamphibia (anfibios modernos: Anura (sapos y ranas), Urodela (salamandras) y Gymnophiona (cecilios))



Lissamphibia:
Gymnophiona
Carecen de dientes, extremidades, son ciegas

1985).

Both frogs and salamanders evolved specialized means to protrude the tongue, but the mechanism differs in the two groups. Regal and Gans (1976) showed that in advanced frogs the muscles at the front of the lower jaw

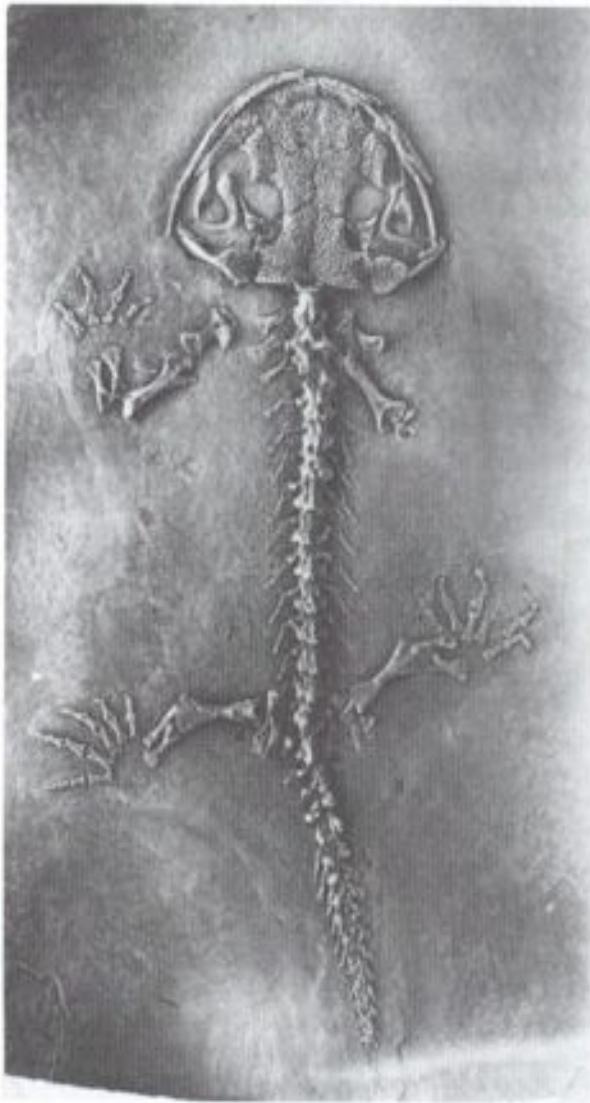


Figure 9-33. The oldest known salamander, *Karanisia*, from the Upper Jurassic of Russia, slightly less than natural size. Photograph courtesy of M. F. Ivachenko.

Lissamphibia:

Urodela (salamandras)



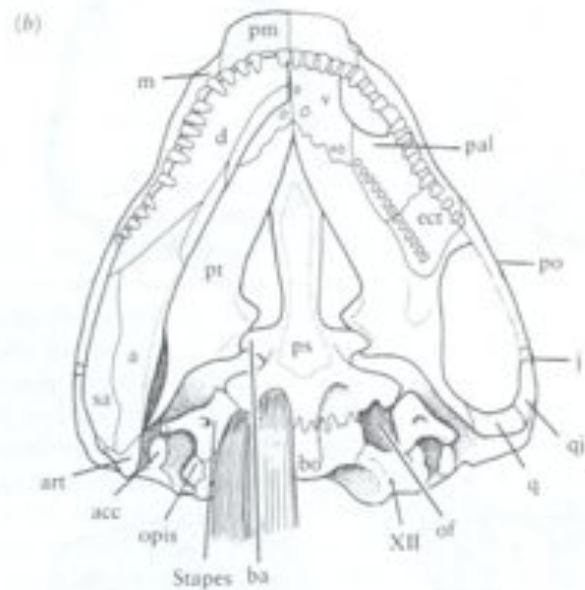
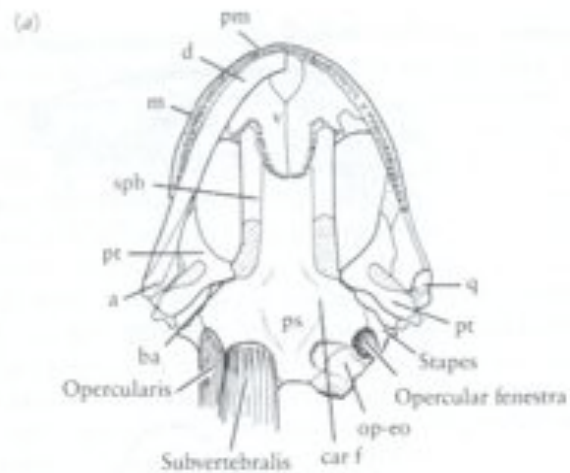


Figure 9-35. (a) Position of the opercularis muscle in the primitive salamander *Hynobius*. The operculum is not ossified in this genus. (b) The microsauroid *Micraroter* with the opercularis muscle restored in a comparable position relative to an unossified portion of the otic capsule and adjacent axial musculature. Abbreviations as in Figure 8-3, plus op-eo, fused otic capsule and exoccipital; of, opercular fenestra. From Carroll and Holmes, 1980. With permission from the Zoological Journal of the Linnean Society. Copyright 1980 by the Linnean Society of London.

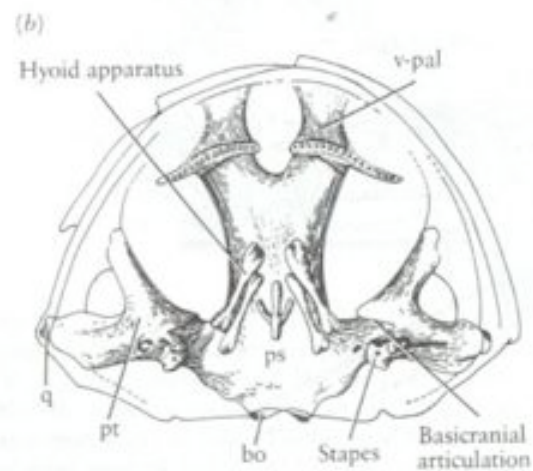
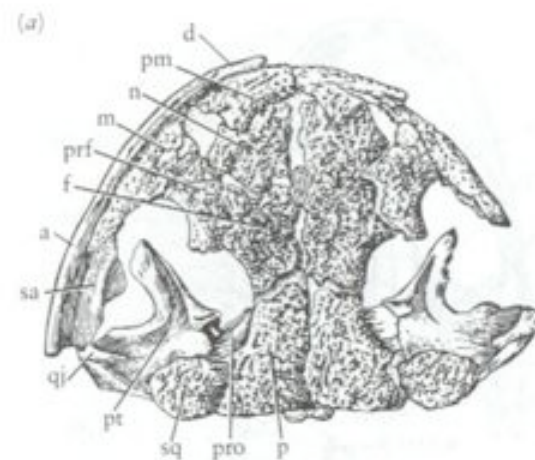
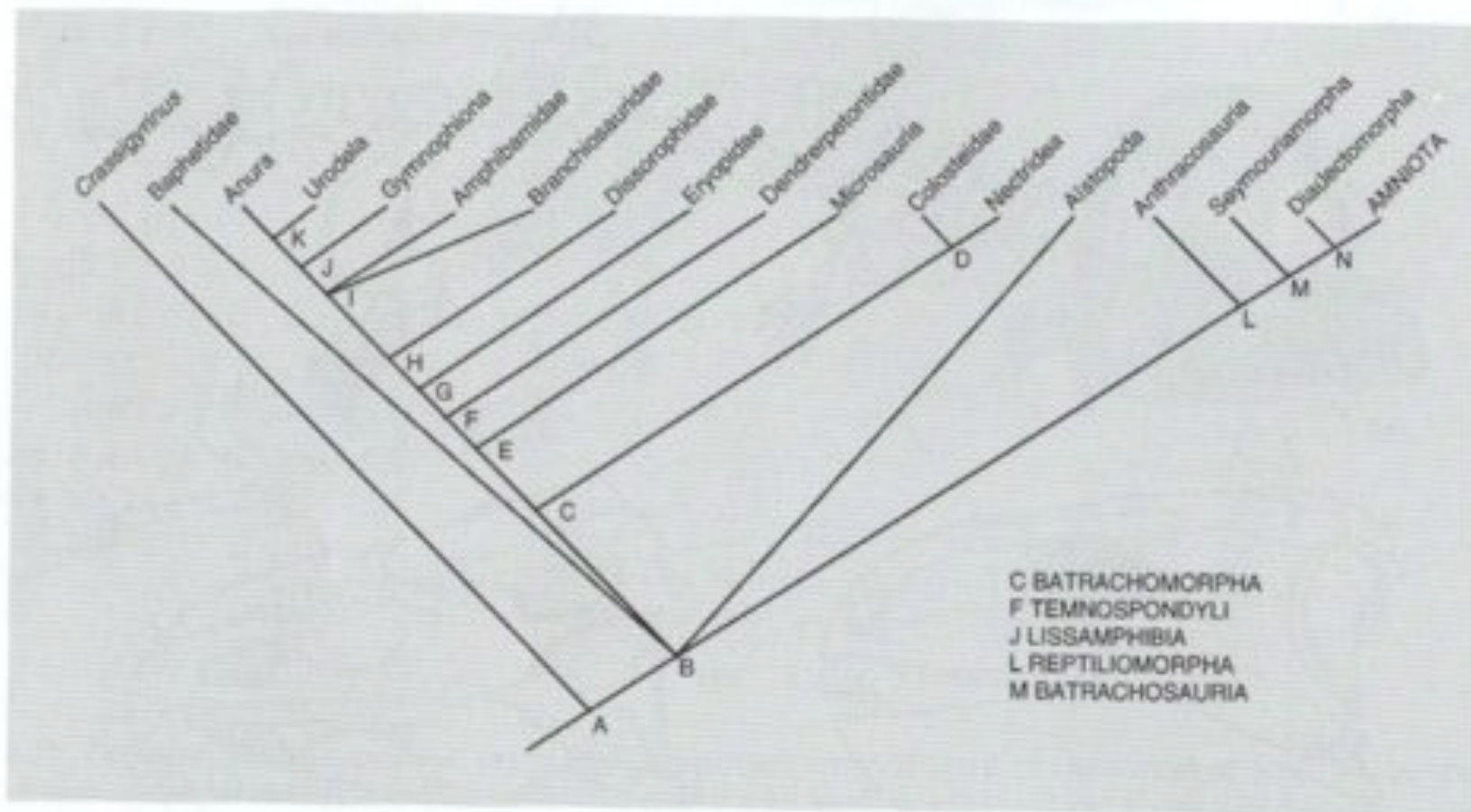


Figure 9-42. (a) Dorsal and (b) ventral views of the Upper Jurassic salamander *Karaurus*, $\times 1\frac{1}{2}$. The right lower jaw has been omitted from the drawing to emphasize the separation of the suspensorium from the maxilla. Abbreviations as in Figure 8-30, plus v-pal, coossified vomer and palatine. From Ivachnenko, 1978.



Cladogram showing the relationships of the major groups of vertebrates. Based on Wiley (1991)

Lissamphibia: Anura (sapos y ranas)

100 *The early tetrapods and amphibians*

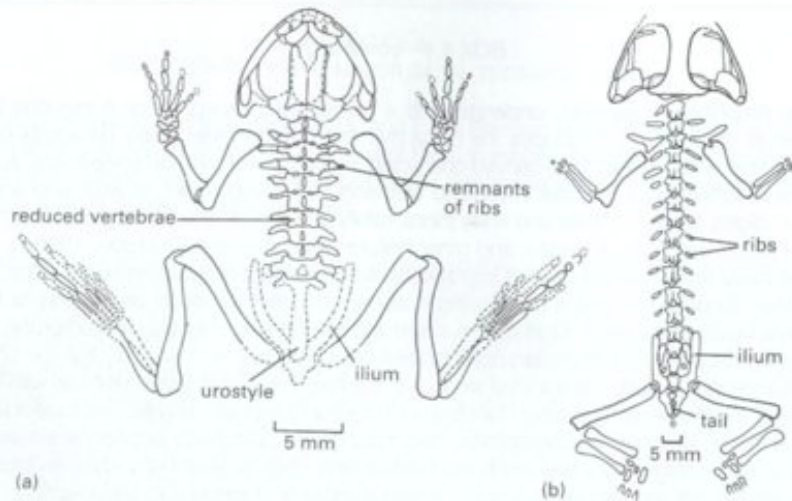


Fig. 4.19 Early frogs: (a) the Jurassic *Viereella*, showing most modern frog adaptations; (b) the first frog *Triadobatrachus*. (After Estes and Reig, 1973, by permission of the editor, copyright © 1973 by the Curators of the University of Missouri.)

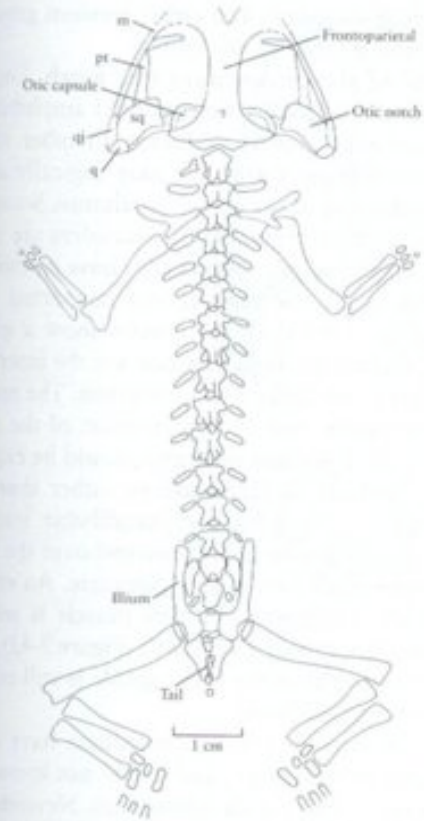


Figure 9-36. *Triadobatrachus* from the Lower Triassic of Madagascar. This genus provides a plausible link between Lower Permian dissorophids and primitive frogs. Abbreviations as in Figure 8-3. From Estes and Reig, 1973. By permission of the University of Missouri Press. Copyright 1983 by the curators of the University of Missouri.

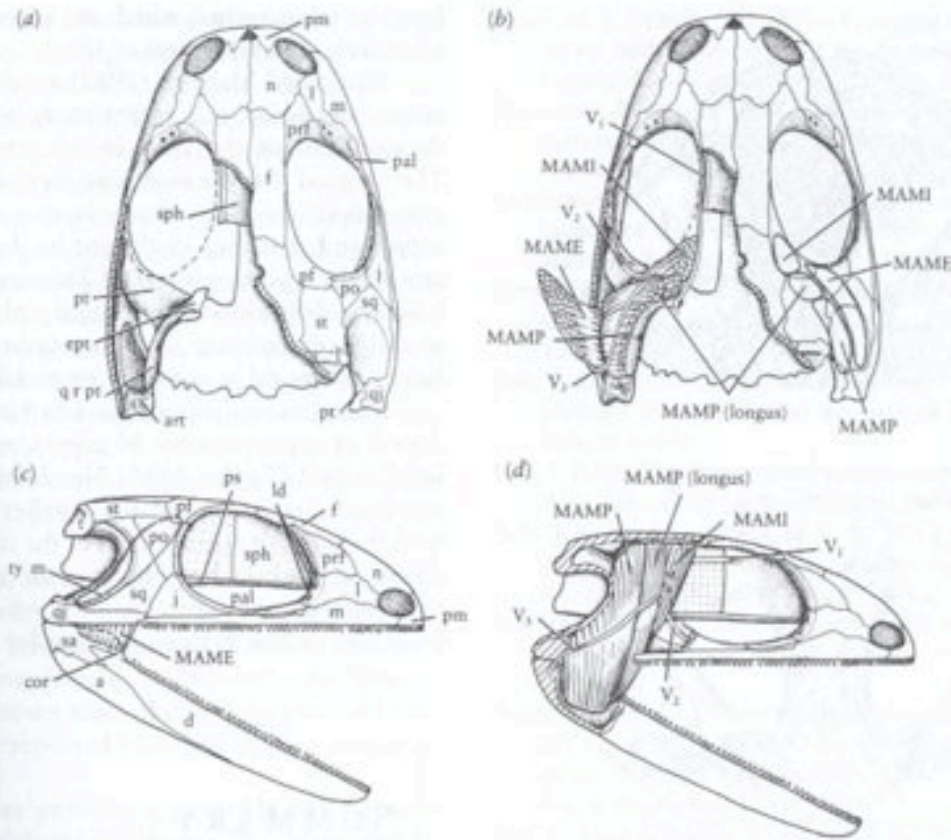


Figure 9-40. RESTORATION OF THE JAW MUSCULATURE OF THE TEMNOSPONDYL DOLESERPETON, BASED ON SKELETAL SIMILARITIES TO MODERN FROGS. (a) Cutaway view of skull to show dorsal surface of palate. (b) Restoration of jaw musculature in dorsal view. (c) Lateral view of skull. (d) Cutaway view of skull in lateral view to show jaw muscles. Abbreviations as in Figures 8-3 and 9-39, plus ld, lacrimal duct; q r pt, quadrate ramus of pterygoid; ty m, line of attachment for tympanic membrane. From Carroll and Holmes, 1980. With permission from the Zoological Journal of the Linnean Society. Copyright 1980 by the Linnean Society of London.

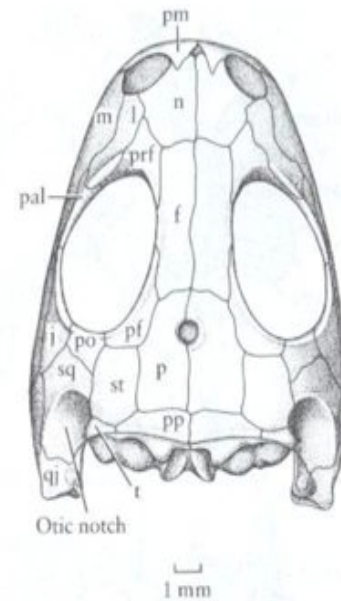


Figure 9-37. Skull roof of the dissorophid *Doleserpeton*, which may be close to the ancestry of frogs. Abbreviations as in Figure 8-3. From Bolt, 1977.

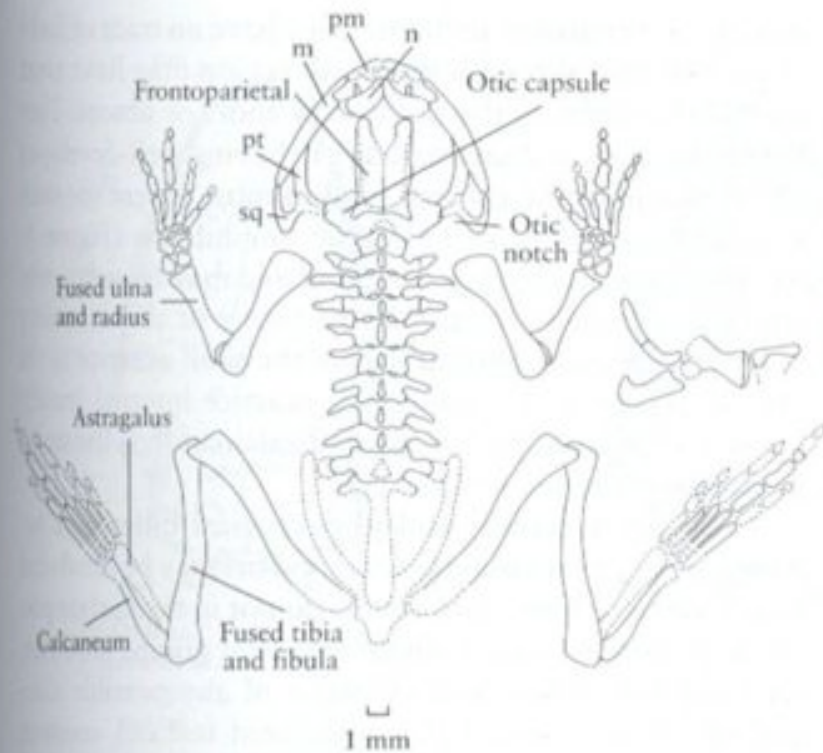
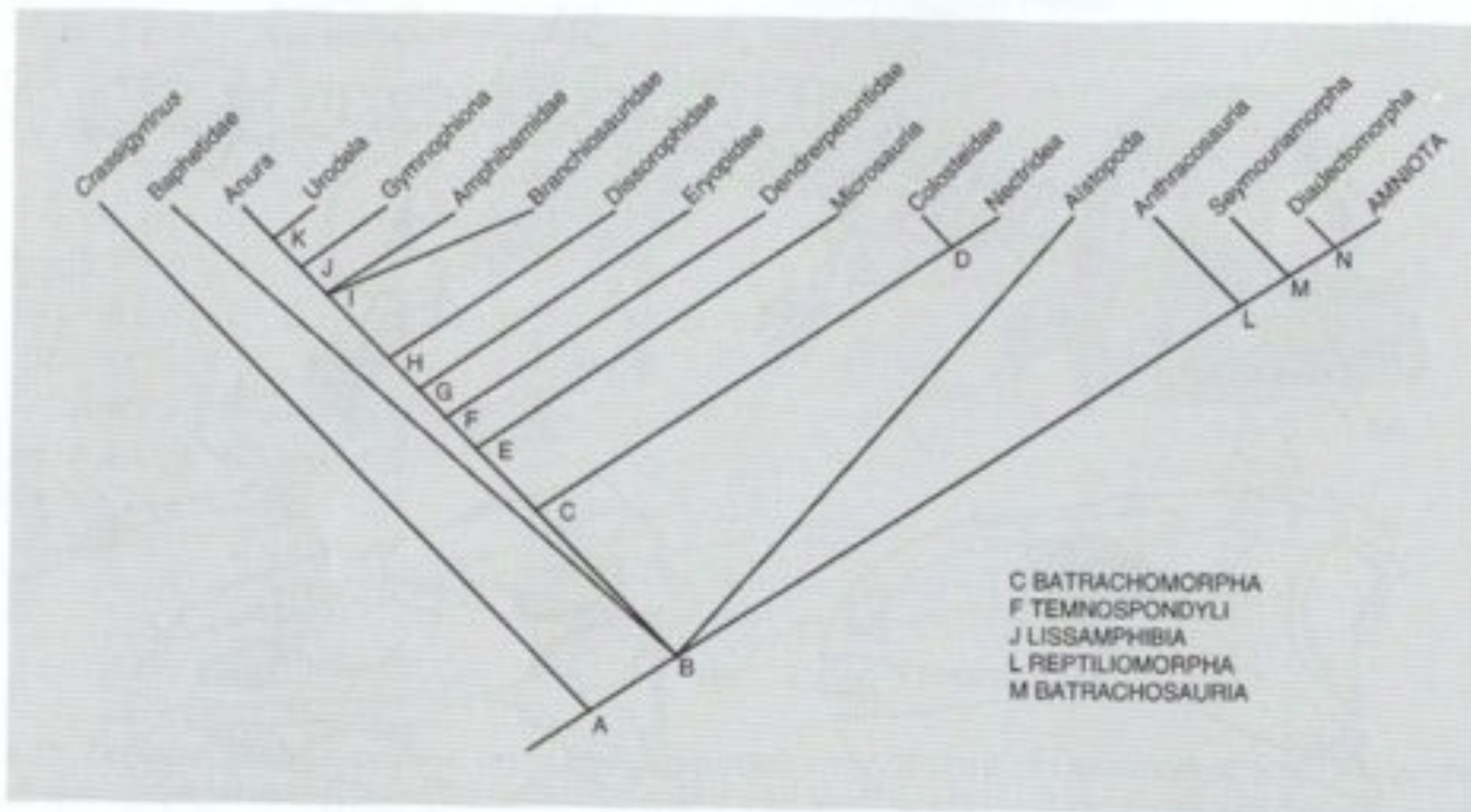


Figure 9-32. The oldest known frog, *Vieraella*, from the Lower Jurassic of South America. Shoulder girdle in ventral view drawn to right of skeleton. Abbreviations same as Figure 8-3. From Estes and Reig, 1973. By permission of the University of Missouri Press. Copyright 1983 by the curators of the University of Missouri.

Cretaceous and Paleocene that are very similar to those





Cladogram showing the relationships of the major groups of vertebrates. Based on Wiley (1991)

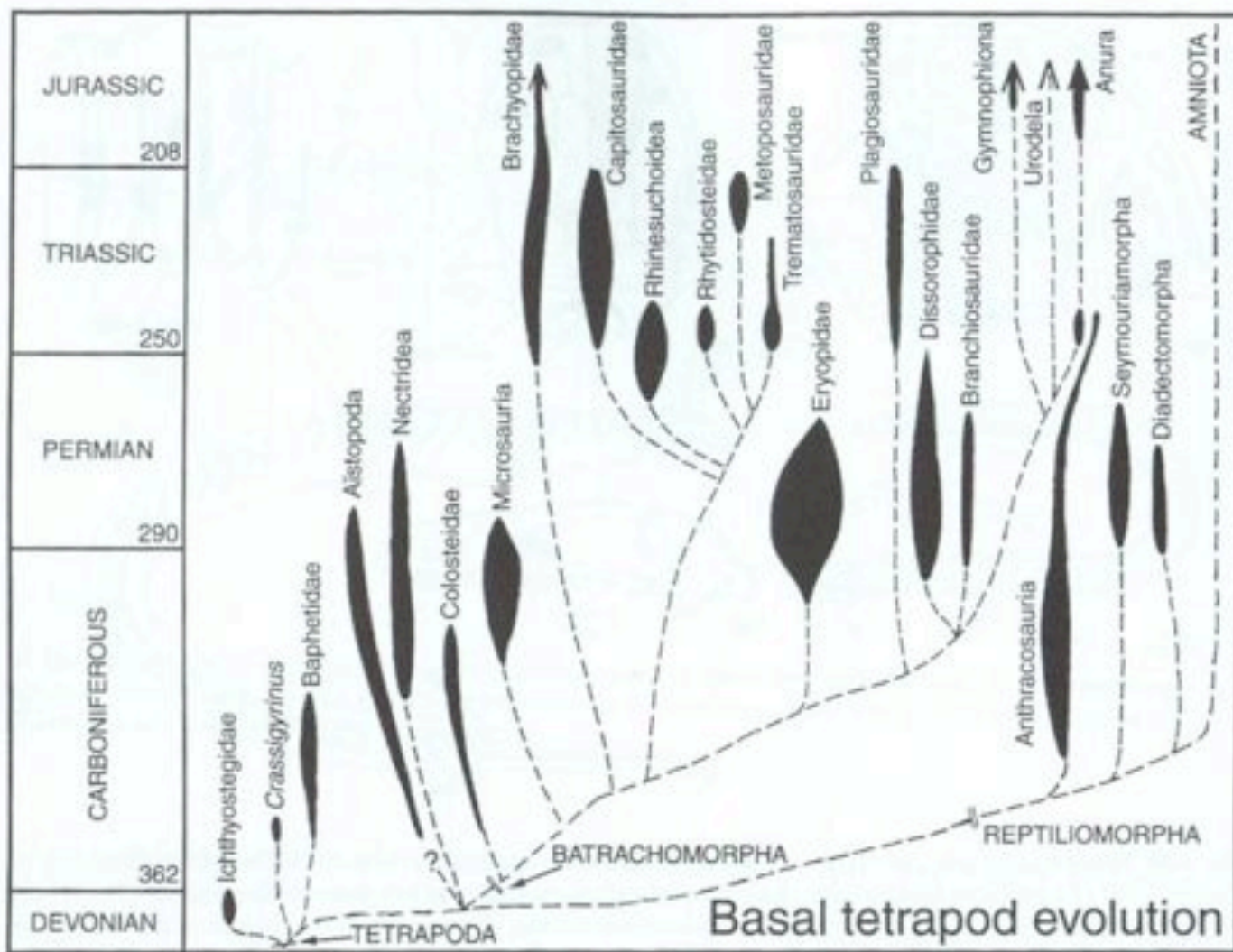


Fig. 4.21 Evolutionary tree showing the major basal tetrapod groups, their known fossil records (vertical scales), postulated relationships (dashed lines; based on cladogram in Box 4.4), and relative diversity (width of 'balloon').

FIN