

ICTIOLOGÍA NEOTROPICAL 2022

Marcelo Loureiro

Laboratorio Zoología de Vertebrados

Departamento de Ecología y Evolución

Objetivos del curso

- Actualizar el conocimiento de la anatomía, fisiología, ecología, filogenia y evolución de los Peces
- Profundizar en el conocimiento de la diversidad de los diferentes grupos de peces Neotropicales
- Plantear las hipótesis propuestas acerca del origen de esta diversidad y de su distribución
- Familiarizarse con algunas de las actividades prácticas relacionadas al estudio de la Ictiofauna Neotropical a través de trabajo de identificación de especies de colecciones biológicas y material práctico

Esquema de la Presentación

- La Previa. Filogenias: que son, como se construyen, para que sirven
- Peces. Definición; Evolución de características clave de los Vertebrados
- Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces
 - Agnatos
 - Gnatostomados
 - Chondrichthyies
 - Osteichthyies

Filogenias

Filogenia

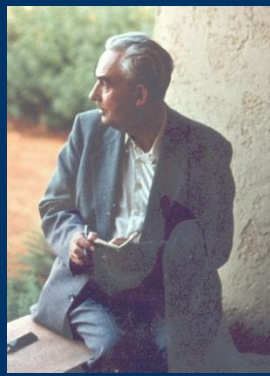
¿Que es?

Modelo de cómo ocurrió la diversificación de la vida a lo largo del tiempo.

¿Para que sirve?

- Clasificación de los organismos de acuerdo a su grado de parentesco.
- Esquema evolutivo que permite focalizar las preguntas acerca de los procesos evolutivos: especiación, adaptación, extinción
- Permiten la posibilidad de estimar la edad de eventos cladogenéticos del pasado

¿Cómo se construyen?



Cladismo (Willi Hennig).

El mismo empezó a usarse en ictiología desde el principio de los 70 y desde entonces ha sufrido muchos ajustes y la implementación de varios métodos nuevos dentro de esta escuela de clasificación está en constante desarrollo

Intenta resolver cual de dos taxa de un grupo de tres o más está más emparentado entre sí que con los demás.

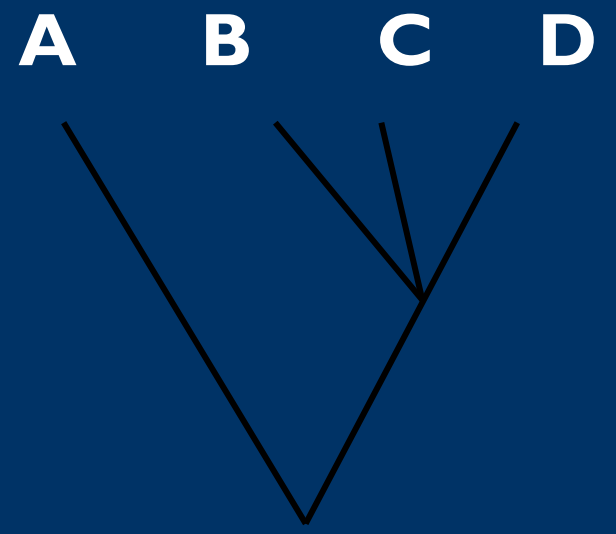
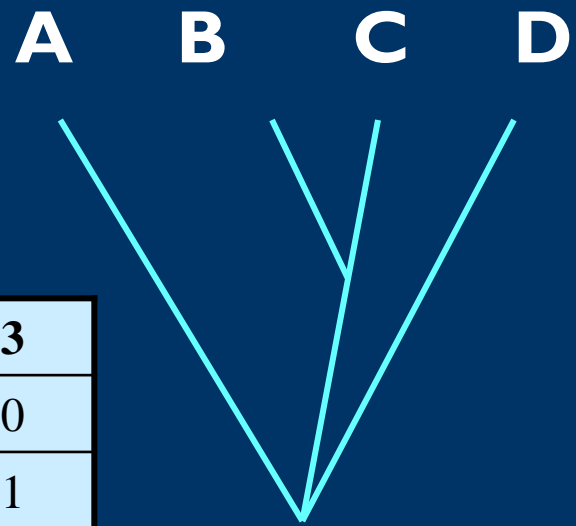
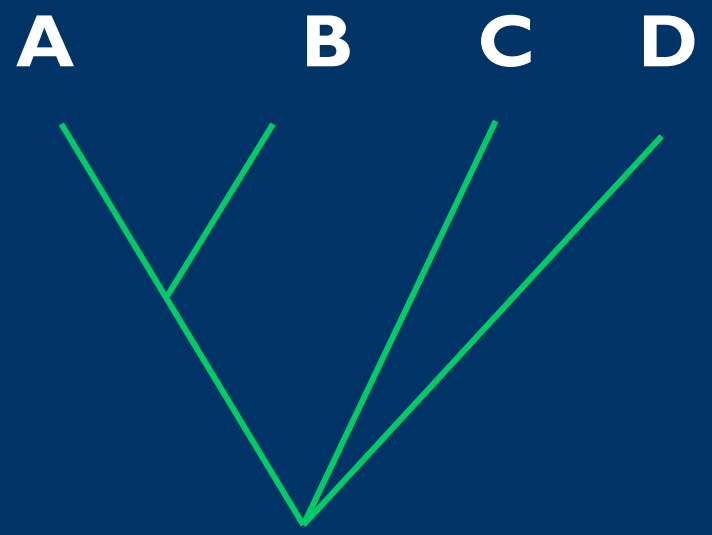
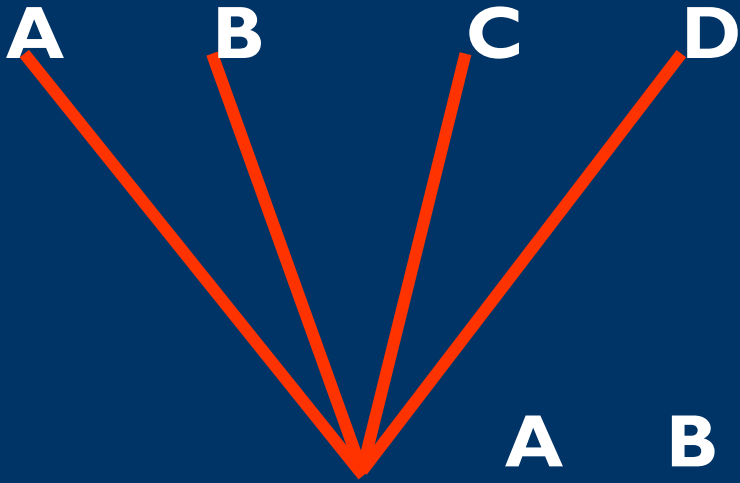
Con esta premisa un cladograma (árbol) dicotómico se construye en el cual los linajes pareados (grupos hermanos) se pueden reconocer sobre la base de estados derivados compartidos de los caracteres (Sinapomorfías).

Apomorfías: estados del carácter derivados

Plesiomorfías: estados ancestrales

Similitud de un carácter: Homología y Homoplasia

- El tema central de la inferencia filogenética es la de juntar especies en grupos monofiléticos que reflejen ancestría común, por homología, filtrando lo más posible el ruido originado de las homoplasias
- Como los caracteres generalmente no cuentan la misma historia y se pueden generar muchos árboles posibles debemos tener un criterio para elegir el más confiable
- El cladismo usa el criterio de parsimonia. El árbol elegido es el que requiere postular el mínimo número de cambios evolutivos a través del árbol entero (optimización de los caracteres)



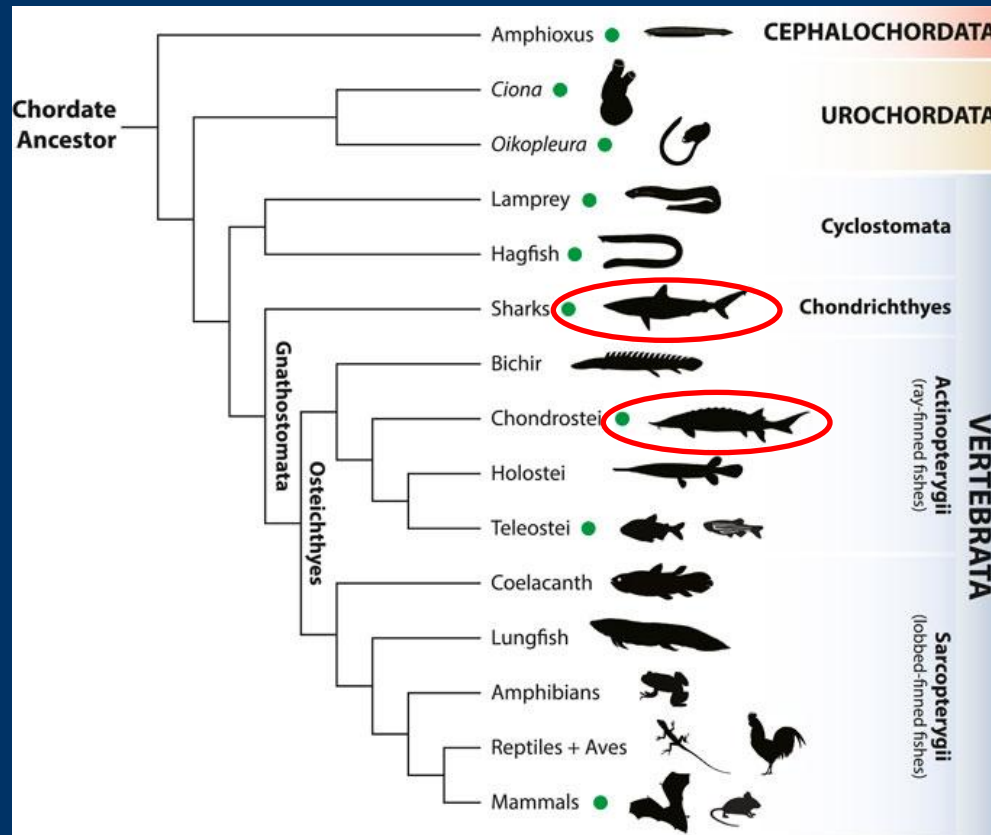
	1	2	3
A	1	0	0
B	1	1	1
C	0	1	1
D	0	0	1

Árbol consenso el elegido

Máxima Verosimilitud y Métodos Bayesianos

- Surgen a partir del uso masivo de datos genéticos para realizar filogenias
- Estos métodos generan la probabilidad posterior de un parámetro, un árbol filogenético y/o un modelo evolutivo, basada en la probabilidad anterior de ese parámetro y la función de verosimilitud de los datos
- La aplicación del análisis bayesiano en la inferencia filogenética presenta varias ventajas en comparación con otros métodos de inferencia, como la fácil interpretación de los resultados, la posibilidad de usar información apriorística y algunas ventajas computacionales.
- Se calcula la probabilidad de que nuestro árbol sea correcto condicionada por los datos que tenemos: $P(\text{árbol}|\text{datos})$

Al identificar grupos hermanos los árboles filogenéticos permiten enfocar claramente las preguntas y testar hipótesis concernientes con la evolución de determinada característica genética, morfológica, fisiológica y comportamental.



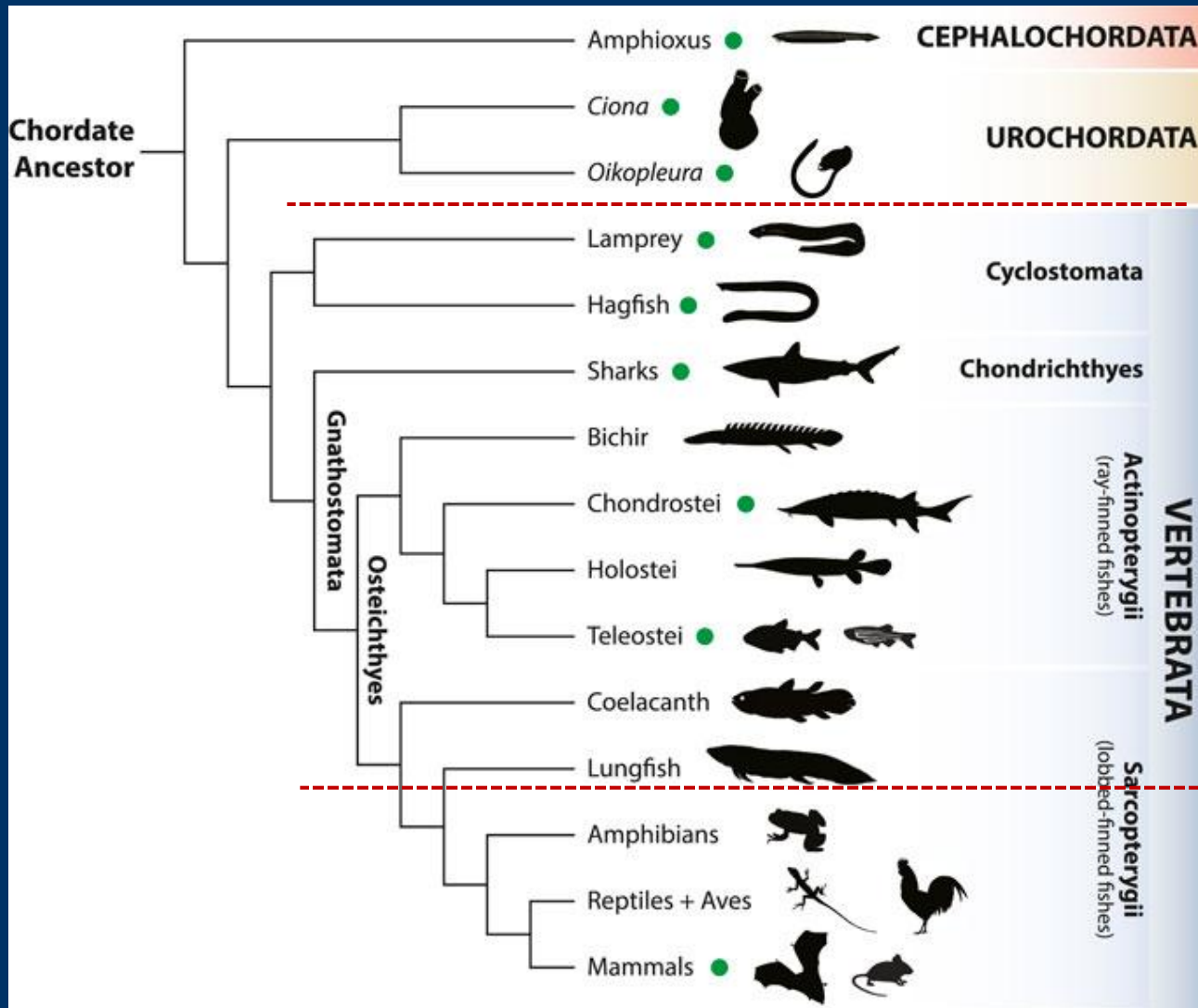
Un árbol filogenético es una hipótesis acerca de la historia evolutiva de un grupo dado. Hipótesis que no puede ser absolutamente probada, sino apoyada o rechazada.

Peces

Evolución de características clave de los Vertebrados

Peces

Cordados con cráneo, arcos branquiales y aleta caudal con adaptaciones primarias a la vida acuática (respiración, locomoción, osmoregulación)



Peces

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces

La evolución de muchas de las características de los craneados están correlacionadas con su relativo alto nivel de actividad y gran tamaño.

Generalmente presentan cabeza bien distinguida del cuerpo (**cefalización**).

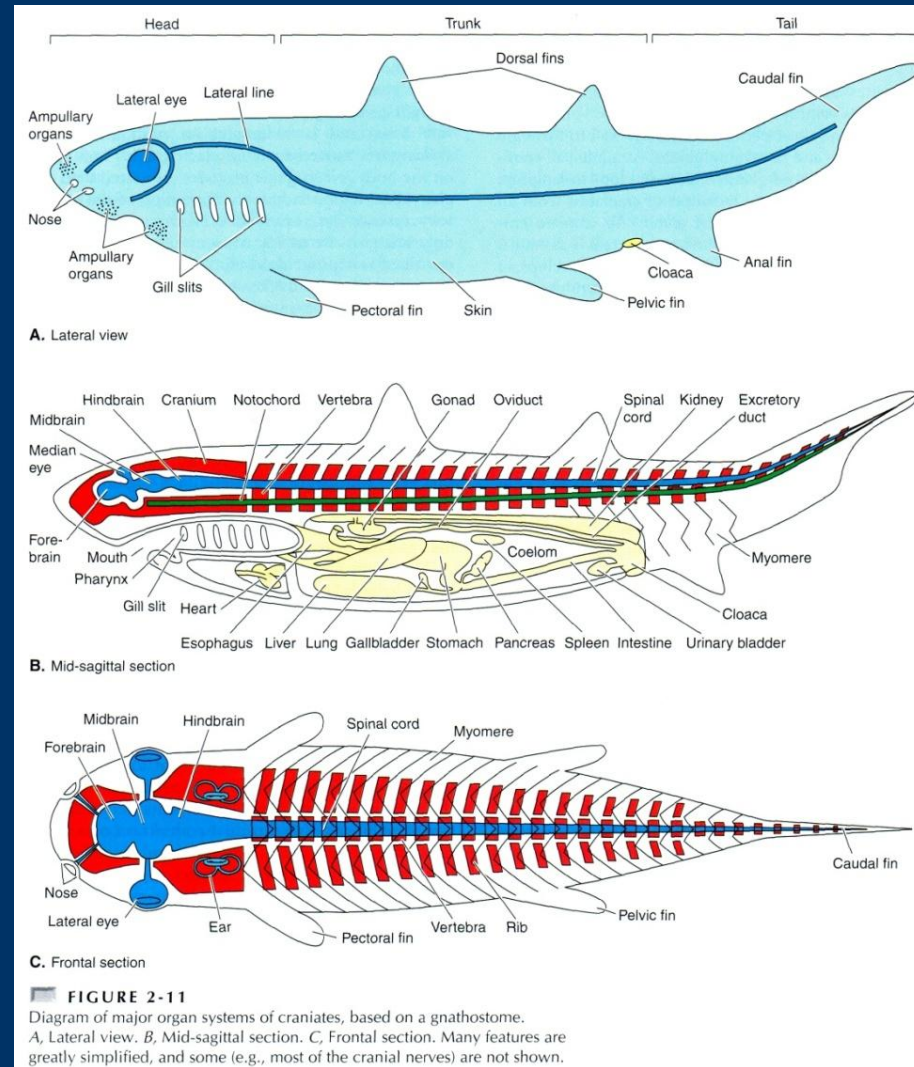
Animales muy activos necesitan:

Columna Vertebral (locomoción).

Vértebras que se desarrollan alrededor del tubo neural y la notocorda.

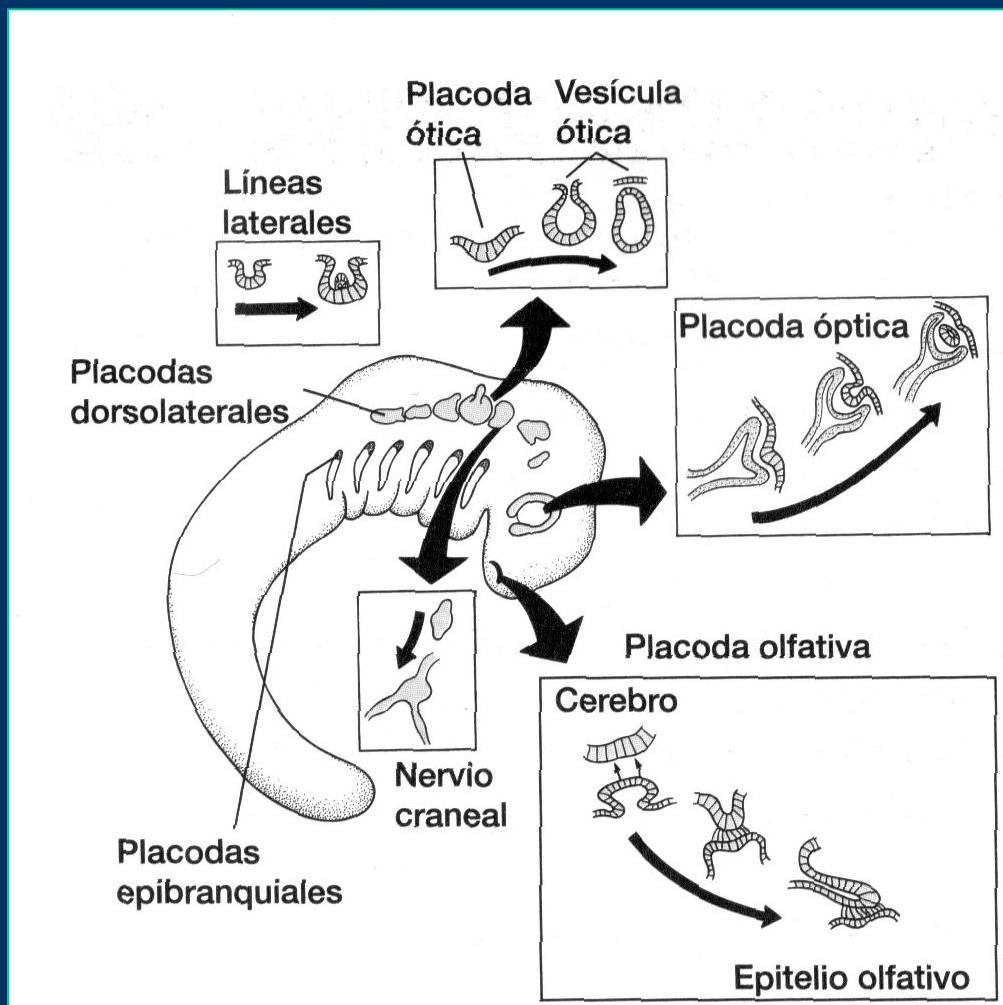
Aumento de actividad y tamaño necesitan:

Aumento de actividad metabólica: más consumo de oxígeno, alimento, más capacidad de digestión y absorción.



Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: sinapomorfías

Placodas neurogénicas. Engrosamientos del ectodermo que se invaginan o delaminan para formar células sensoriales receptoras y neuronas sensoriales: nariz, oídos, línea lateral, sistema electrosensorial, sistema gustativo.



Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: sinapomorfías

Cerebro tripartito (extremo anterior del tubo neural) protegido por cráneo.
Órganos de los sentidos complejos.

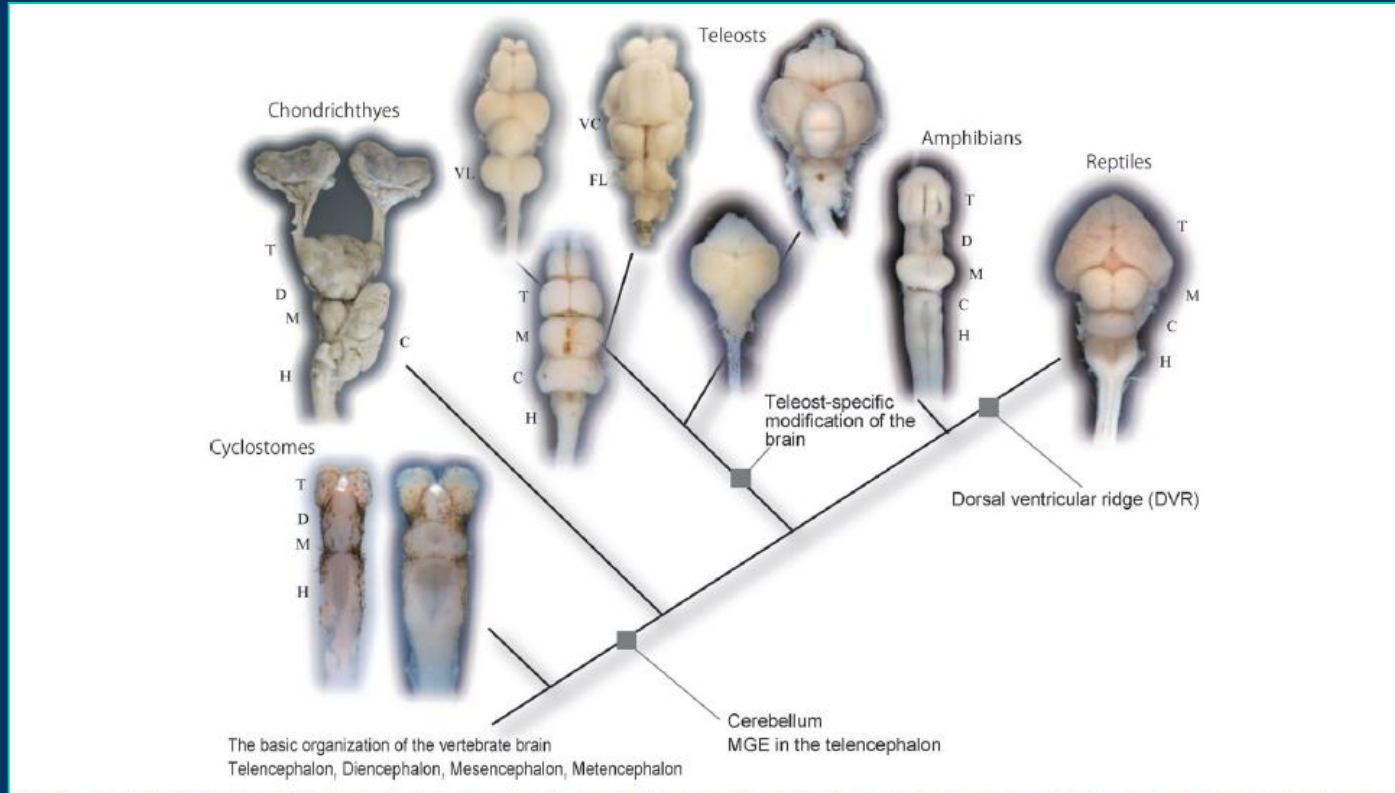


Fig. 1. Morphology of the vertebrate brain. The basic brain structures including the telencephalon, diencephalon, mesencephalon and metencephalon have already been acquired in the cyclostomes. In cyclostomes (Japanese lamprey, *Lethenteron japonicum*), both the ammocoete larva (left) and the adult animal (right) have basically the same brain structures. Chondrichthyan fishes (red stingray, *Dasyatis akajei*) have a well-developed cerebellum and also large olfactory bulbs in the telencephalon. Characteristically, the morphology of the brain varies in each teleost group. Shown are brains of the Japanese eel, *Anguilla japonica* (lower-left); pipe fish, *Corythoichthys haematopterus* (lower-right); silver crucian carp, *Carassius gibelio* (upper-left); striped catfish, *Plotosus lineatus* (upper-middle); and large-scale blackfish, *Girella punctata* (upper-right). Their cerebellum-related region (VC) is large, and the hindbrain contains specific regions such as the facial lobe (FL) and vagus lobe (VL). The amphibian brain (African clawed frog, *Xenopus laevis*) is relatively simple. In reptiles (Chinese soft-shelled turtle, *Pelodiscus sinensis*), the telencephalon is well developed, and the dorsal ventricular ridge (DVR) emerges in the telencephalon. C, cerebellum; FL, facial lobe; H, metencephalon (hindbrain); M, mesencephalon (midbrain); T, telencephalon; VC, valvula cerebelli; VL, vagus lobe.

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: sinapomorfías

Nervios craneanos

12 pares de nervios que surgen directamente del cerebro o a nivel del tronco del encéfalo para distribuirse a través de los agujeros de la base del cráneo en la cabeza, cuello, tórax y abdomen

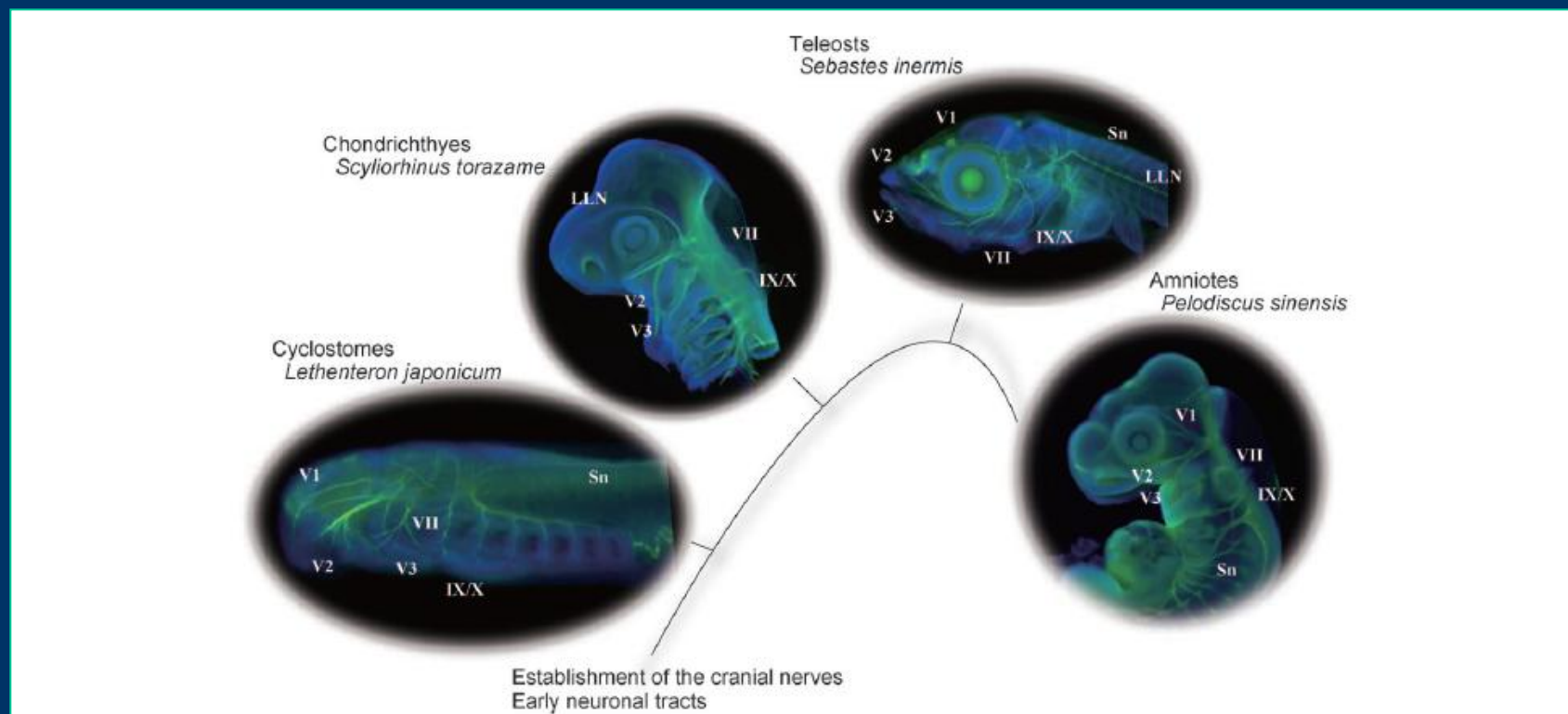
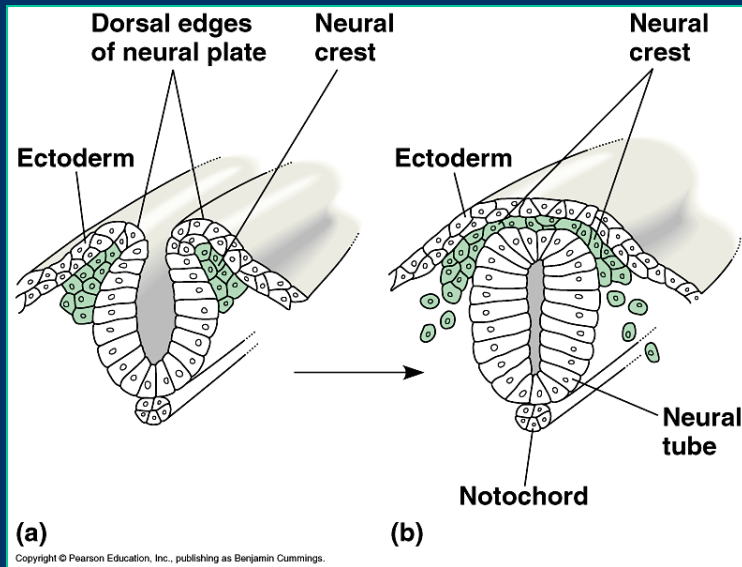


Fig. 2. Comparison of peripheral nerves in developing vertebrates. Through vertebrate lineages, the morphology of the peripheral nerves in early developmental stages is well conserved. The trigeminal (V1, V2, V3), facial (VII), and vagus (X) nerves and the segmented spinal nerves (Sn) have been observed in the lamprey. In addition to these nerves, lateral line nerves (LLN) are observed in aquatic species.

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: sinapomorfías

Cresta Neural: Grupo de células embrionarias que se separan del tubo nervioso en desarrollo



Migración a diferentes partes del cuerpo dando lugar a muchas estructuras importantes; también regulan varios aspectos del desarrollo.

- Esqueleto branquial
- Neuronas motoras que inervan los músculos del tubo digestivo.
- Neuronas sensoriales de la piel
- Dentina de los dientes
- Todas las células pigmentadas
- Partes de órganos endócrinos

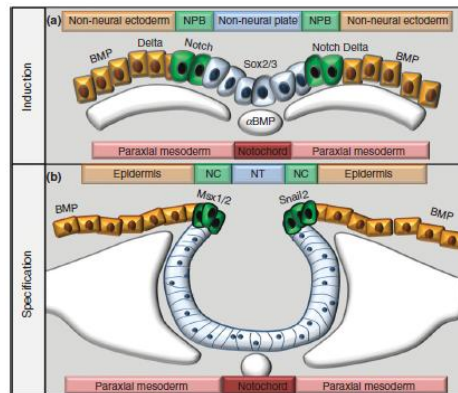
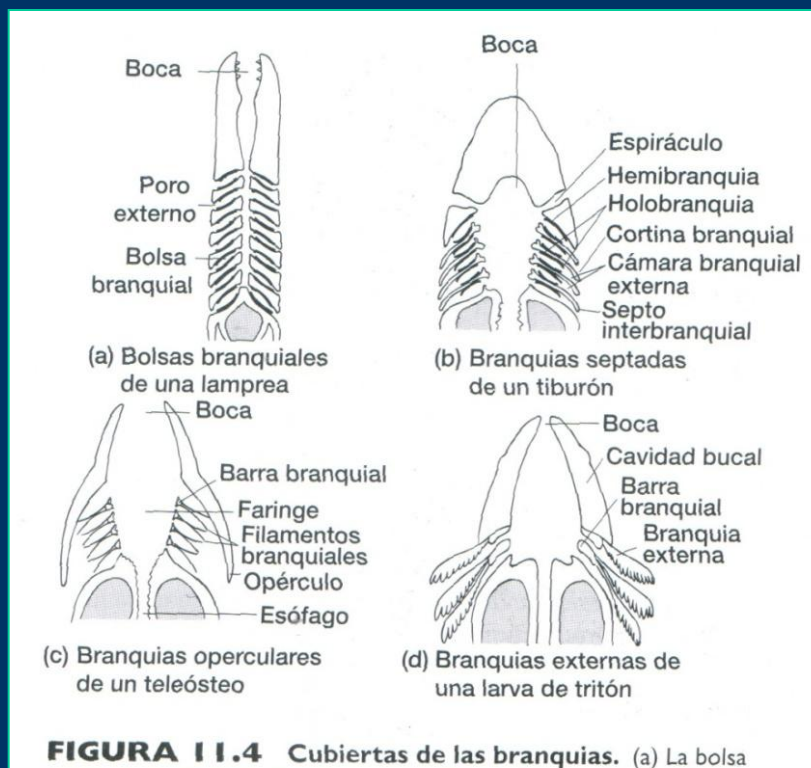


FIGURE 2 | Neuroinduction and neural crest induction. (a) Secreted factors from the surrounding tissues [bone morphogenetic protein (BMP), fibroblast growth factor (FGF), Wnt] pattern the presumptive neural crest region or NPB. (b) As the neural tube closes, neural crest specification is complete and they begin to express neural crest specifier genes such as *Foxd3*, *Slug*, and *Sox10*.

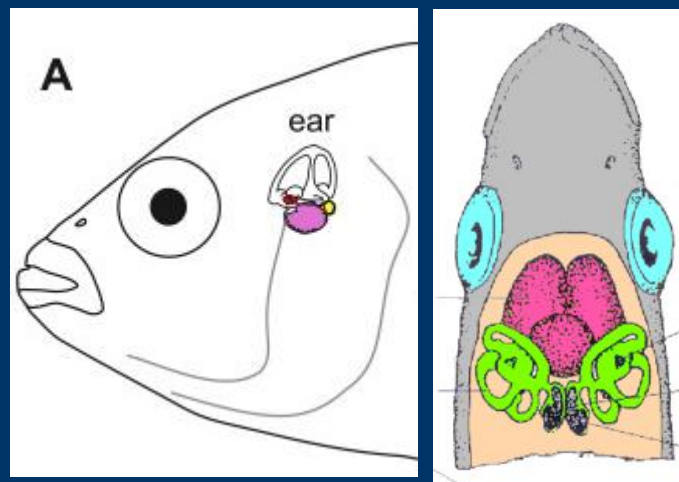
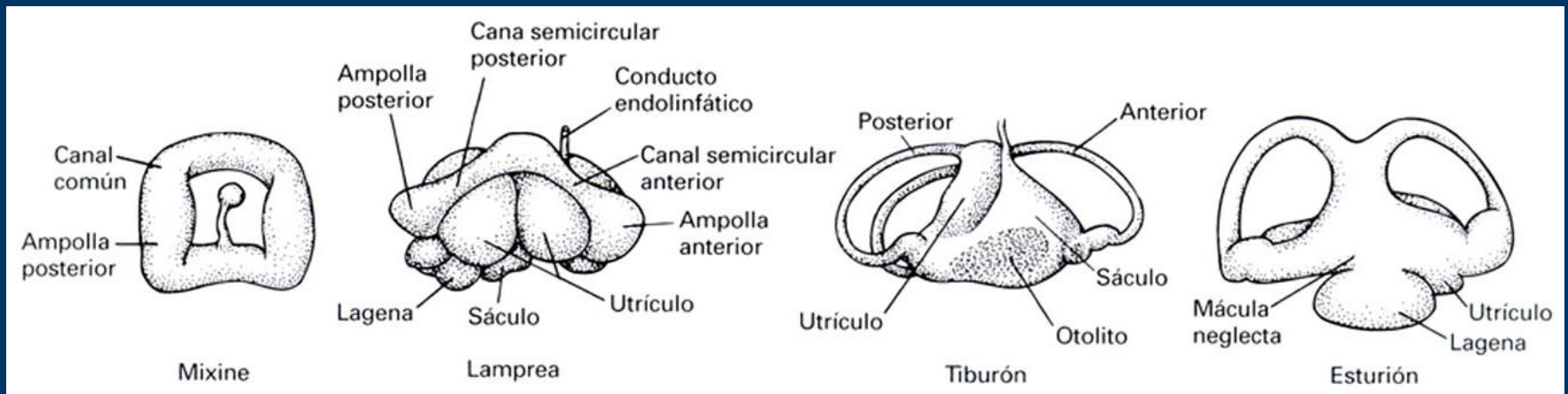
Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: sinapomorfías

Branquias respiratorias. Una sinapomorfía funcional importante de los craneados es el uso de los músculos para generar una corriente de agua con funciones respiratorias y alimenticias



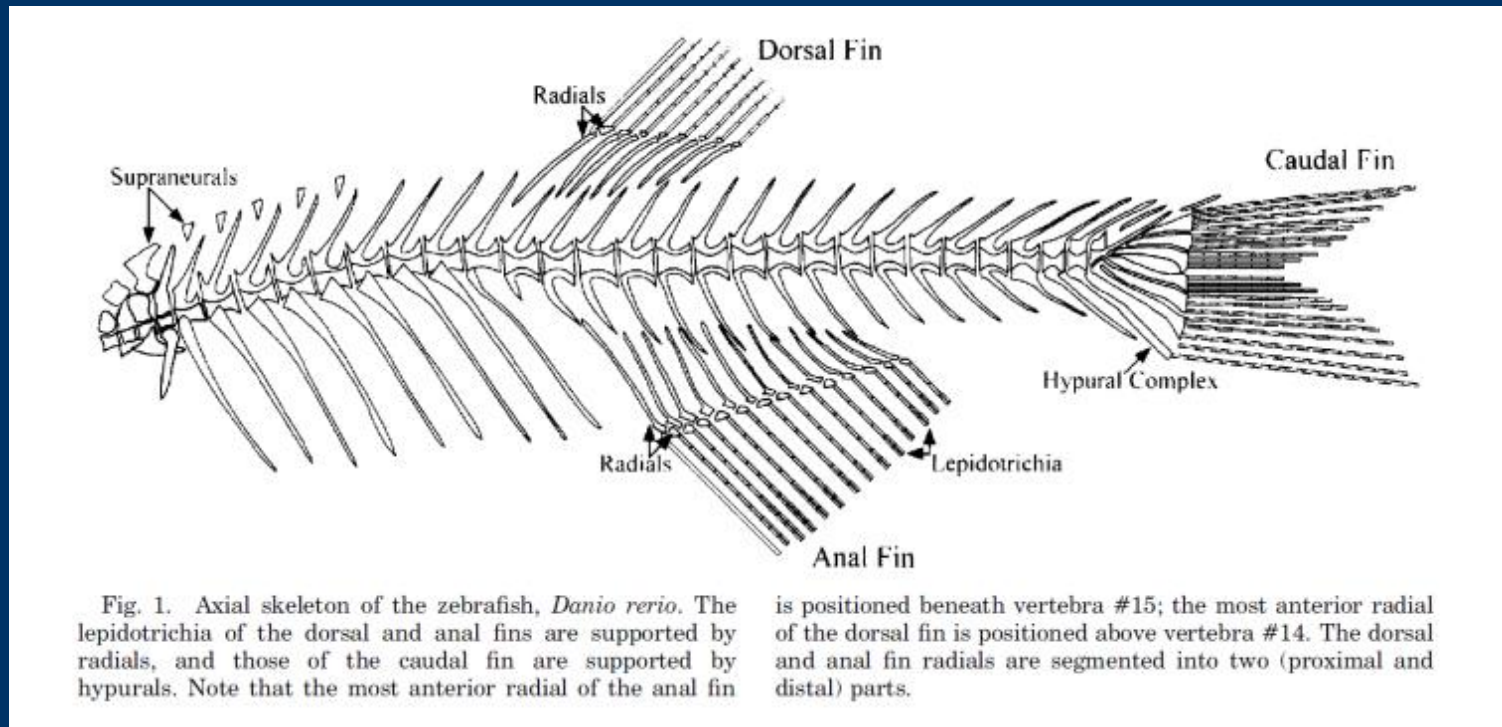
Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: sinapomorfías

Por lo menos dos **canales semicirculares** en el oído interno.



Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: sinapomorfías

Músculos radiales de aletas asociados con la base de las aletas medias y otras aletas que le permiten controlar su habilidad de nado.



JOURNAL OF EXPERIMENTAL ZOOLOGY (MOL DEV EVOL) 294:77-90 (2002)

Evolution of Median Fin Modules in the Axial Skeleton of Fishes

PAULA M. MABEE,^{1*} PATRICIA L. CROTWELL,¹ NATHAN C. BIRD,¹ AND ANN C. BURKE^{2*}

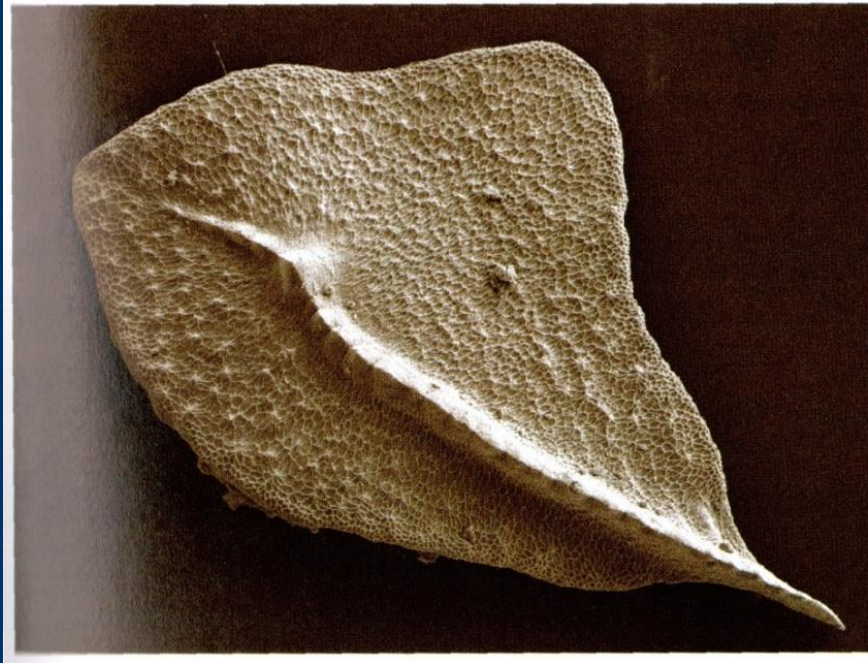
Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: otras características destacables

- **Complejo sistema endócrino**
- **Tubo digestivo muscularizado**
- **Órganos digestivos diferenciados**
- **Corazón**
- **Hemoglobina**

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces

El resto fósil más antiguo de vertebrado proviene del Cámbrico temprano. Entre 125 y 40 millones de años antes del boom de los fósiles de este grupo. Consiste de un fragmento de hueso con una estructura ya bastante compleja



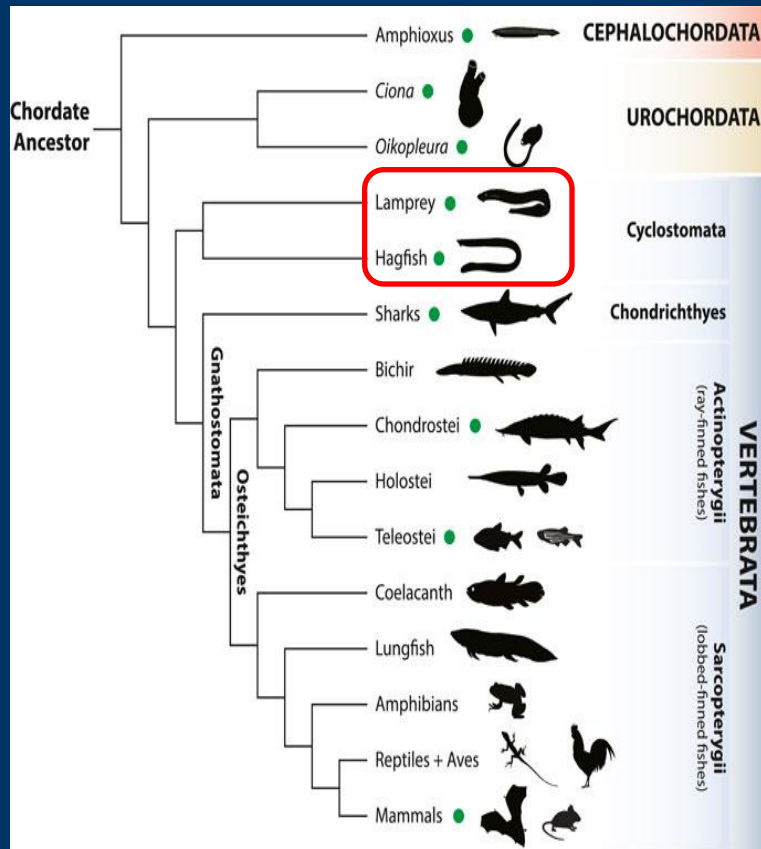
A fossil of an element of the conodont *Palmatolepis*. These enigmatic microscopic fossils are commonly used around the world to date the ages of Paleozoic marine sediments. Despite their widespread use, only recently have fossils of the whole conodont animal been discovered. These elements would have been situated in the conodont's head and may have supported filtration, food-sifting, or food-reduction structures. (Courtesy Kate Trinajstic, Curtin University)

Para ello es necesaria la existencia de tres tipos de tejido: fibroblastos, células que producen hormonas que regulen la producción de hidroxiapatita y escleroblastos que depositen los minerales.

La posición inicial del hueso fue una cubierta dérmica.

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: Agnatos

Las relaciones de parentesco entre los grupos ancestrales y por tanto la evolución de muchos caracteres importantes son controversiales.



Registro fósil de Myxinas y Lampreas muy escaso. Sus fósiles son posteriores a fósiles de los Ostracodermos, aunque su origen parece anterior

El primer fósil plausible de mixina *Myxinikela siroka* (Carbonífero).

También *Myxinooides gononorum* (Carbonífero tardío).

Ambos de mismo estratos que primeras lampreas fósiles: *Mayomyzon pieckoensis* (Carbonífero tardío)

Hardistiella montanensis y *Priscomyzon riniensis* (360 MA)

Impresiones en sedimentos finos

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces. Agnatos

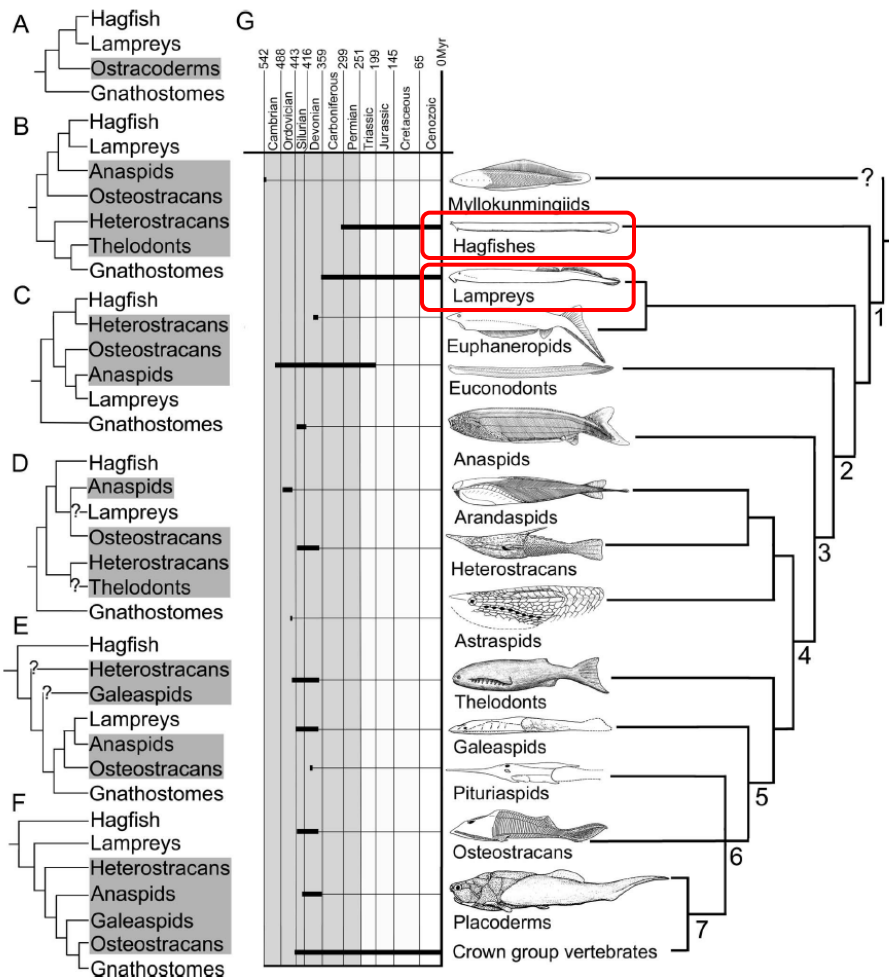


Fig. 1. Interrelationships of the major fossil and living vertebrate taxa since the late 19th century. (A–F) Phylogenetic position attributed to the major armored, jawless fossil vertebrate taxa (or ‘ostracoderms’; in grey box) according to various authors, showing the progressive shift from their status of ‘Agnatha’ to that of stem gnathostomes. (A) After Cope (1889). (B) After Kiaer (1924) and most other authors of the 20th century. (C) After Stensiö (1927). (D) After Moy-Thomas and Miles (1971). (E) After Janvier (1978). (F) After Janvier (1996a). (G) 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. (Illustrations of respective taxa after Janvier, 2007b).

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces. Agnatos

Early Vertebrates and Cyclostome Origins

1047

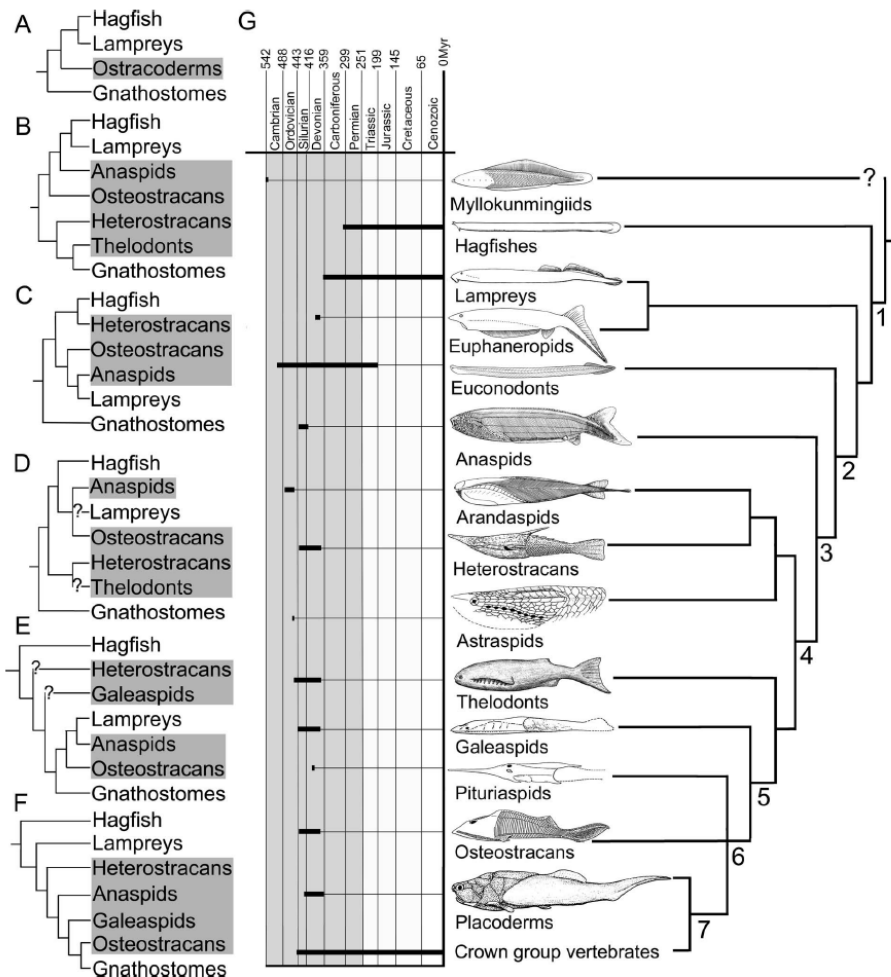


Fig. 1. Interrelationships of the major fossil and living vertebrate taxa since the late 19th century. (A–F) Phylogenetic position attributed to the major armored, jawless fossil vertebrate taxa (or ‘ostracoderms’; in grey box) according to various authors, showing the progressive shift from their status of ‘Agnatha’ to that of stem gnathostomes. (A) After Cope (1889). (B) After Kjaer (1924) and most other authors of the 20th century. (C) After Stensiö (1927). (D) After Moy-Thomas and Miles (1971). (E) After Janvier (1978). (F) After Janvier (1996a). (G) 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. (Illustrations of respective taxa after Janvier, 2007b).

Myxinas + Lampreas

- Cuerpo anguiliforme
- Narina media rostral
- Branquias en bolsillo
- Aparato lingual retráctil
- Dientes córneos

Euphaneropids + Lampreas

- Cartílago anular
- Posibles homólogos de cartílago pistón y placas tectales
- Arcos branquiales sinuosos
- Configuración similar de los condrocitos

Anaspids + Lampreas

Abertura Nashypofisial dorsal

Euphaneropids + Anaspids

- Cola hipocerca
- Aletas pares similares
- Larga Aleta Anal

Anapids + Gnatostomados

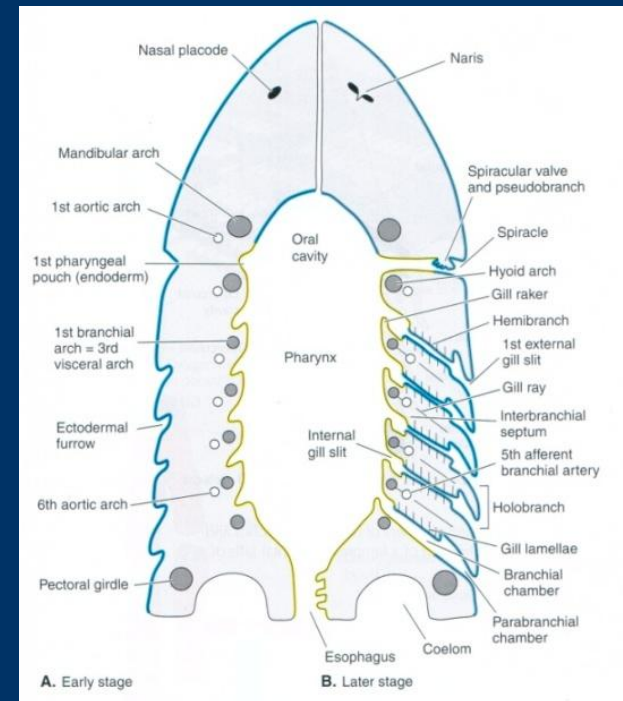
- Aletas pares y anal
- Dermoesqueleto completo

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: Myxiniformes

Pobre registro fósil y relativamente tardío
(Paleozoico tardío)

- Nariz con una narina única media
- Ojo pineal dorsal
- Sistema de la línea lateral
- Un solo conducto semicircular en el oído interno
- Hígado ventral
- Branquias localizadas en bolsillos branquiales que se abren a la superficie por un único ducto
- Pequeño condocráneo y arcos branquiales cartilagosos asociados con los bolsillo faríngeos (figura 18.1 Liem)
- Glándulas tegumentarias numerosas. Secreción de moco protector.

También retienen varios caracteres ancestrales como la ausencia de apéndices pares, hueso y vertebras



Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces: Myxiniformes

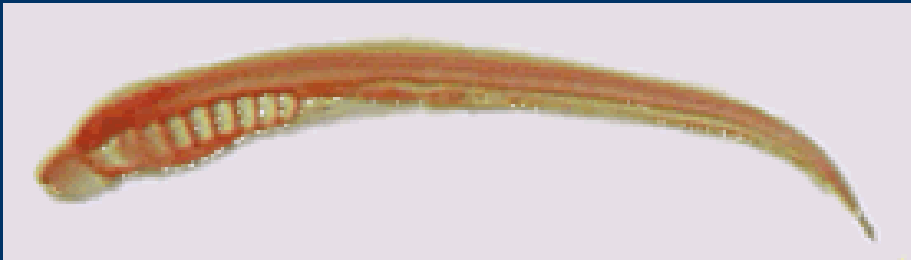
- Ambientes Marinos
- Isosmóticos
- Ojos degenerados por su habito intersticial
- Tres pares de tentáculos sensoriales alrededor de la boca
- Modo único de alimentación: dientes queratinizados y “mandíbulas”
- Gónada impar
- Hermafroditas protándricos



En Uy: *Myxine affinis*

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces : Petromyzontiformes

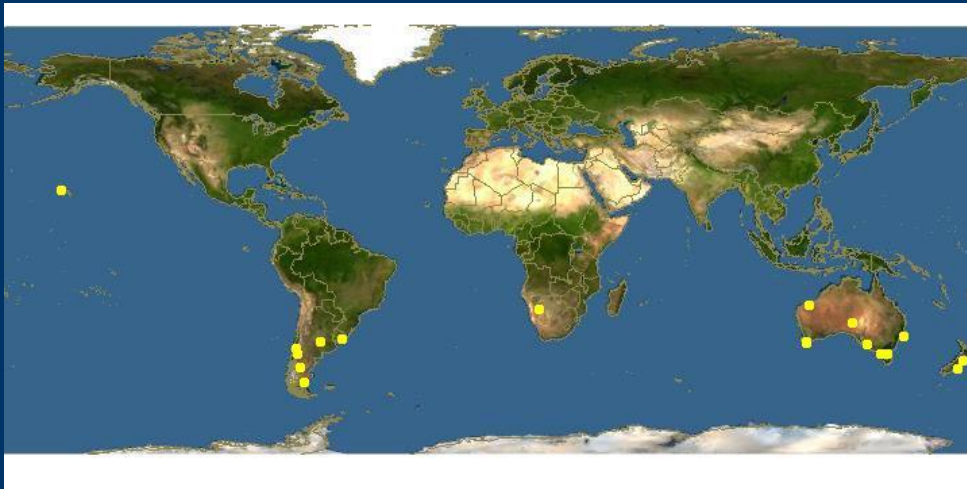
- La mayoría se adhieren a su presa con su boca circular y succionadora
- La lengua está cubierta por estructuras queratinizadas. La que puede ser protruida por un cartílago en forma de pistón y se usa para raspar la piel del hospedador
- La notocorda es persistente
- Arcos neurales que rodean la espina dorsal se cree que son la condición plesiomórfica de los Vertebrata
- Especies anádromas
- Mueren luego de la reproducción
- **Larva Ammocoetes** filtradoras de fondo



Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces : Petromyzontiformes



En Uy *Geotria macrostoma*



Larvas ammonocetes en Tubo Digestivo de Boga (*Megaleporinus obtusidens*) capturada en Río Cuareim

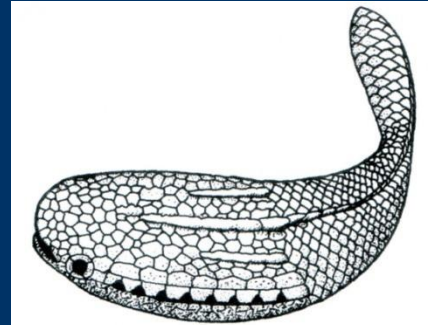
Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces. Agnatos

(Arandaspidos, Heterosctracans, Astraspidos) =
Pteraspidomorphi

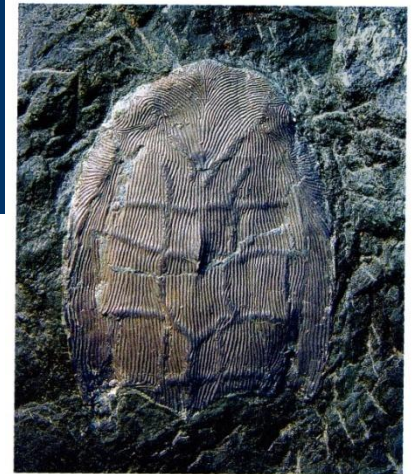
Fragmentos más antiguos del Ordovícico temprano.

3 canales semicirculares.

Los tres miembros de este clado basal presentan cuerpos con escudo craneo-torácico y cola y tronco escamado.



Astraspis is one of the oldest vertebrates known from North America and was initially described from fragmentary plates of bone from the Late Ordovician Harding Sandstone of Colorado by Charles Doolittle Walcott in the 1890s. In recent years, more complete material has been found, enabling this new reconstruction of the fish. (After the work of David Elliott)



The bony shield of *Liliaspis*, a heterostracan from the Early Devonian of Russia. Note the distinctive raised ridge ornamentation. (Courtesy Oleg Lebedev, Borissiak Paleontological Institute, Moscow)

A reconstructed model of *Arandaspis* as a living fish. (Model by Kirsten Tullis, Western Australian Museum)

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces. Agnatos

Galeaspids and Osteostracans: osificación endodérmica, hueso pericondral

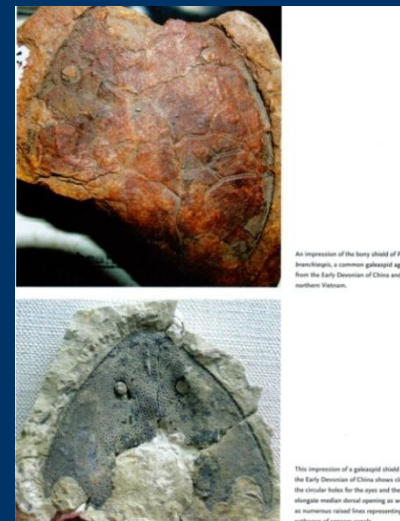
Galeaspids: los primeros en poseer una cubierta encefálica mineralizada, y quizá los primeros en los cuales el odio interno se conectaba directamente al exterior por el ducto endolinfático

Osteostracans: claramente se parecen a los Gnatostomados en poseer aletas pectorales, dos aletas dorsales, cola epicerca, cráneo cerrado, canales semicirculares formando grandes aros, vena yugular dorsal grande, ductos endolinfáticos abiertos y hueso celular.

Escudo cefálico y placas que cubrían el cuerpo compuestas por hueso cubiertos por dentina y tejido parecido a esmalte.



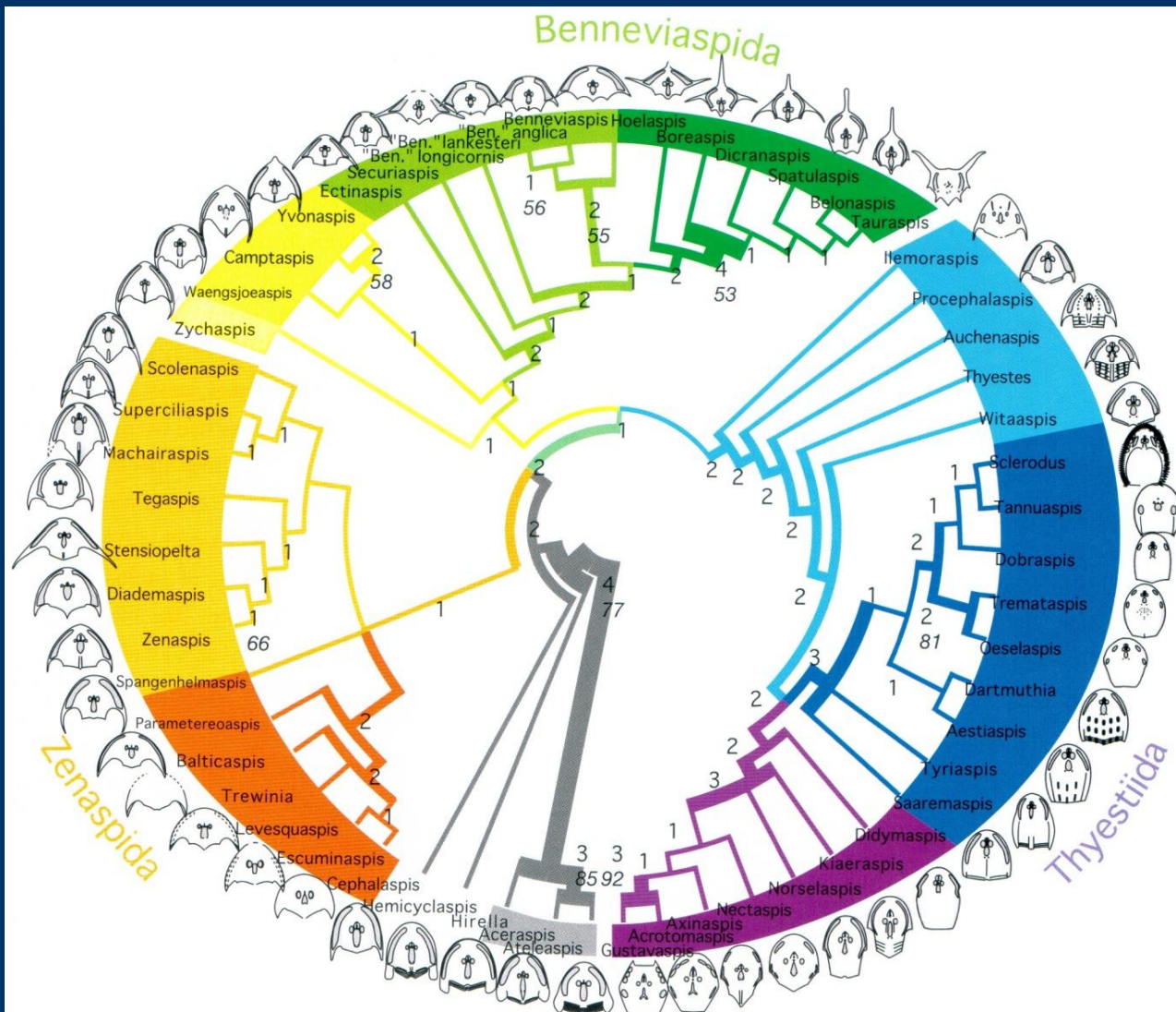
A complete specimen of the osteostracran *Cephalaspis pagei*, from the Early Devonian of Britain. (Courtesy Rob Sansom, Leicester University, and The Natural History Museum, London)



An impression of the bony shield of *Protobrancheia*, a common galeaspid species from the Early Devonian of China and northern Vietnam.

This impression of a galeaspid shield from the Early Devonian of China shows clear the circular hole for the eye and the elongate median dorsal opening as well as a horizontal canal line representing the path of a sensory canal.

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces. Agnatos



A recent scheme of interrelationships of the osteostracan fishes by Rob Sansom. The different shading and numbers refer to distinct clades (see Sansom 2009 for details).

Origen y Evolución de los grandes linajes de Peces

Gegenbaur (1874): **Arquipterigio**

Cinturas y aletas impares a partir de arcos branquiales.

Thacher (1877), Balfour (1881), and Mivart (1979): **Pliegues laterales.**

Los primeros rastros de aletas pares son pliegues aparentes de *Mylokumingia*. Aunque carecen de evidencia de esqueleto interno y soporte muscular. Mas bien parecen ser estructuras medias ventrales.

Los Heterostracos poseen quillas dermales laterales espinosas, continuas con el dermocráneo.

Las Aletas pares de los Anaspidos serían derivaciones independientes (topología del árbol).

Autores recientes sugieren reconsiderar la hipótesis de Gegenbaur considerando homología entre el hueso escapulocoracoides y cartílagos extra branquiales (aunque no necesariamente una transformación de uno en otro).

Origen y Evolución de los Cordados:

Gnatostomata

Los ancestros del grupo debemos buscarlos dentro de algunos grupo de **Osteostracos** o **Pituriaspidos**

Varias similitudes con los Osteostracos:

- Narinas pares
- 5 hendiduras y arcos branquiales
- Desarrollo de las aletas pares incluyendo aletas pectorales con escapulocoracoides osificado y esqueleto cartilaginoso
- Ducto endolinfático abierto
- Huesos escleróticos (alrededor del ojo)
- Hueso celular
- Dos aletas dorsales
- Aleta caudal epicerca

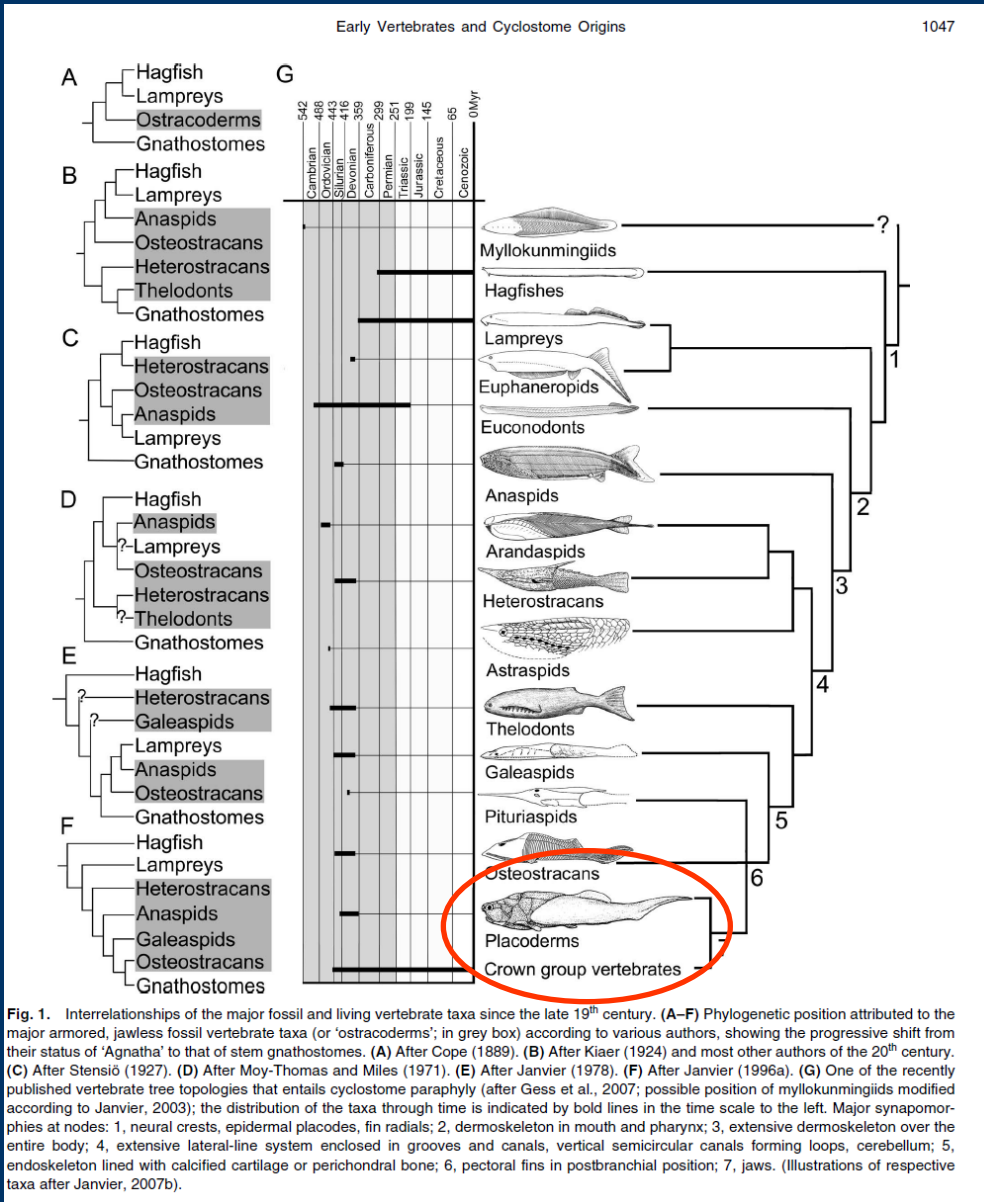


Fig. 1. Interrelationships of the major fossil and living vertebrate taxa since the late 19th century. (A–F) Phylogenetic position attributed to the major armored, jawless fossil vertebrate taxa (or ‘ostracoderms’; in grey box) according to various authors, showing the progressive shift from their status of ‘Agnatha’ to that of stem gnathostomes. (A) After Cope (1889). (B) After Kiaer (1924) and most other authors of the 20th century. (C) After Stensiö (1927). (D) After Moy-Thomas and Miles (1971). (E) After Janvier (1978). (F) After Janvier (1996a). (G) 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. (Illustrations of respective taxa after Janvier, 2007b).

Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata

Aunque la posición de los arcos branquiales es diferente. En **G** están profundas cerca de la cavidad faríngea y son articuladas.

En **O** son superficiales justo debajo de la piel y no están articuladas!!!!??

Por tanto la dilucidación de algunas homologías entre un grupo y otro es problemática.

Estudiando embriones de gallina, Brian Hall, encontró que el tejido que forma los primordios de los huesos escleróticos que cubren el margen del ojo también involucrados en la formación de la mandíbula inferior.

La sinapomorfías de los **Gnatostomados** más claras serían:

- Presencia de mandíbulas
- Fibras nerviosas mielinizadas

Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata

Origen Mandíbulas:

Arcos branquiales modificados.

No el primero (trabécula del condocráneo?:
posición y origen a partir de cresta neural)

Smith (1999): No hay evidencia de esto. Otro
origen. Evidencia dada por el Nervio Trigémino
(V).

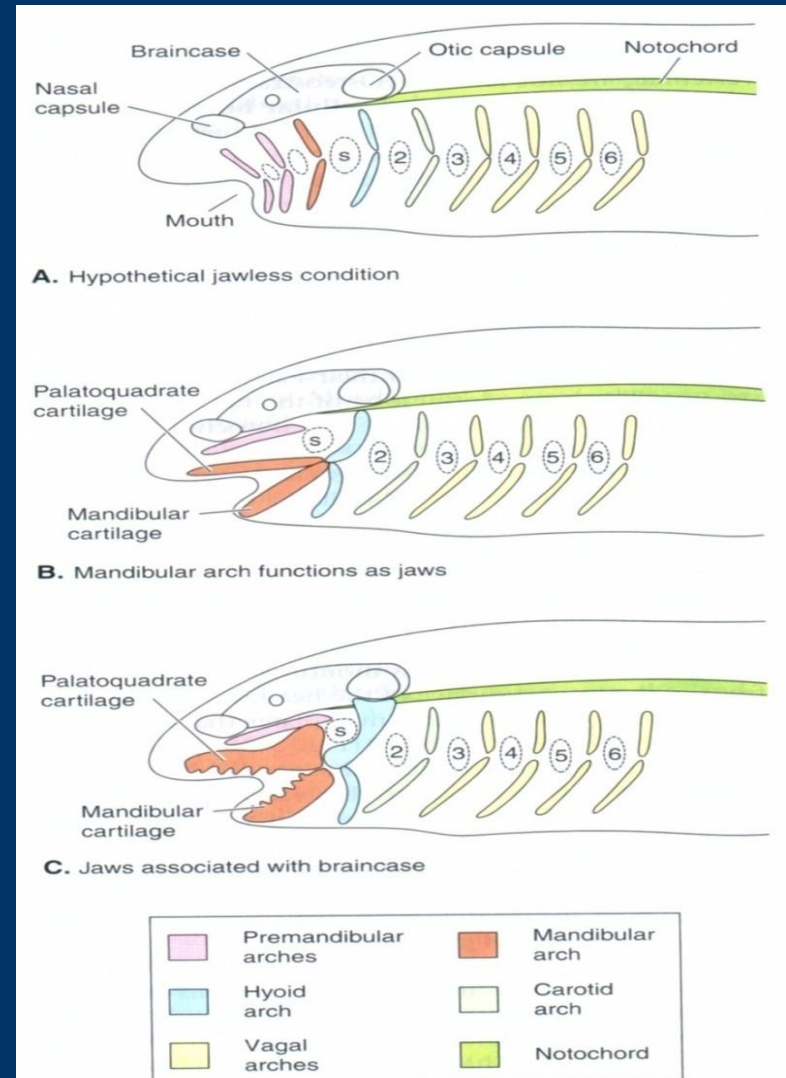
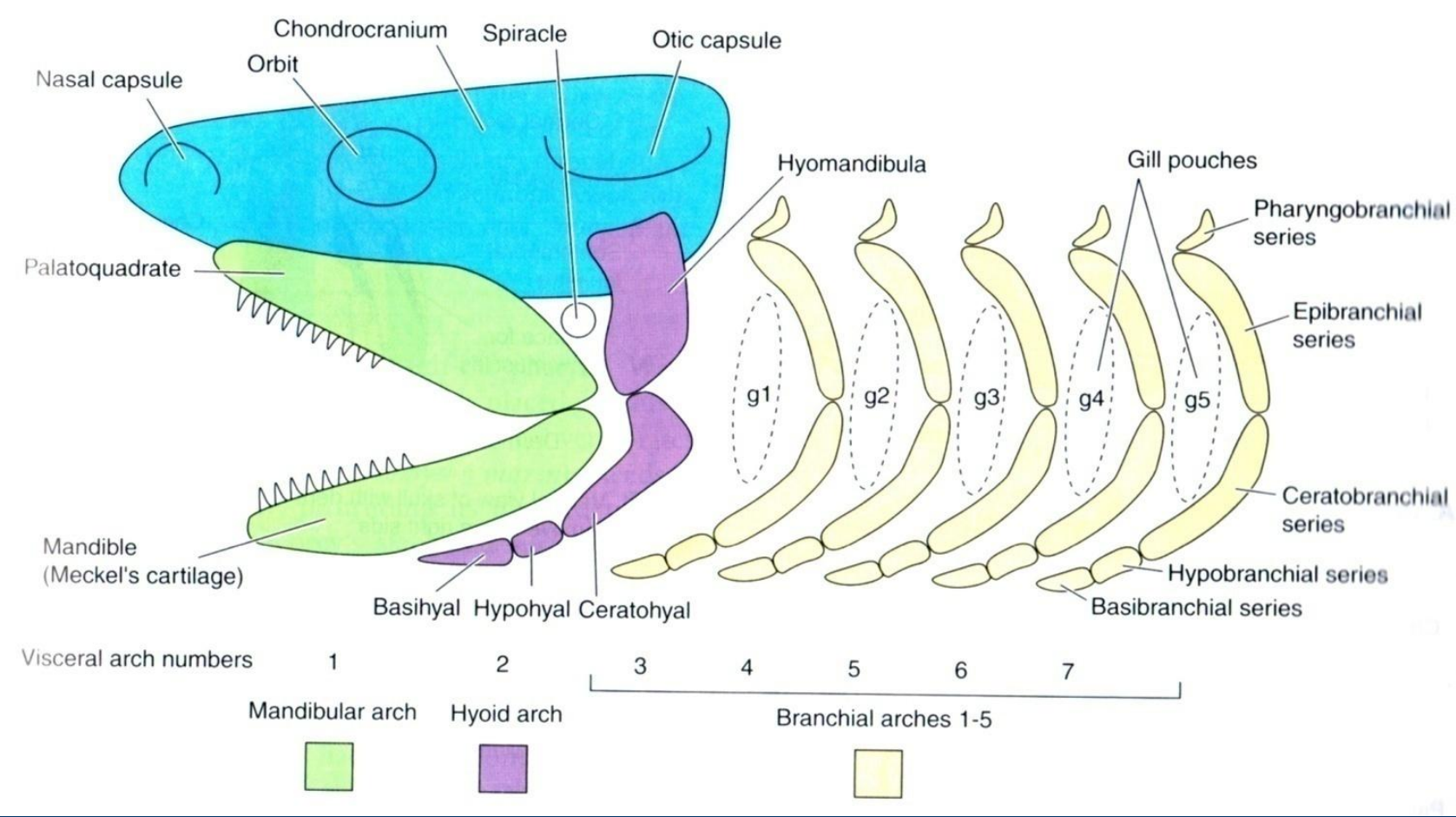


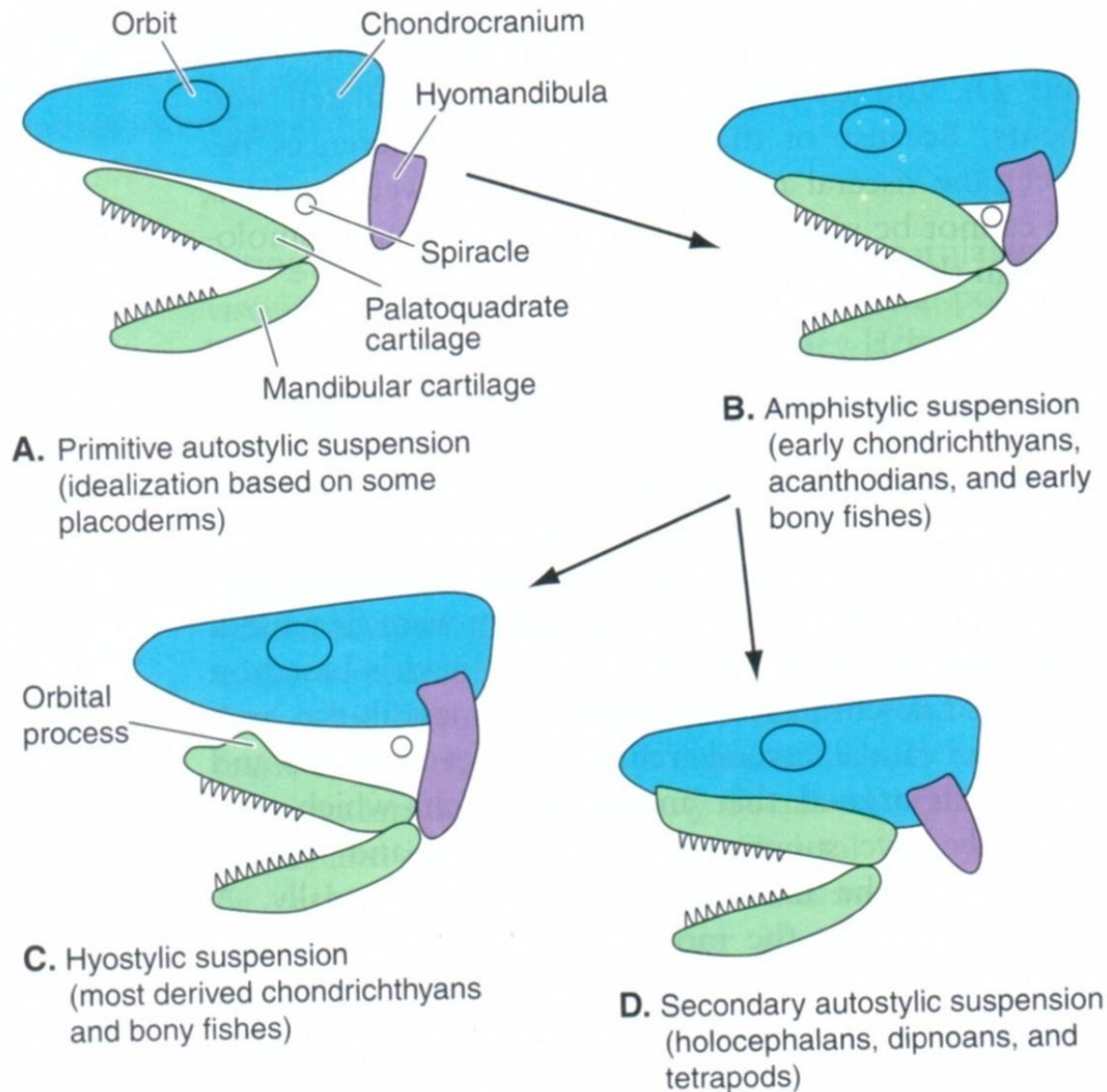
FIGURE 3-4

Origin of jaws. *A*, Hypothetical jawless condition in which the gill arches lie in a series beneath the braincase and notochord. *B*, The mandibular arch functions as jaws and is supported by the hyoid arch. *C*, Jaws associated with the braincase. *S* indicates the spiracle, which is the gill opening between the mandibular and hyoid arches. Numbers 2 through 6 indicate gill openings between posterior gill arches.

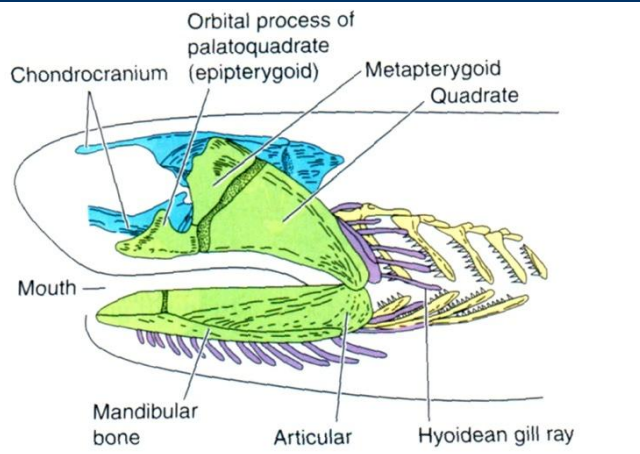
Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata



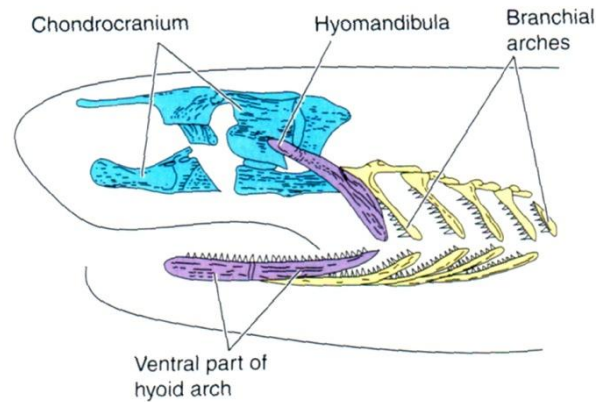
Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata



Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata



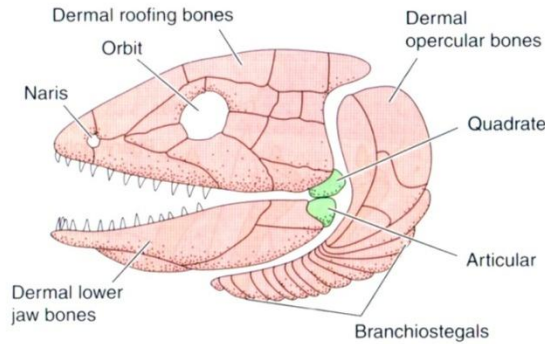
A. †*Acanthodes* cranial skeleton



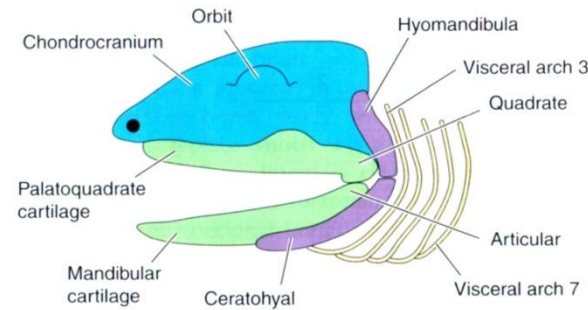
B. †*Acanthodes* cranial skeleton with mandibular arch removed

FIGURE 7-8

The cranial skeleton of an early teleostome, †*Acanthodes*. A, Dermal bones have been removed to expose the chondrocranium and splanchnocranium. B, The mandibular arch has been removed to show the hyoid arch. (After Jarvik.)



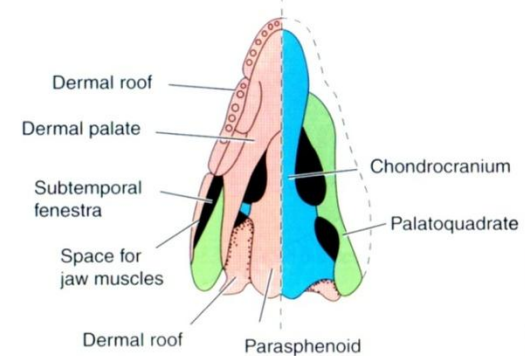
A. Dermatochromium in lateral view



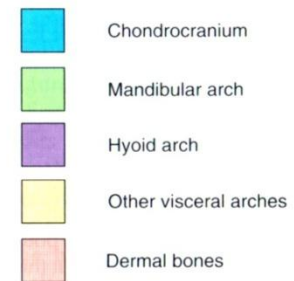
C. Chondrocranium and splanchnocranium in lateral view

FIGURE 7-4

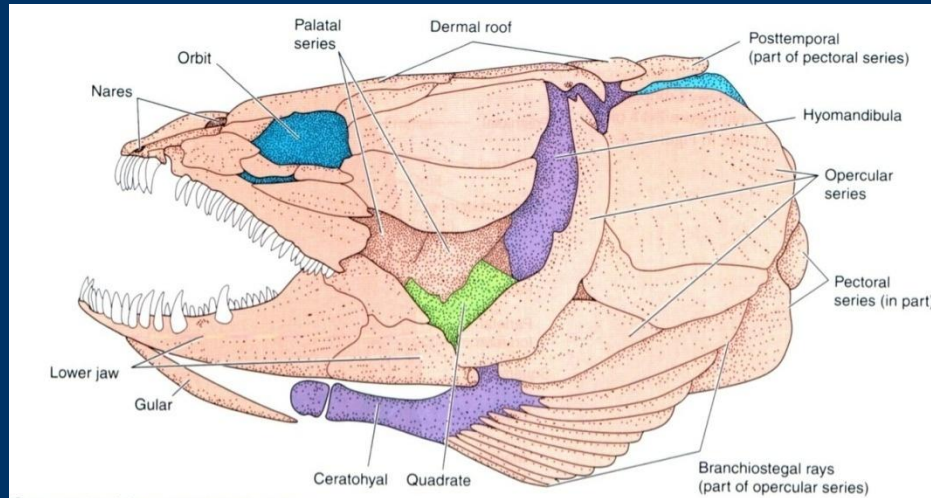
Diagrams of the components of the cranial skeleton of a generalized early bony fish, loosely based on *Amia*. A, A lateral view to show the dermatocranial bones that cover most of the other components. B, A ventral view of the skull with dermatocranial bones removed from the right side of the drawing to expose other components. C, A lateral view after the removal of the dermatocranium, leaving the chondrocranium and splanchnocranium.



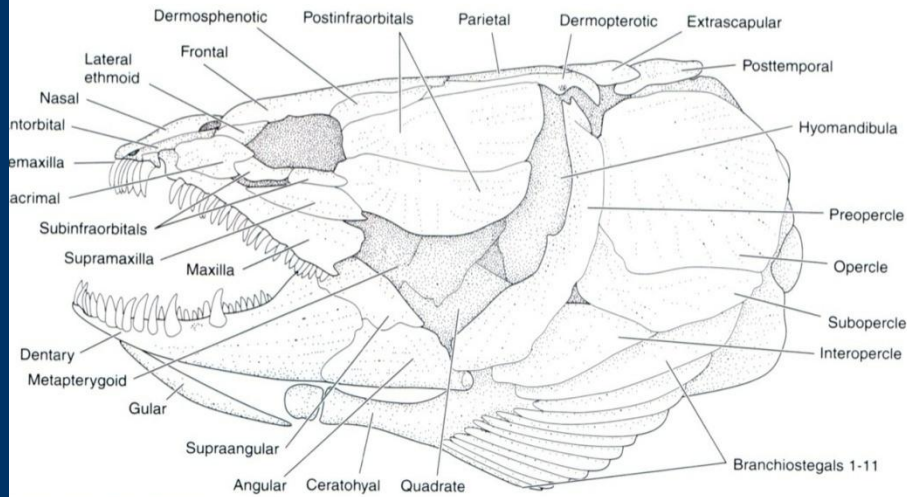
B. Ventral view of skull with dermatocranium removed from right side



Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata



Components of the cranial skeleton of *Amia*



Bones of the cranial skeleton of *Amia*

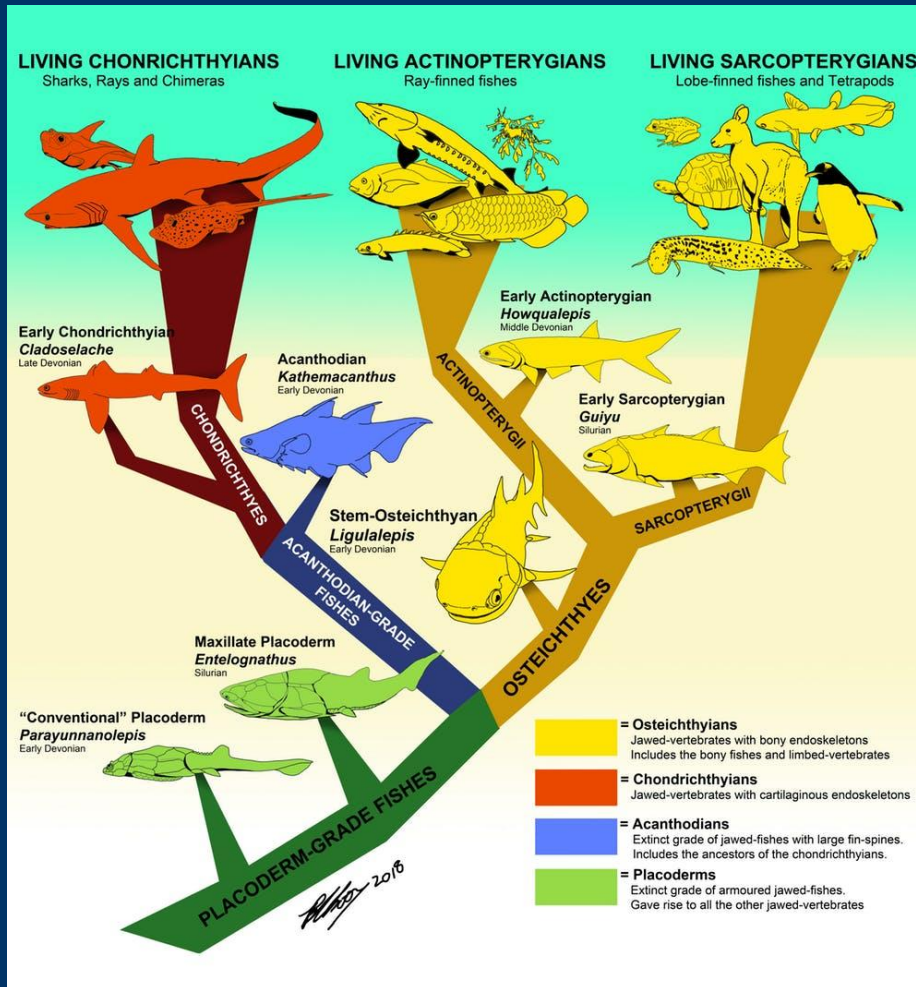
FIGURE 7-9

Figure 7-9 shows lateral views of the cranial skeleton of *Amia*. A, The components of the cranial skeleton.

Figure 7-4 for color code. B, Individual bones are identified. (From Walker and Springer; terminology after Grande and Bemis.)

Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata

- Los fósiles más antiguos pertenecen al grupo de los Acanthodii (Silúrico temprano)
- Las relaciones entre los grandes grupos de peces son poco claras ya que los principales grupos aparecen ya diferenciados cuando se presentan por primera vez en el registro fósil.



Neurocranial anatomy of an enigmatic Early Devonian fish sheds light on early osteichthyan evolution

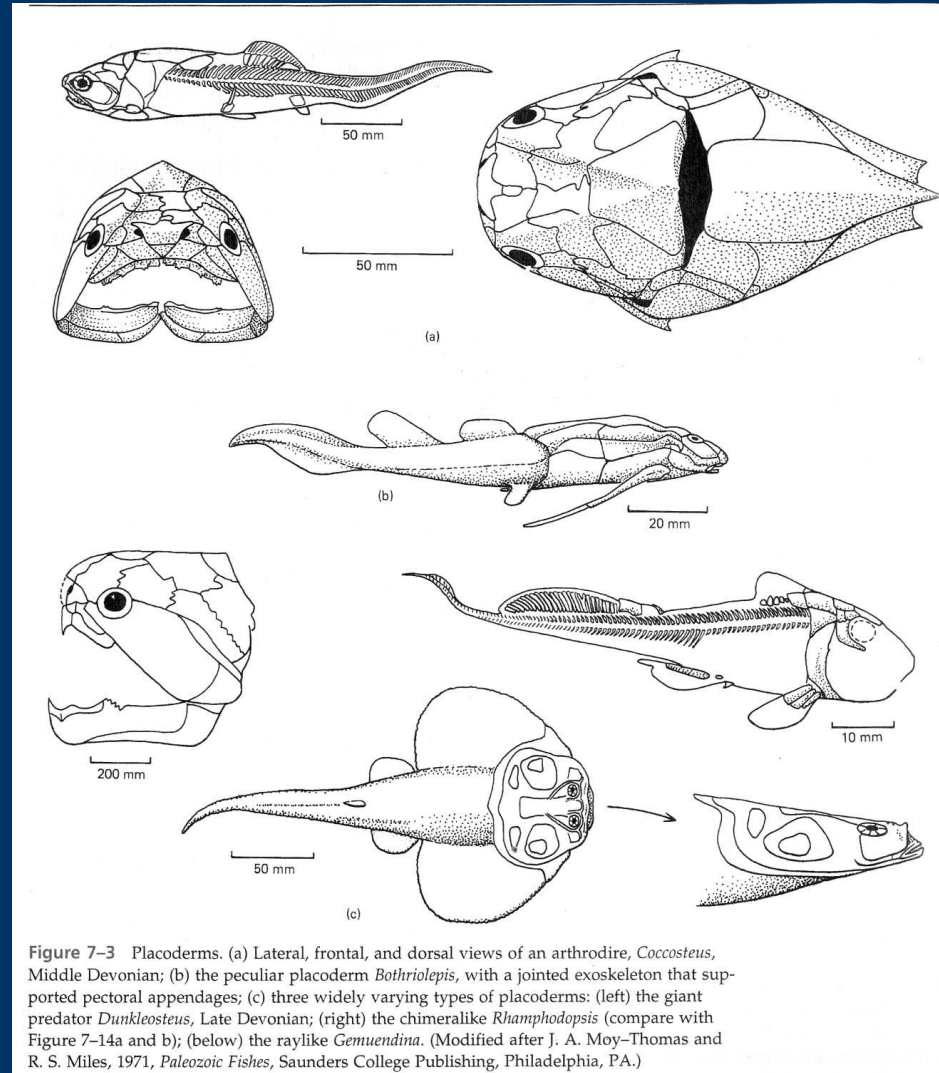
Alice M Clement^{1,2,3,4*}, Benedict King^{1,4†}, Sam Giles^{5†}, Brian Choo¹, Per E Ahlberg⁶, Gavin C Young^{6,7}, John A Long^{1,3}

¹College of Science and Engineering, Flinders University, Adelaide, Australia; ²Department of Organismal Biology, Evolutionary Biology Centre, Uppsala University, Uppsala, Sweden; ³Department of Sciences, Museum Victoria, Melbourne, Australia; ⁴Naturalis Biodiversity Center, Leiden, Netherlands; ⁵Department of Earth Sciences, University of Oxford, Oxford, United Kingdom; ⁶Department of Applied Mathematics, Research School of Physics & Engineering, Australian National University, Canberra, Australia; ⁷Australian Museum Research Institute, Sydney, Australia

Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata: Placodermos

Clase Placodermi

- Cabeza y cintura pectoral con placas óseas dérmicas (con células óseas) que se solapan.
- Hueso endocondral en algunos taxa.
- Esqueleto interno en la mayoría cartilaginoso.
- Escudo cefálico generalmente móvil articulando con el escudo corporal (Arthrodira)
- Cámara branquial posiblemente cubierta lateralmente con hueso dérmico
- Notocorda no constreñida con vértebras sin centro vertebral
- Aleta caudal heterocerca
- Aleta anal probablemente ausente
- Desde el Devónico temprano al tardío



Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata: Placodermos

Arthrodira y **Antiarcha**: los más conocidos pero no los únicos

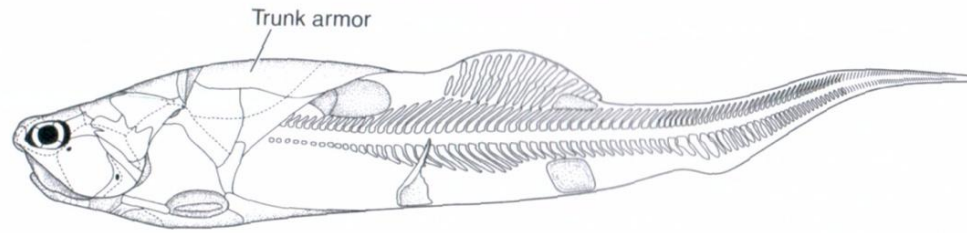
FIGURE 3-5

Representative †placoderms.

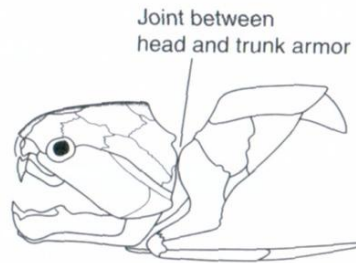
A, Reconstruction of an early arthrodire, †*Coccosteus*.

B, Cephalothoracic armor of the giant arthrodire †*Dunkleosteus*, which attained a length of 6 m. C, Same as B but with mouth open to show the mechanism of the joint between the skull and thoracic armor.

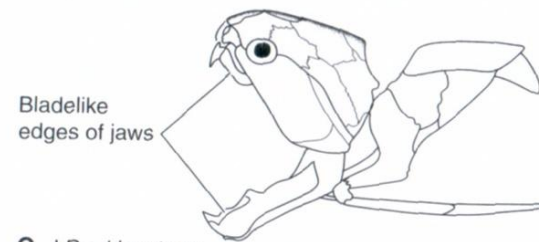
D, Reconstruction of a small antiarch, †*Bothriolepis*.



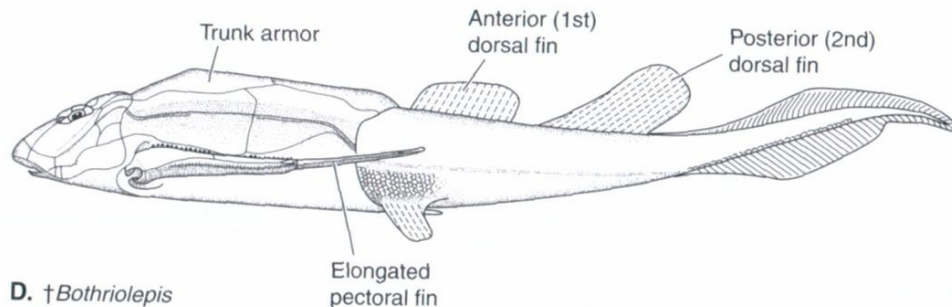
A. †*Coccosteus*



B. †*Dunkleosteus*



C. †*Dunkleosteus*



D. †*Bothriolepis*

Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata: Placodermos

Dos pares de placas dentíferas en la mandíbula superior (**Arthrodira**)



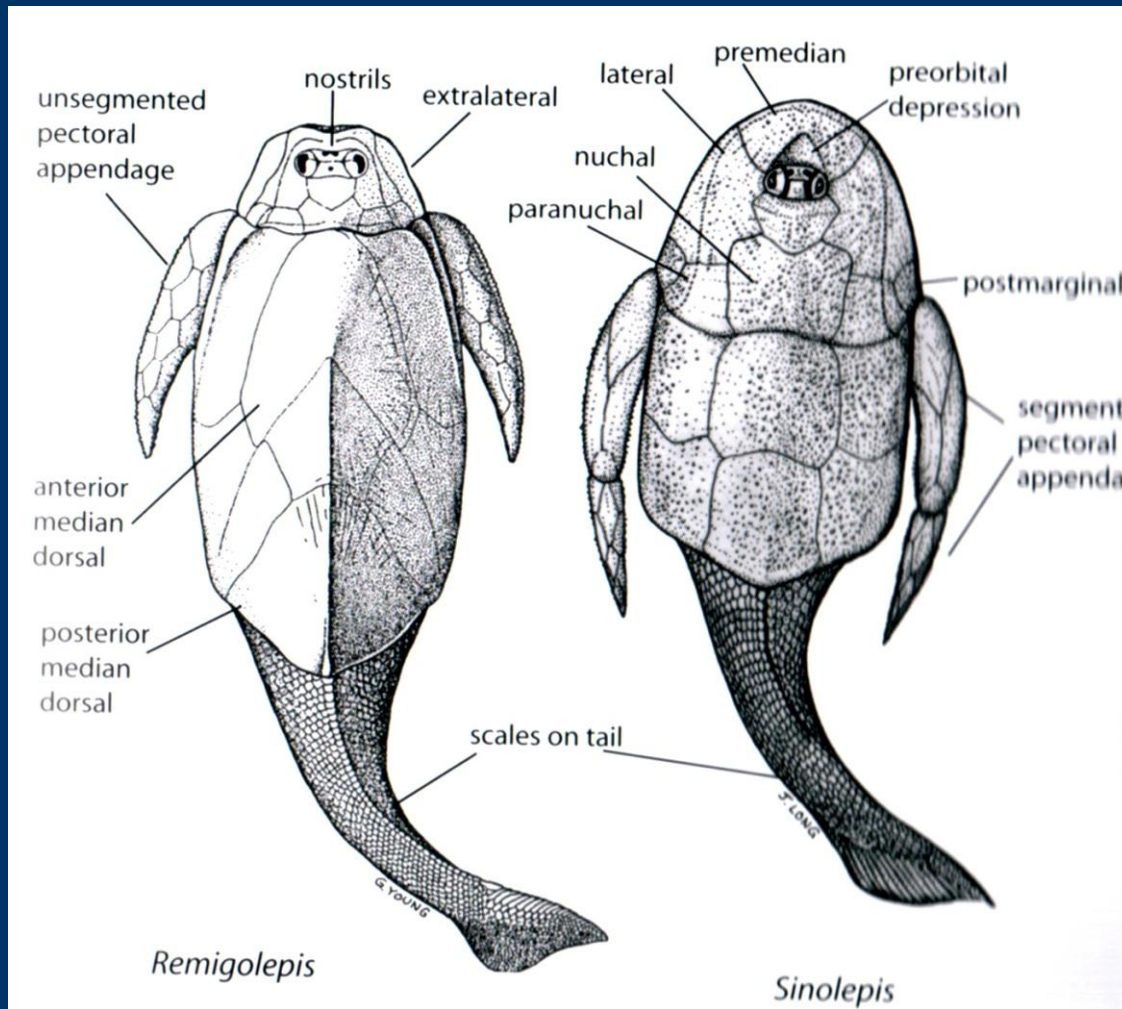
(Top) *Fallacosteus*, a streamlined, long-snouted arthrodire from the Late Devonian Gogo Formation of Western Australia.



(Left) *Incisoscutum sarahae*, a durophagous arthrodire that probably fed on hard-shelled invertebrates on the ancient reef system.

Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata: Placodermos

Antiarcha: aletas pectorales con osificaciones dérmicas articuladas

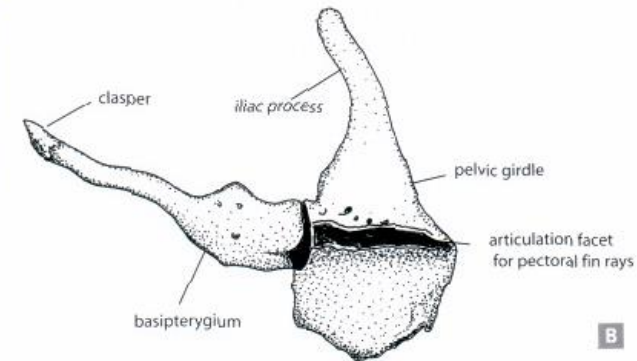


Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata: Placodermos

- Los dientes de este grupo no son comparables con los de los otros gnatostomados y la anatomía esquelética de las aletas pares no presenta homologías con los demás grupos.
- Más interesante aún es la posición de la musculatura de las mandíbulas. En los otros **G** esta es externa a los elementos esqueléticos.
- En **P**, donde pudo ser determinada, la mayoría de la musculatura es media a los cartílagos mandibulares superiores (palatoc cuadrado). Si esto es verdad para todos los **P**, entonces las mandíbulas podrían haber evolucionado más de una vez en entre los gnatostomados ancestrales.
- Más osificados los más basales mas cartílago los más derivados.
- Un reemplazo rápido de los placodermos por parte de los Condrictios ocurrió al final del Devónico. Su relación con otros Gnatostomados es desconocida hasta el momento.

Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata: Placodermos

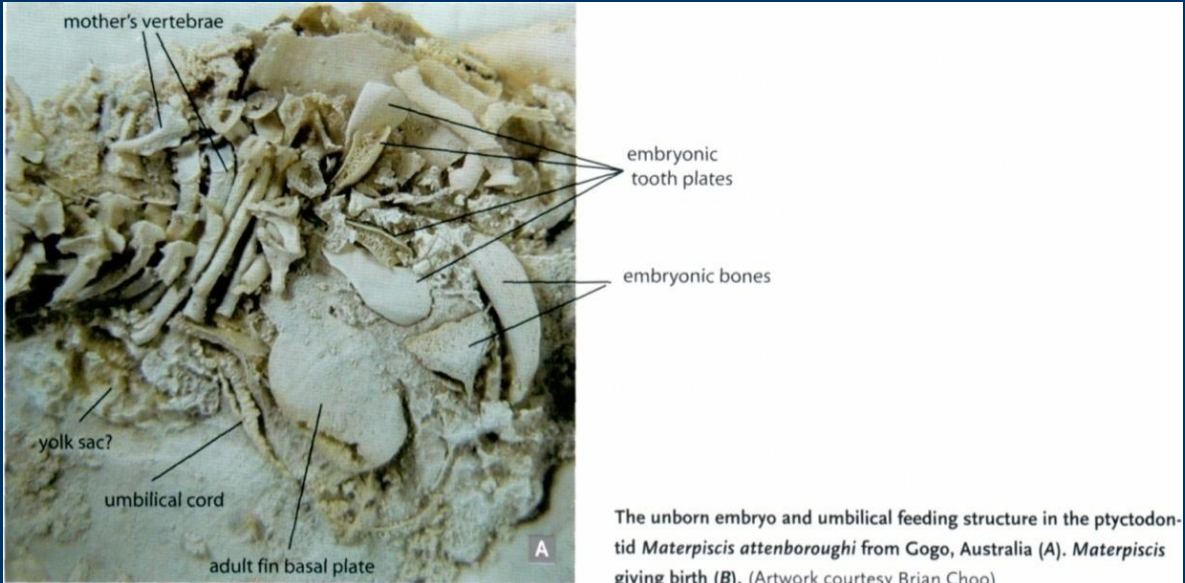
- Formación Gogo en Australia, restos fósiles con grandes detalles de Placodermos.
- Asociados a arrecifes de coral.
- Fecundación interna y viviparidad.
- Grupos marinos y dulceacuícolas. La mayoría peces bentónicos con cuerpos deprimidos, solamente dos familias con especies de cuerpo comprimido. Máximo tamaño 6 m



(Top) The male clasper and pelvic girdle of *Incisoscutum ritchiei* (A); the clasper restored attached to pelvic girdle (B).

(Left) The only placoderm to become the center of a political campaign, *Mcnamaraspis kaprios*, from Gogo, was declared the official state fossil emblem of Western Australia in 1995.

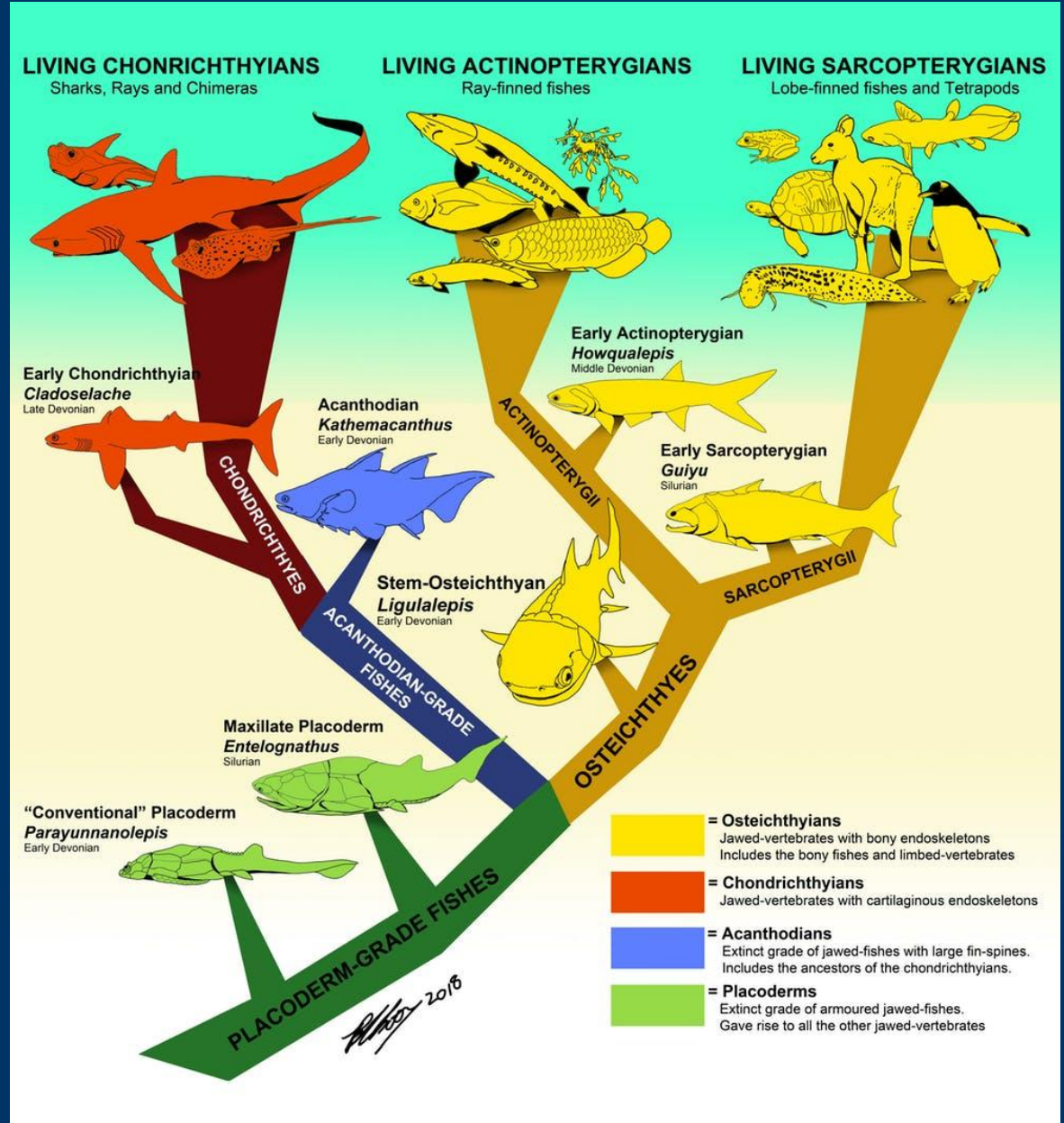
Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata: Placodermos



Neurocranial anatomy of an enigmatic Early Devonian fish sheds light on early osteichthyan evolution

Alice M Clement^{1,2,3*}, Benedict King^{4,5*}, Sam Giles^{6†}, Brian Choo¹, Per E Ahlberg⁷, Gavin C Young^{8,7}, John A Long^{1,3}

¹College of Science and Engineering, Flinders University, Adelaide, Australia; ²Department of Organismal Biology, Evolutionary Biology Centre, Uppsala University, Uppsala, Sweden; ³Department of Sciences, Museum Victoria, Melbourne, Australia; ⁴Naturalis Biodiversity Center, Leiden, Netherlands; ⁵Department of Earth Sciences, University of Oxford, Oxford, United Kingdom; ⁶Department of Applied Mathematics, Research School of Physics & Engineering, Australian National University, Canberra, Australia; ⁷Australian Museum Research Institute, Sydney, Australia



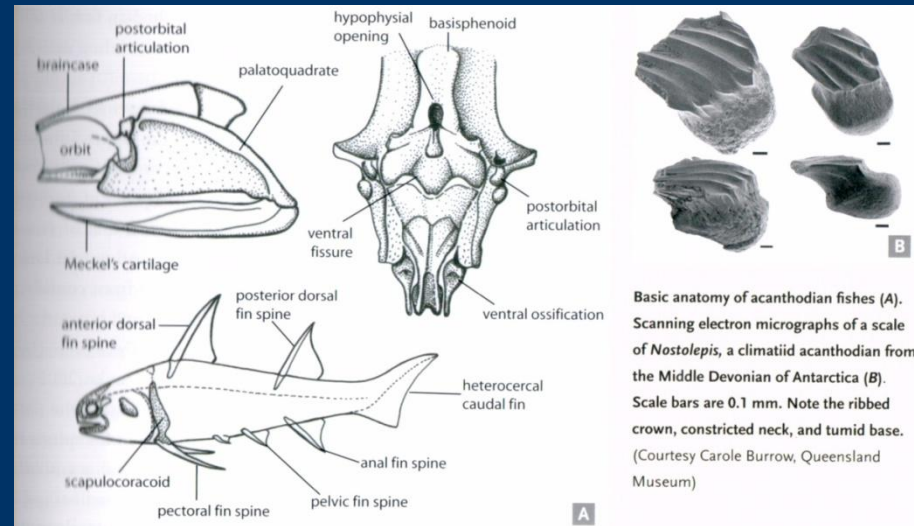
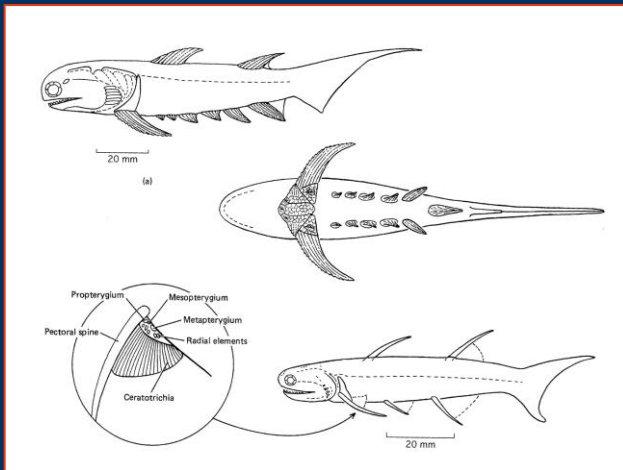
Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata: Acanthodi

Clase Acanthodi

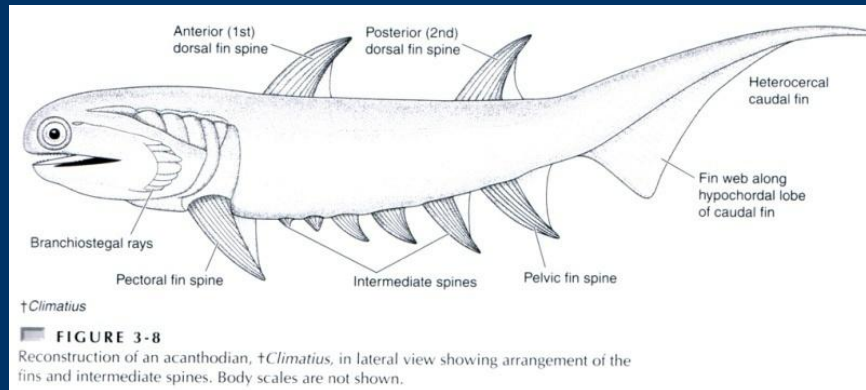
Silúrico temprano



Pérmico temprano



Basic anatomy of acanthodian fishes (A). Scanning electron micrographs of a scale of *Nostolepis*, a climatiid acanthodian from the Middle Devonian of Antarctica (B). Scale bars are 0.1 mm. Note the ribbed crown, constricted neck, and tumid base. (Courtesy Carole Burrow, Queensland Museum)



Origen y Evolución de los Cordados: Gnatostomata: Osteichthyes



RESEARCH ARTICLE



Neurocranial anatomy of an enigmatic Early Devonian fish sheds light on early osteichthyan evolution

Alice M Clement^{1,2,3,4*}, Benedict King^{1,4,5}, Sam Giles¹, Brian Choo¹, Per E Ahlberg⁶, Gavin C Young^{6,7}, John A Long^{1,3}

¹College of Science and Engineering, Flinders University, Adelaide, Australia; ²Department of Organismal Biology, Evolutionary Biology Centre, Uppsala University, Uppsala, Sweden; ³Department of Sciences, Museum Victoria, Melbourne, Australia; ⁴Naturalis Biodiversity Center, Leiden, Netherlands; ⁵Department of Earth Sciences, University of Oxford, Oxford, United Kingdom; ⁶Department of Applied Mathematics, Research School of Physics & Engineering, Australian National University, Canberra, Australia; ⁷Australian Museum Research Institute, Sydney, Australia

LIVING CHONDRICHTHYANS
Sharks, Rays and Chimeras

LIVING ACTINOPTERYGIANS
Ray-finned fishes

LIVING SARCOPTERYGIANS
Lobe-finned fishes and Tetrapods

