

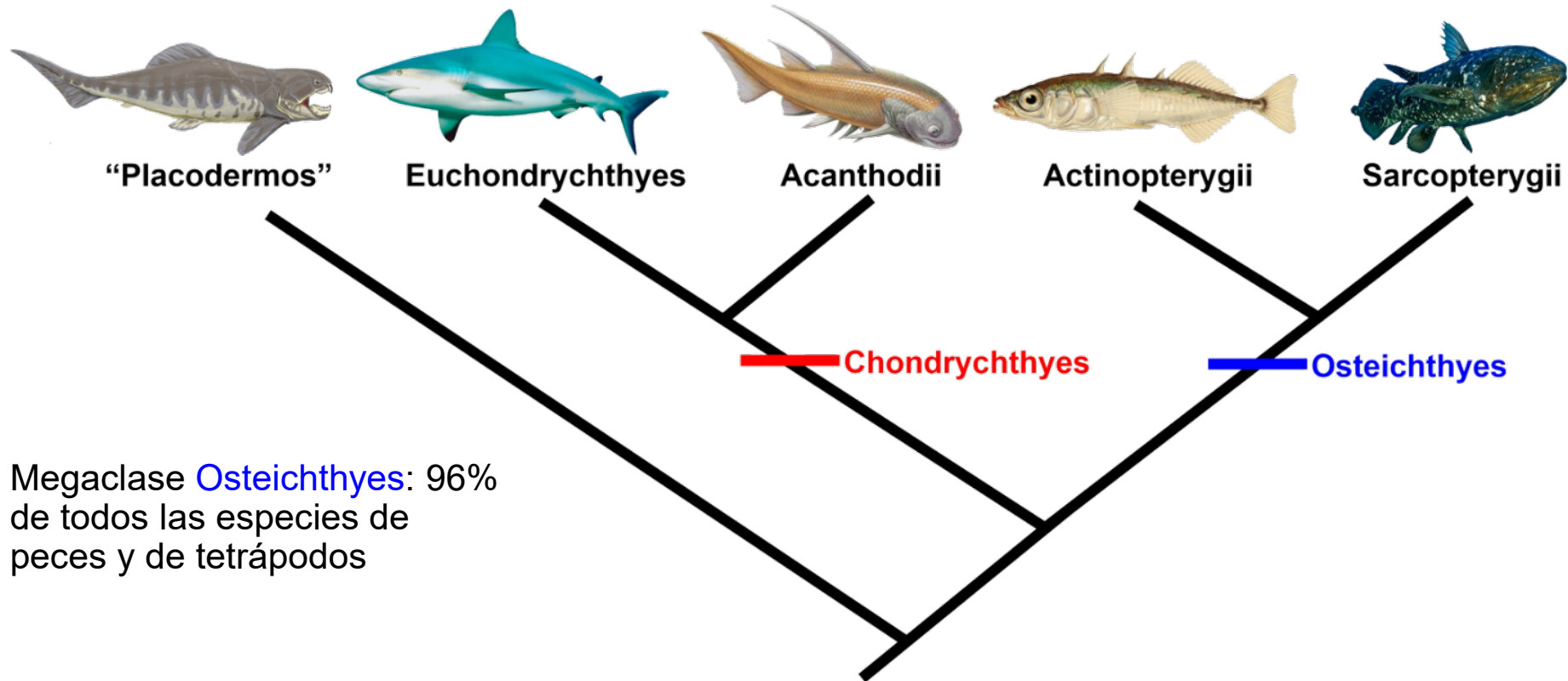
# Megaclase Osteichthyes

## Peces óseos



# Los peces óseos

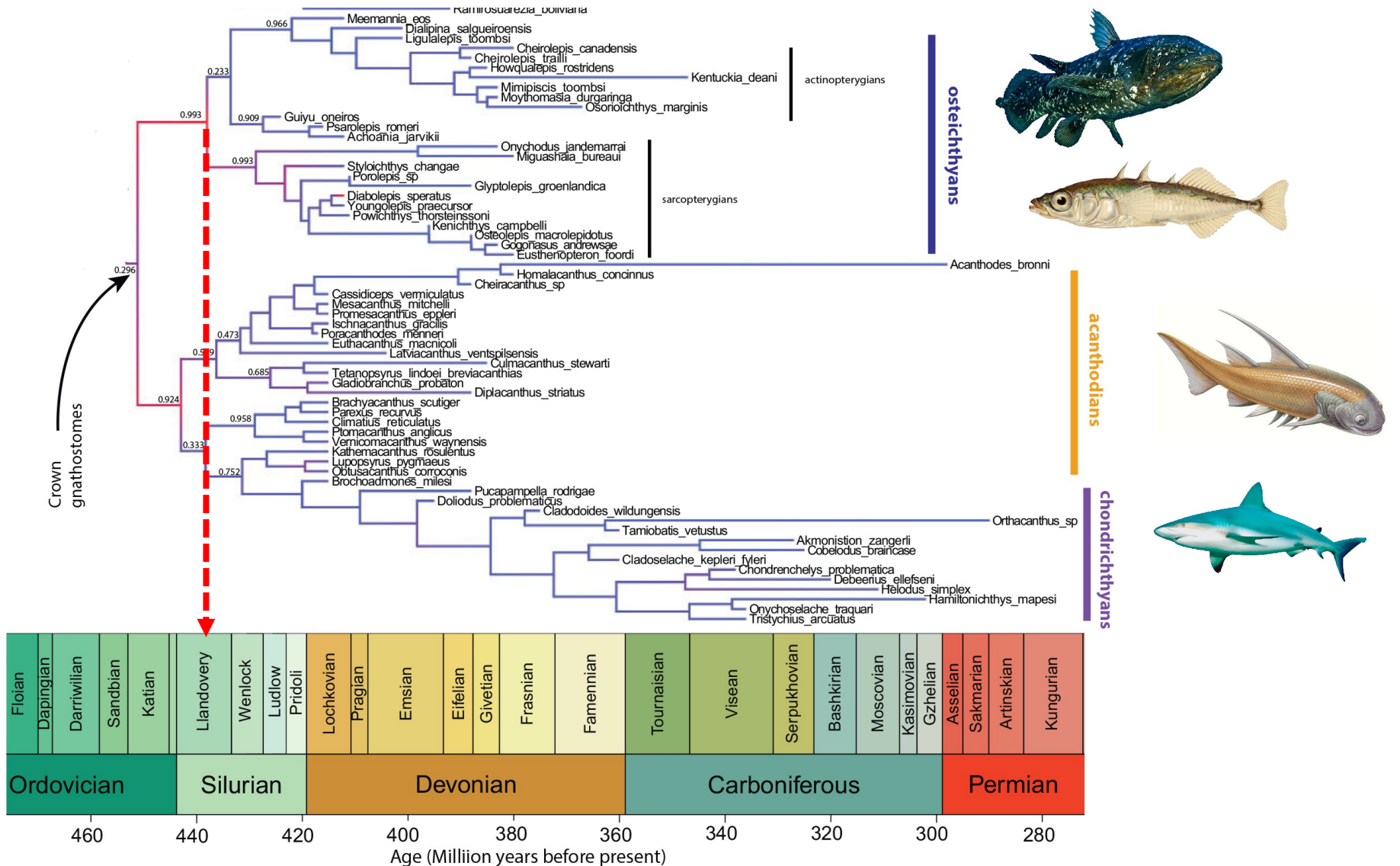
Hipótesis de las relaciones de los peces **Osteichthyes** con otros grupos de peces gnatostomados



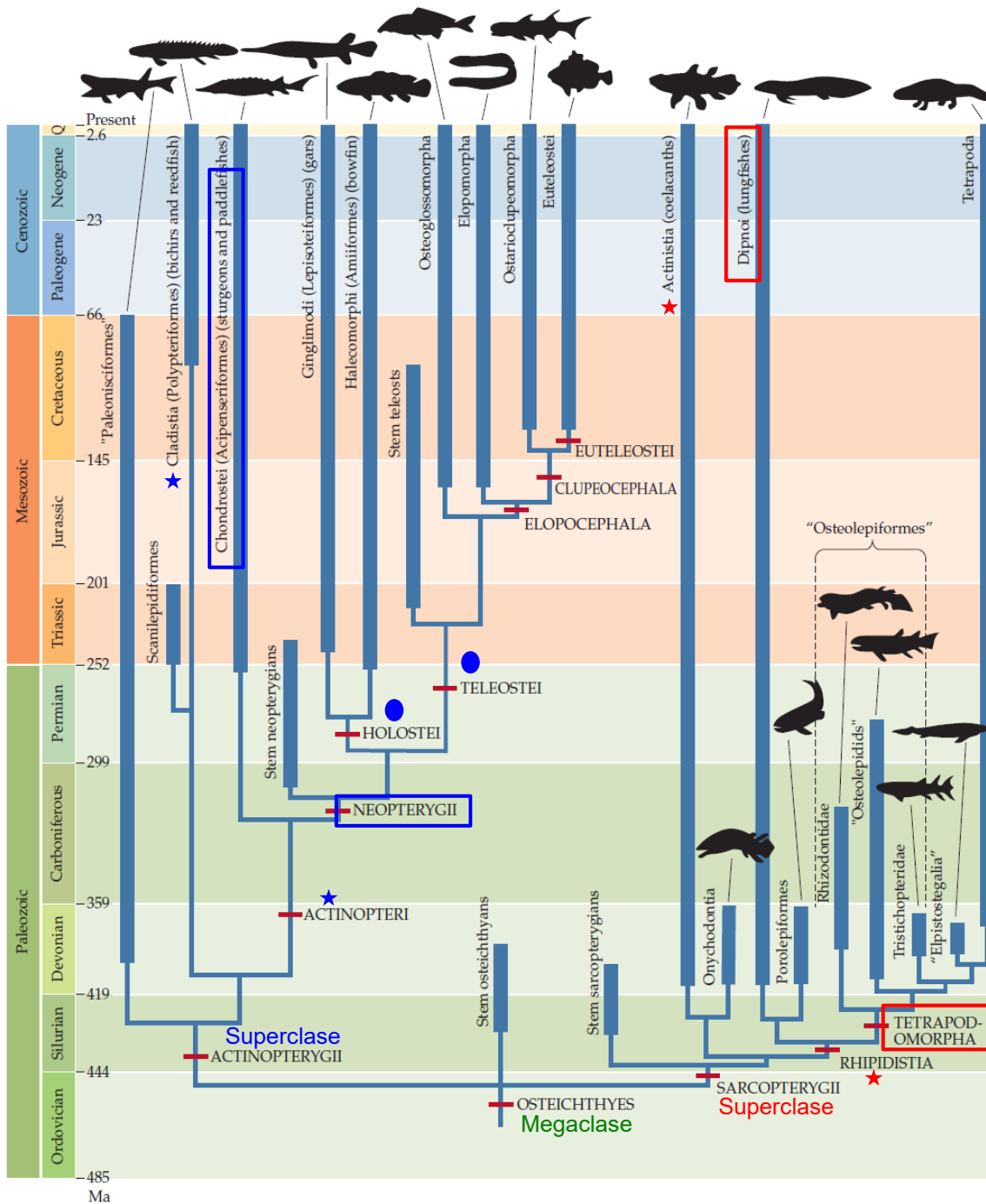
Megaclase **Osteichthyes**: 96%  
de todas las especies de  
peces y de tetrápodos

**Modificado de:** Chevrinai et al. 2017. From body scale ontogeny to species ontogeny: histological and morphological assessment of the Late Devonian acanthodian *Triazeugacanthus affinis* from Miguasha, Canada. PLoS ONE 12: e0174655

# Aparición de los peces óseos



**Modificado de:** King et al. 2017. Bayesian morphological clock methods resurrect placoderm monophyly and reveal rapid early evolution in jawed vertebrates. *Syst. Biol.* 66: 499-516.



**Ordovícico  
(Paleozoico)**

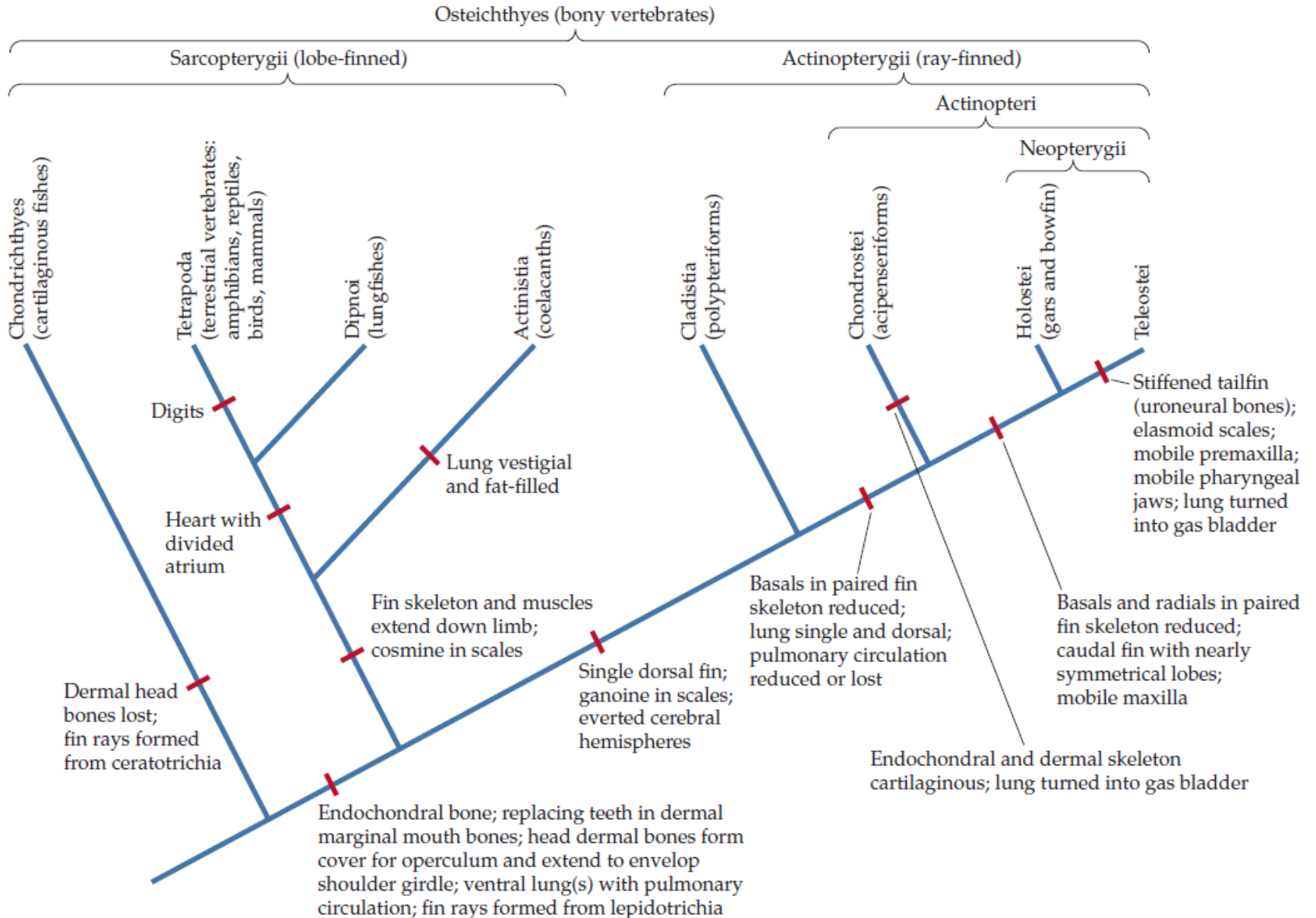
**Devónico (edad de los  
peces)**

- ✓ Linajes existentes y extintos contemporáneos
- ✓ Aguas dulces y marinas

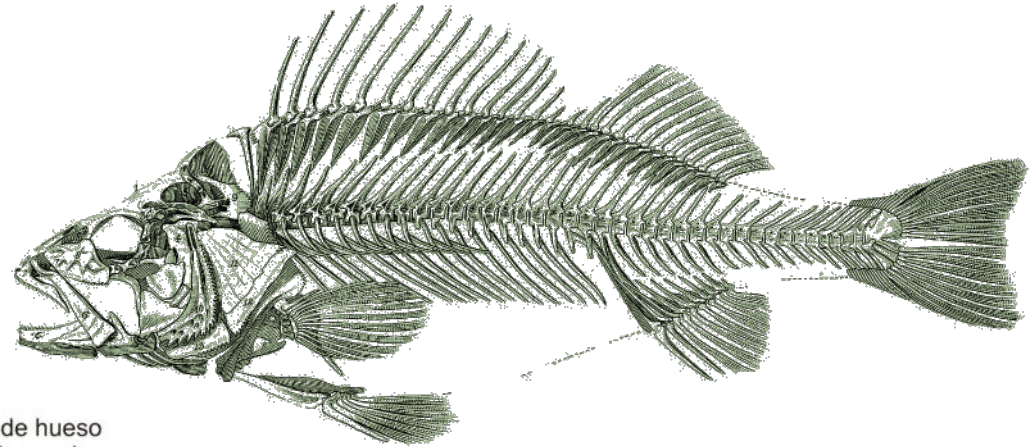
- ★ Clase
- Subclase
-



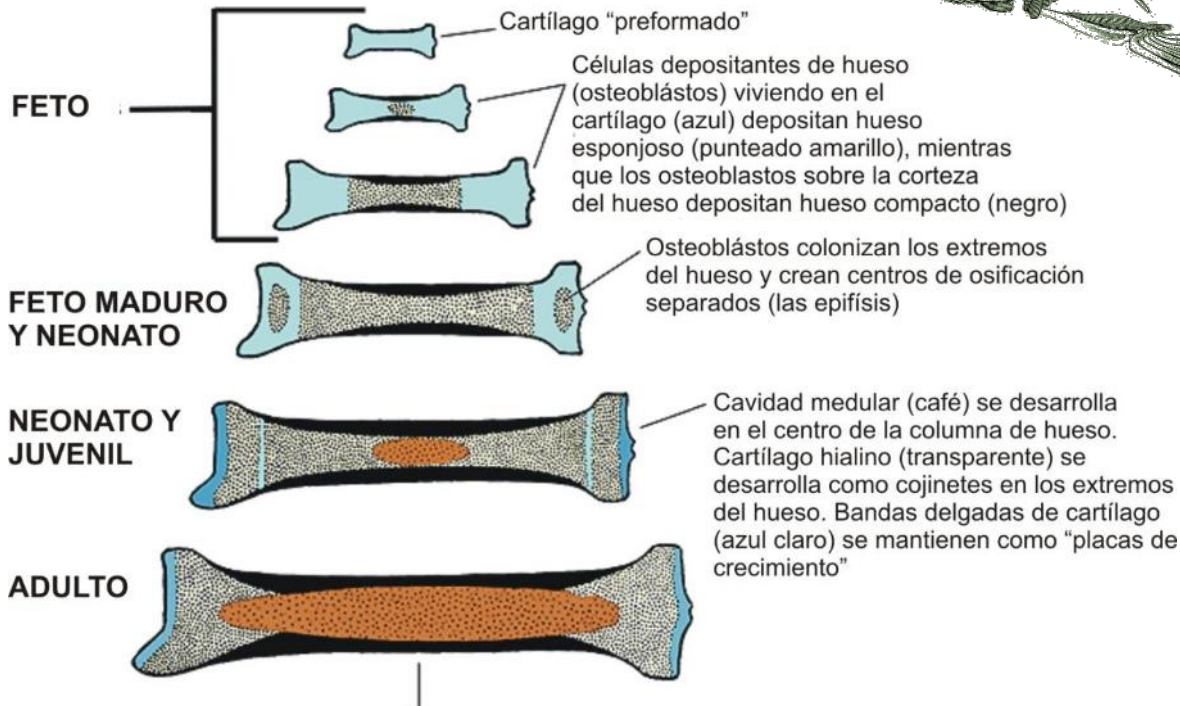
# Sinapomorfías Osteichthyes



# Características peces óseos



## ESTADOS DE CRECIMIENTO ÓSEO

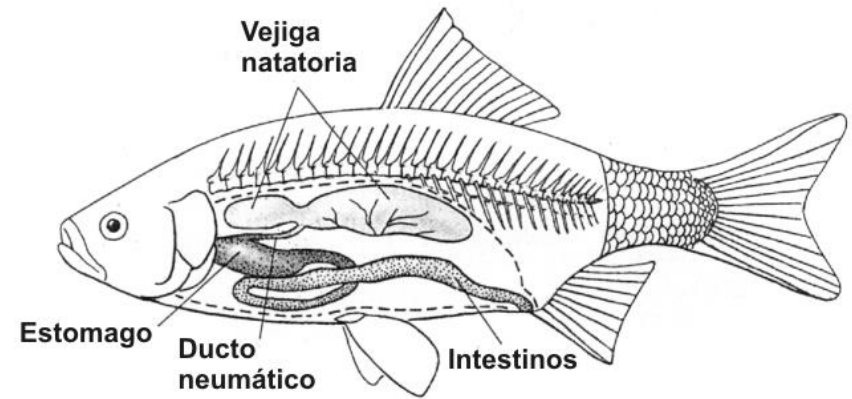


La cavidad medular se agranda a su tamaño máximo. Las "placas de crecimiento" son convertidas a hueso de acuerdo al cronograma de crecimiento del hueso. El único cartílago que aún se mantiene en el hueso es el cartílago hialino (azul oscuro) tapizando las superficies articulares del hueso

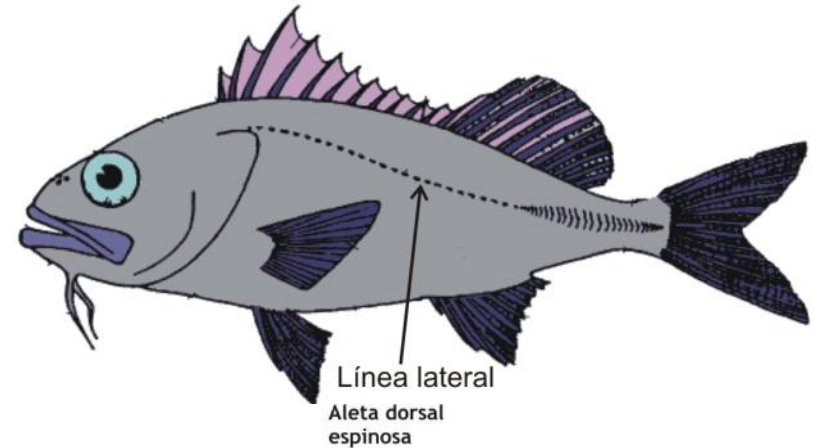
- Único en osteíctios y tetrápodos
- Peces antiguos con hueso dérmico

## Otras características

- Pulmones o vejiga natatoria
  - ✓ Derivada del tracto digestivo

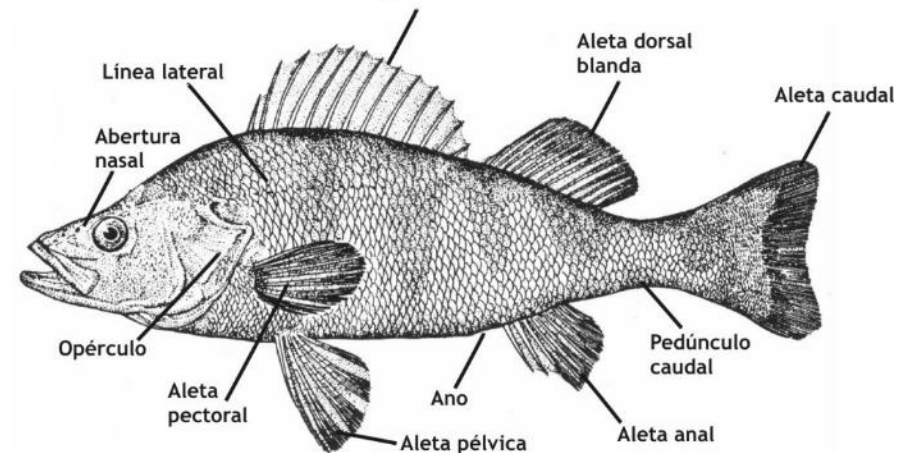


- Patrones de canales de línea lateral



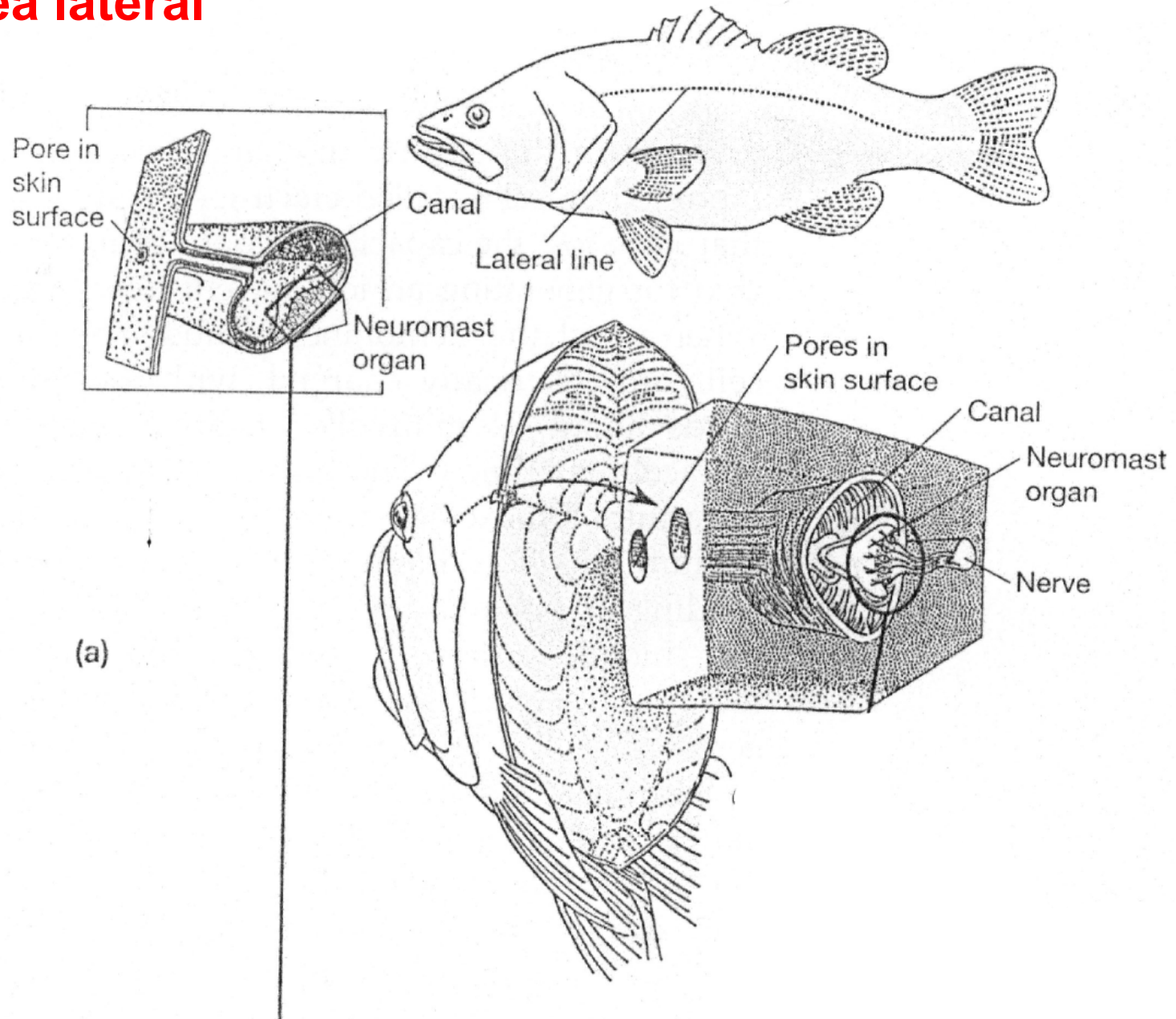
- Elementos óseos dérmicos similares del opérculo y la cintura pectoral

- Aletas soportadas por radios óseos dérmicos





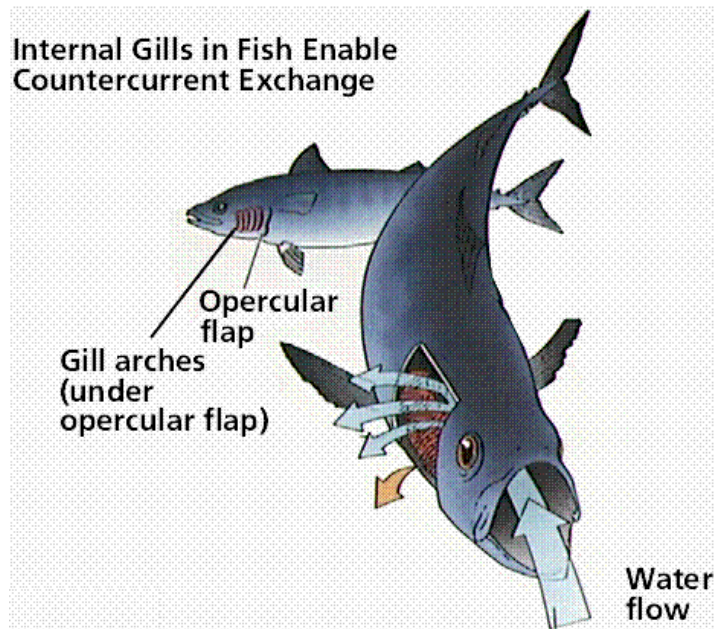
# Línea lateral



# Características y éxito de osteíctios

## Opérculo

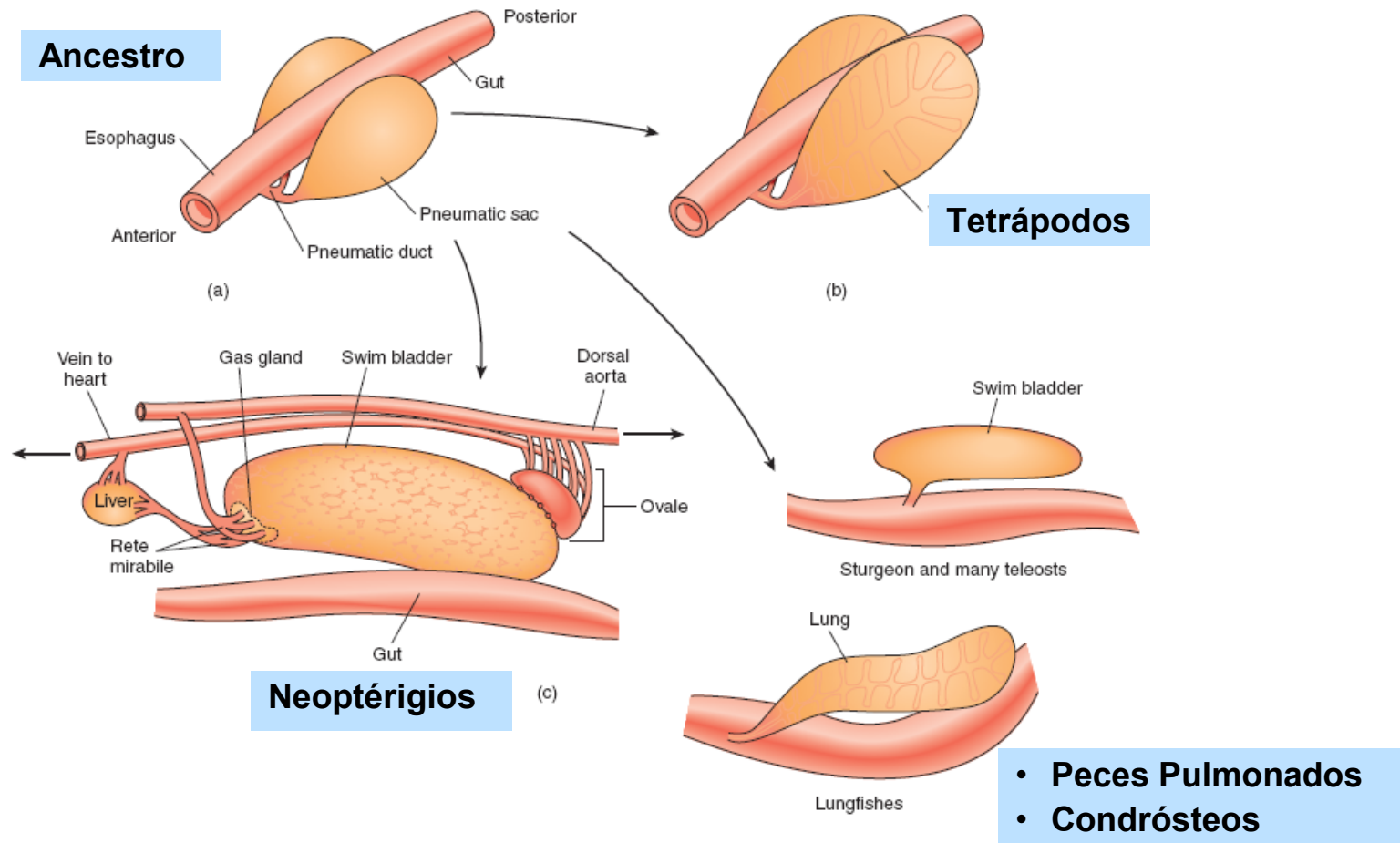
- Hueso dérmico
- Incremento de la eficiencia respiratoria
  - ✓ Movimiento crea presión negativa
  - ✓ Reducción de gasto energético





# Desarrollo del saco de gas

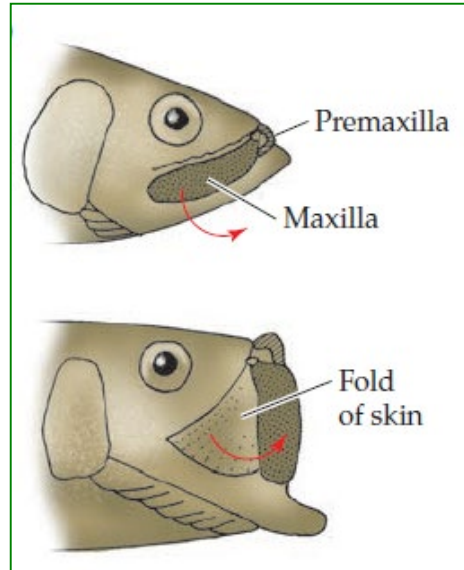
- Medio adicional de intercambio gaseoso en aguas hipóxicas
  - ✓ Típico del Devónico
- Obtener flotabilidad neutra



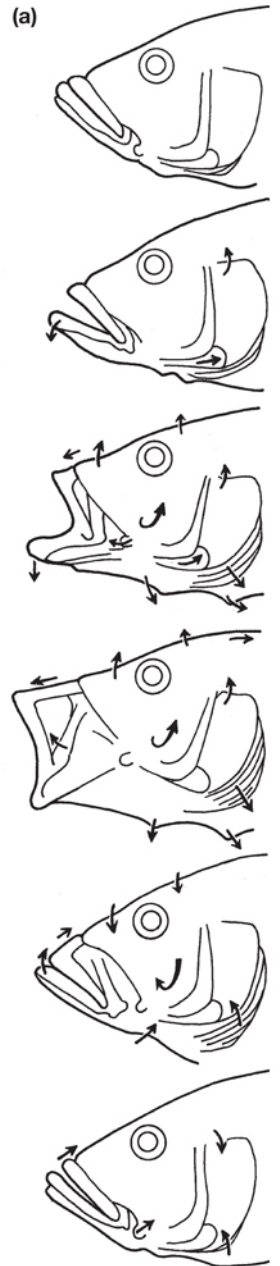
# Especializaciones mandibulares

- Permitió variación de hábitos alimenticios

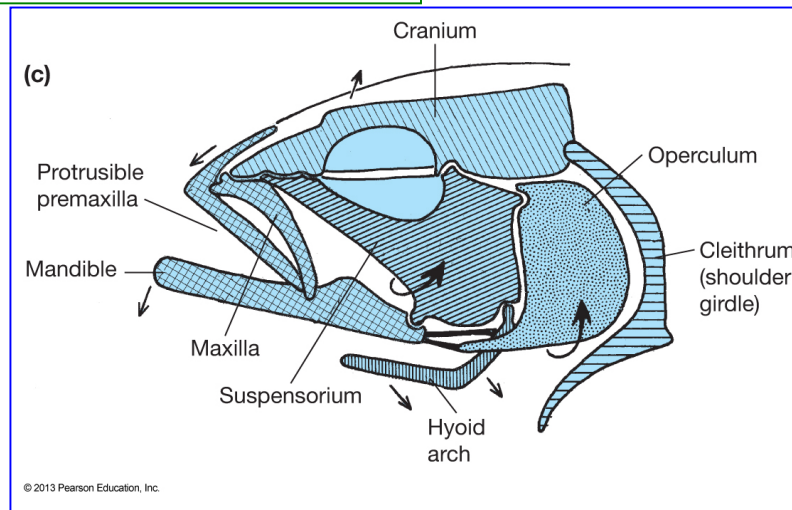
Conexión de elementos óseos en región oral: maxila unida al neurocráneo por pliegues formando una articulación esférica que mediante movimientos rotatorios permiten el desplazamiento de la maxila hacia adelante (**mandíbula protrusible**) a medida que la boca se abre



Secuencia de movimientos de las mandíbulas: la articulación esférica permite que la maxila se desplace hacia adelante y la boca tenga una mayor abertura



Movimientos esqueléticos y acción de ligamentos durante la protrusión de la mandíbula

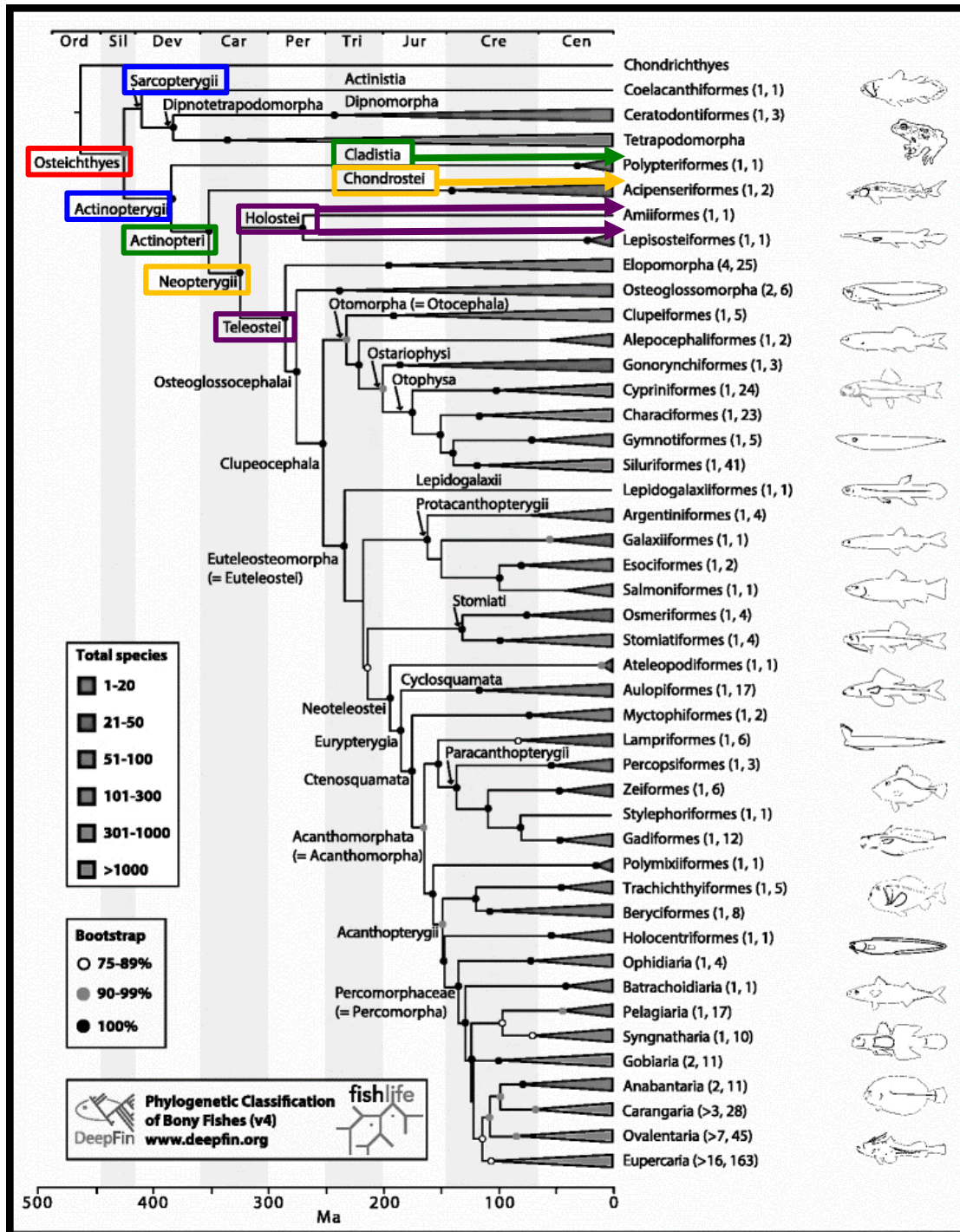


# CONTENIDO Y SISTEMÁTICA

## Mediados del Silúrico

- Amplia radiación en dos linajes distintos (separados ~ 430 millones de años)

- ✓ Difieren en características locomotoras y alimenticias
1. Superclase **Sarcopterygii**
  2. Superclase **Actinopterygii**

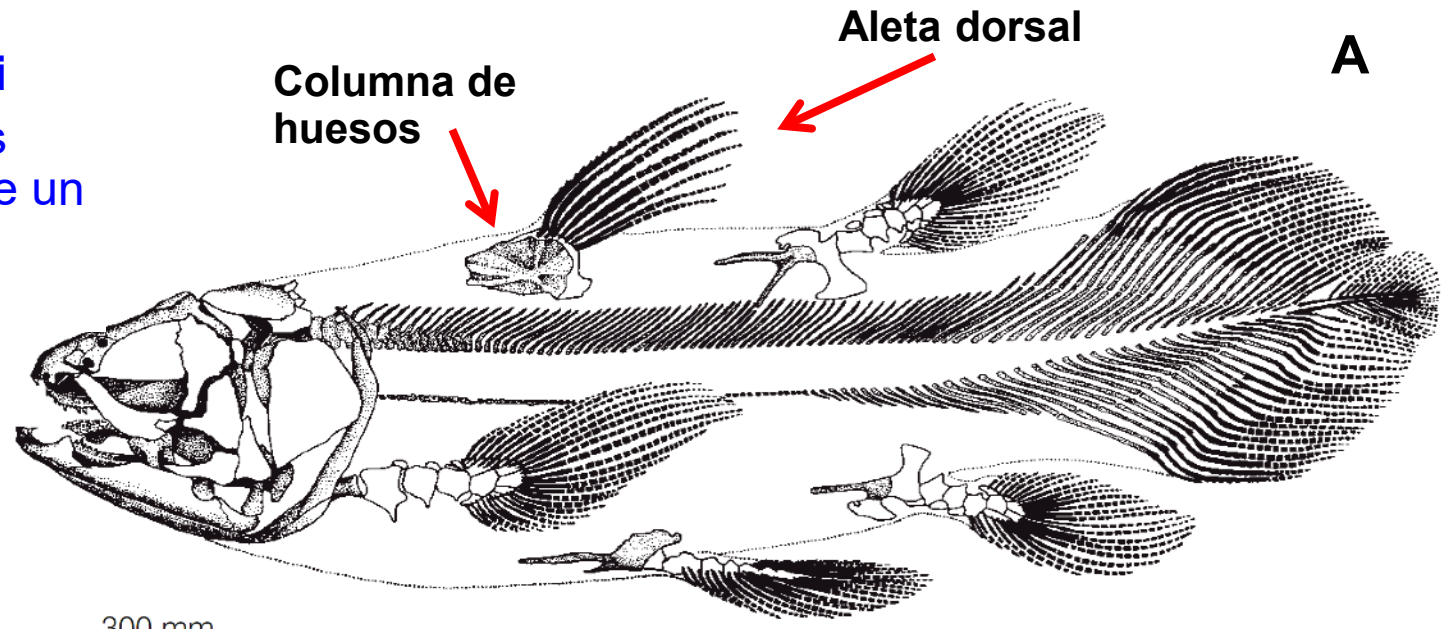


Según: Betancur-R et al. 2017. Phylogenetic classification of bony fishes. BMC Evol. Biol. 17: 162

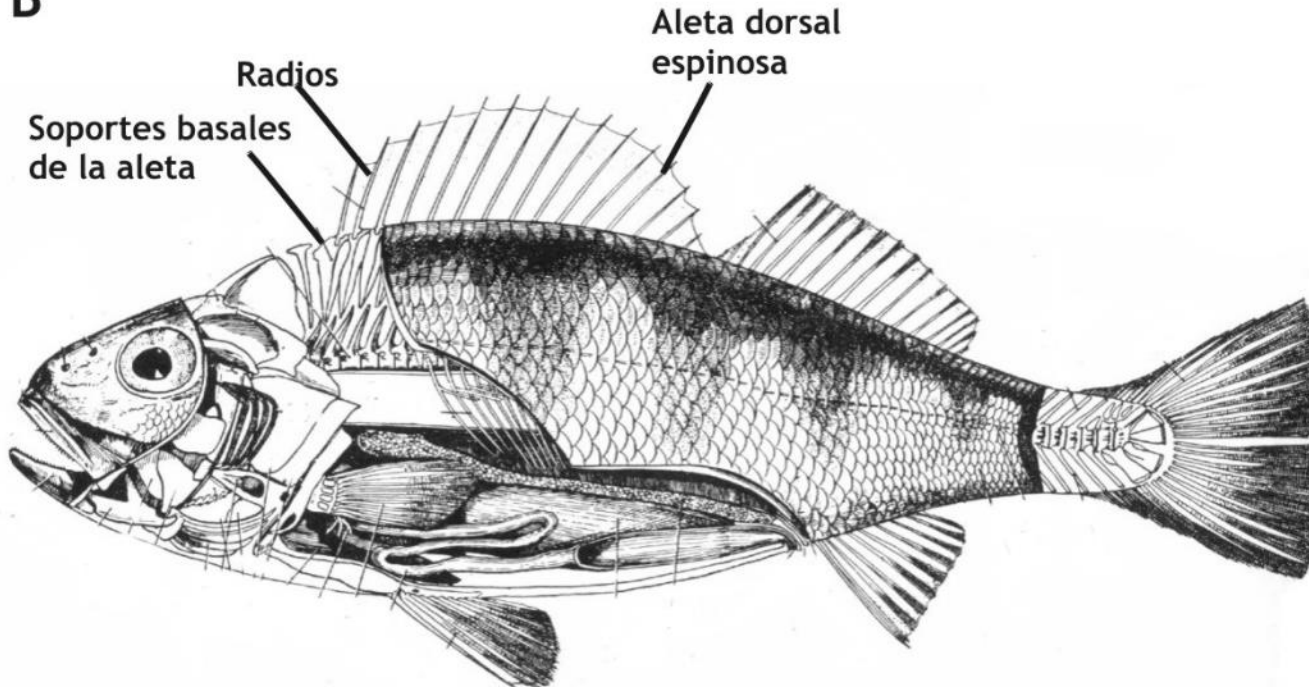


## A. Sarcopterygii

Aletas con radios  
extendiéndose de un  
núcleo óseo



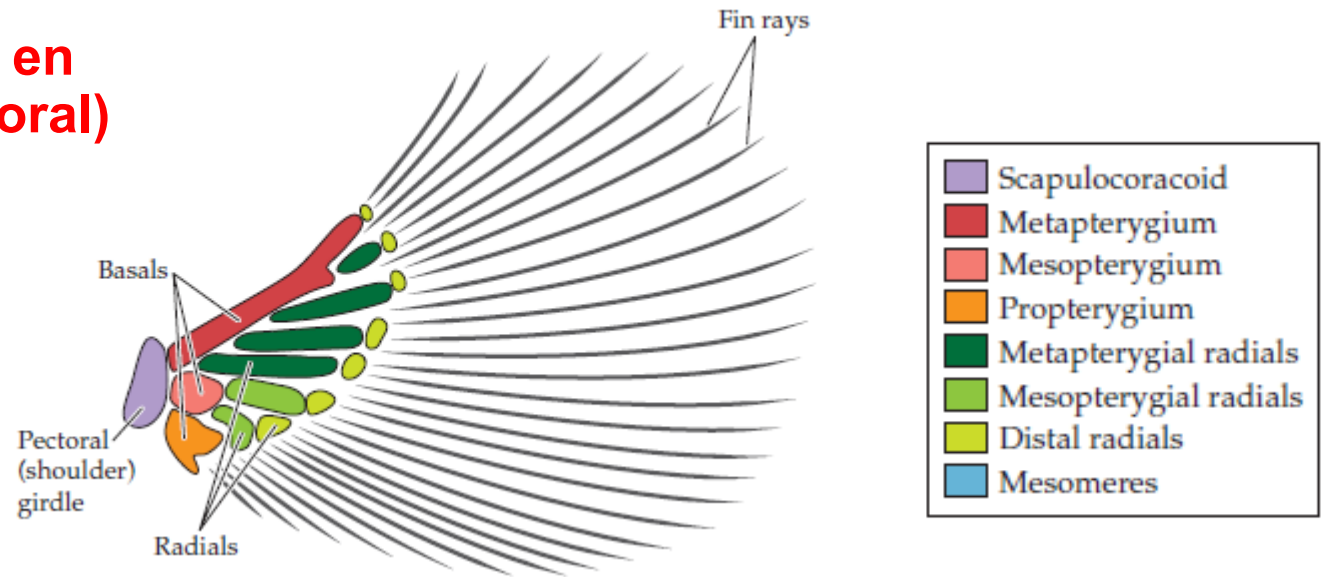
## B



## B. Actinopterygii

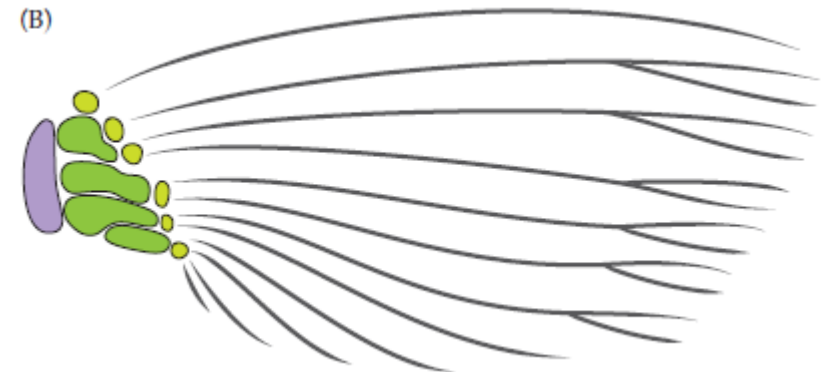
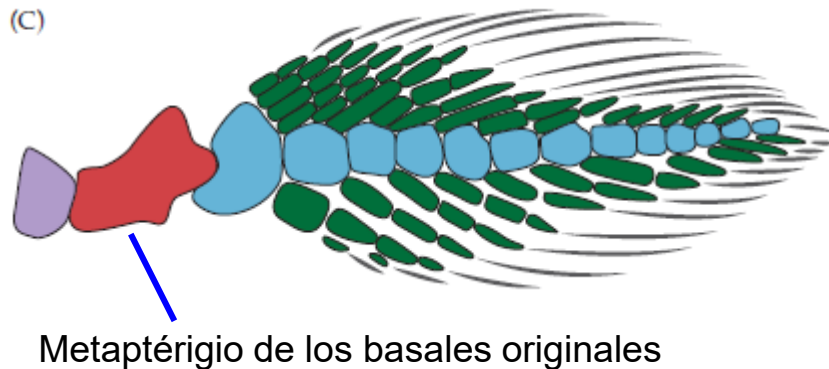
Aletas con radios,  
cada uno  
extendiéndose desde  
una base ósea

## Estructura aletas: en detalle (aleta pectoral)



**Sarcopterygii:** aletas con radios extendiéndose de un núcleo óseo

**Actinopterygii:** aletas con radios, cada uno extendiéndose desde una base ósea

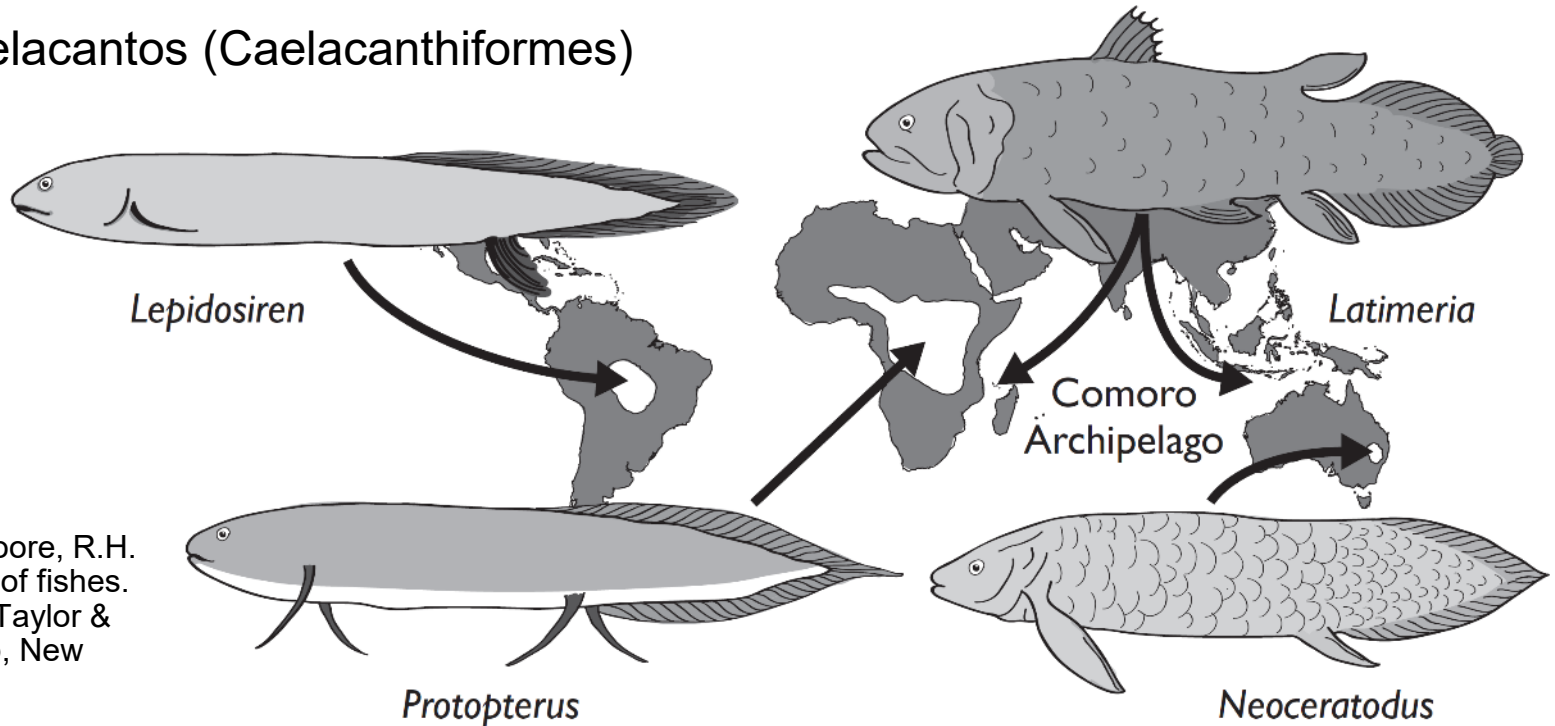




# SUPERCLASE SARCOPTERYGII

## Peces de aletas lobuladas

- 8 especies vivientes
  - ✓ 6 peces pulmonados (Dipnoi) (tal vez 7: Carneiro et al. 2021)
  - ✓ 2 caelacantos (Caelacanthiformes)

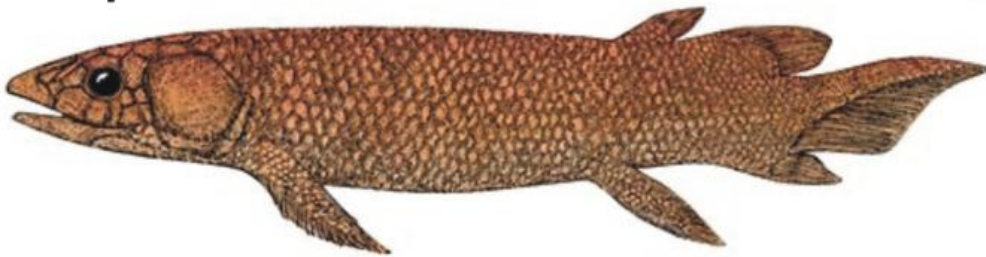


Bone, Q. & Moore, R.H. 2008. Biology of fishes. Third edition. Taylor & Francis Group, New York. 478 pp.

Carneiro, J., Dutra, G.M., Nobre, R.M., Pinheiro, L.M.L., Oliva, P.A.C., Sampaio, I., Schneider, H. & Schneider, I. 2021. Evidence of cryptic speciation in South American lungfish. J. Zool. Syst. Evol. Res. 59: 760-771

- Primeros sarcoptérgios
  - ✓ Pulmones y branquias
  - ✓ Cola heterocerca y 2 aletas dorsales

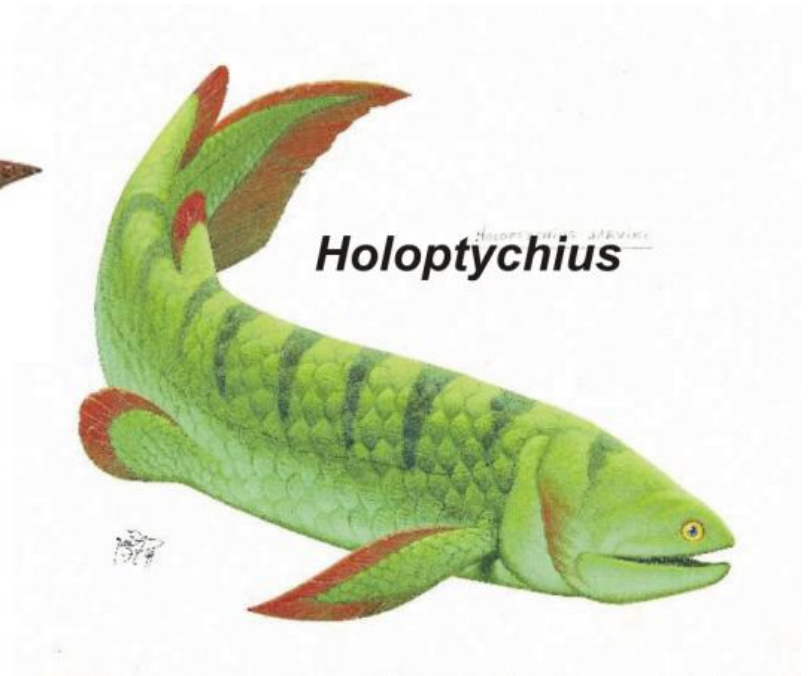
***Dipterus***



***Osteolepis***

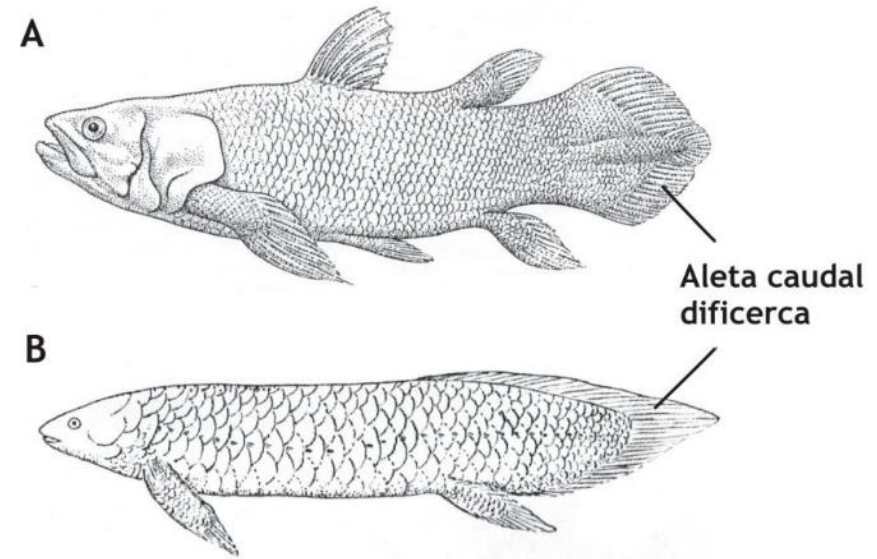


***Holoptychius***



## En el Paleozoico

- ✓ Cambio en orientación de la columna vertebral
  - Cola asimétrica (heterocerca)  
→ → = cola simétrica (dificerca)
- ✓ Mandíbulas fuertes
- ✓ Escamas cosmoideas (cosmina)



C Escamas cosmoideas

Región anterior del pez



Región posterior

# Clasificación sarcopterigios

## Tradicionalmente

- Orden Dipnoi
  - ✓ 6 peces pulmonados
- Orden Crossopterygii (grupo parafilético)
  - ✓ Peces de aletas lobuladas
  - ✓ 2 caelacantos

## Actualmente

- ✓ Clase Dipnotetrapodomorpha (= **Rhipidistia**)
  - Incluye a Dipnoi (monofilético)
- ✓ Clase Coelacanthimorpha (= **Actinistia**; monofilético)
  - Incluye caelacantos y grupos extintos

Alguna vez fue un grupo muy rico en especies

- ✓ Persisten 8 spp.

# Sarcoptérigios existentes

## Subclase Dipnomorpha

### Superorden Ceratodontae (= DIPNOI; peces pulmonados)

#### Orden Ceratodontiformes (especies actuales)

- ✓ Sin huesos maxilar y premaxilar
- ✓ Dientes fusionados en aristas en las márgenes laterales del paladar
  - ✓ Se alimentan de moluscos
  - ✓ Aplastan contra el paladar
- ✓ Primeros fueron marinos
  - ✓ Hoy son todos dulceacuícolas



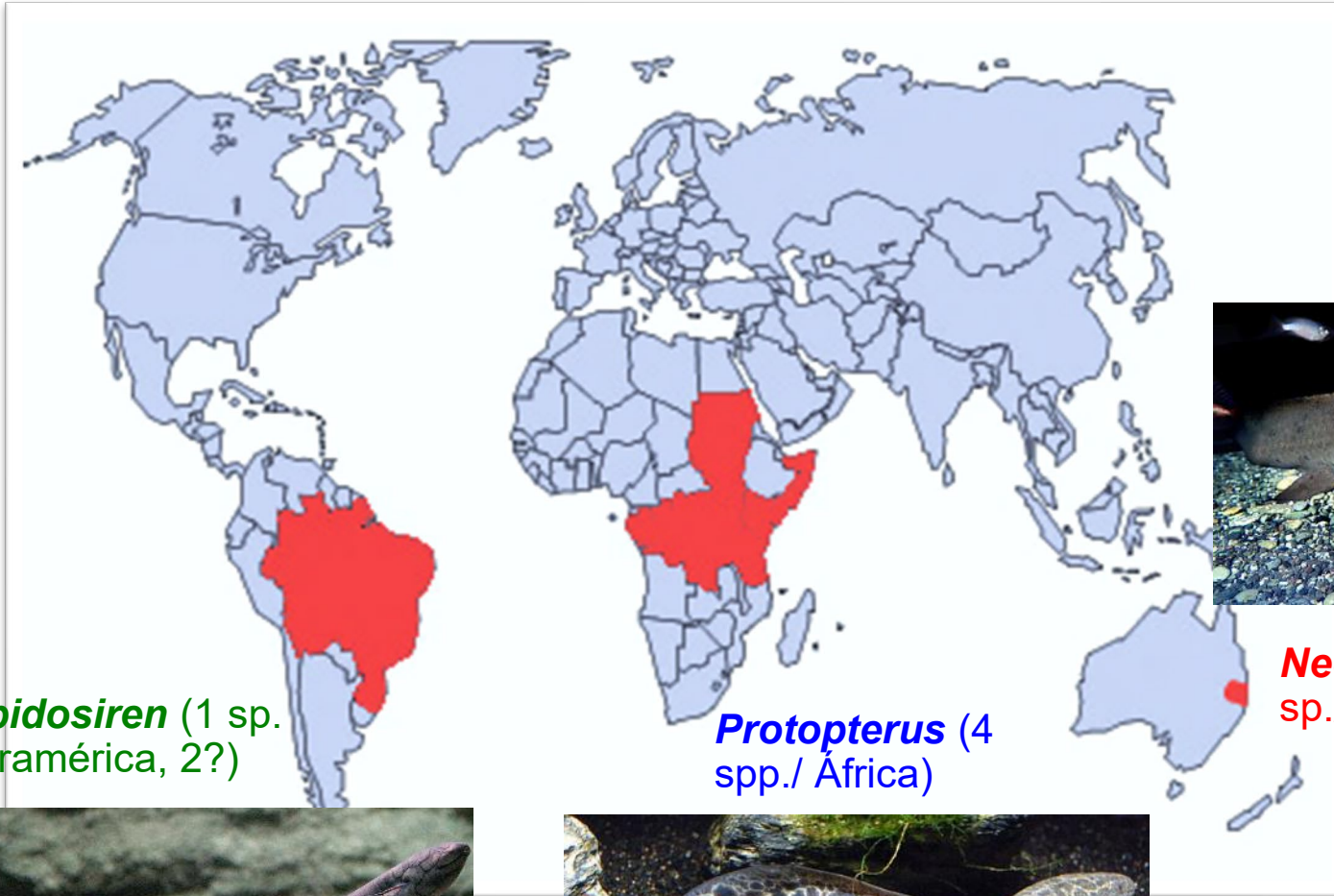
# Modificaciones

- Fusión de aletas dorsal, caudal y anal
  - ✓ Caudal dificerca
- Ausencia de escamas con cosmina



# Diversidad y distribución geográfica Dipnoi existentes

Seis spp. en tres géneros (todas tropicales; tal vez 7 spp.)



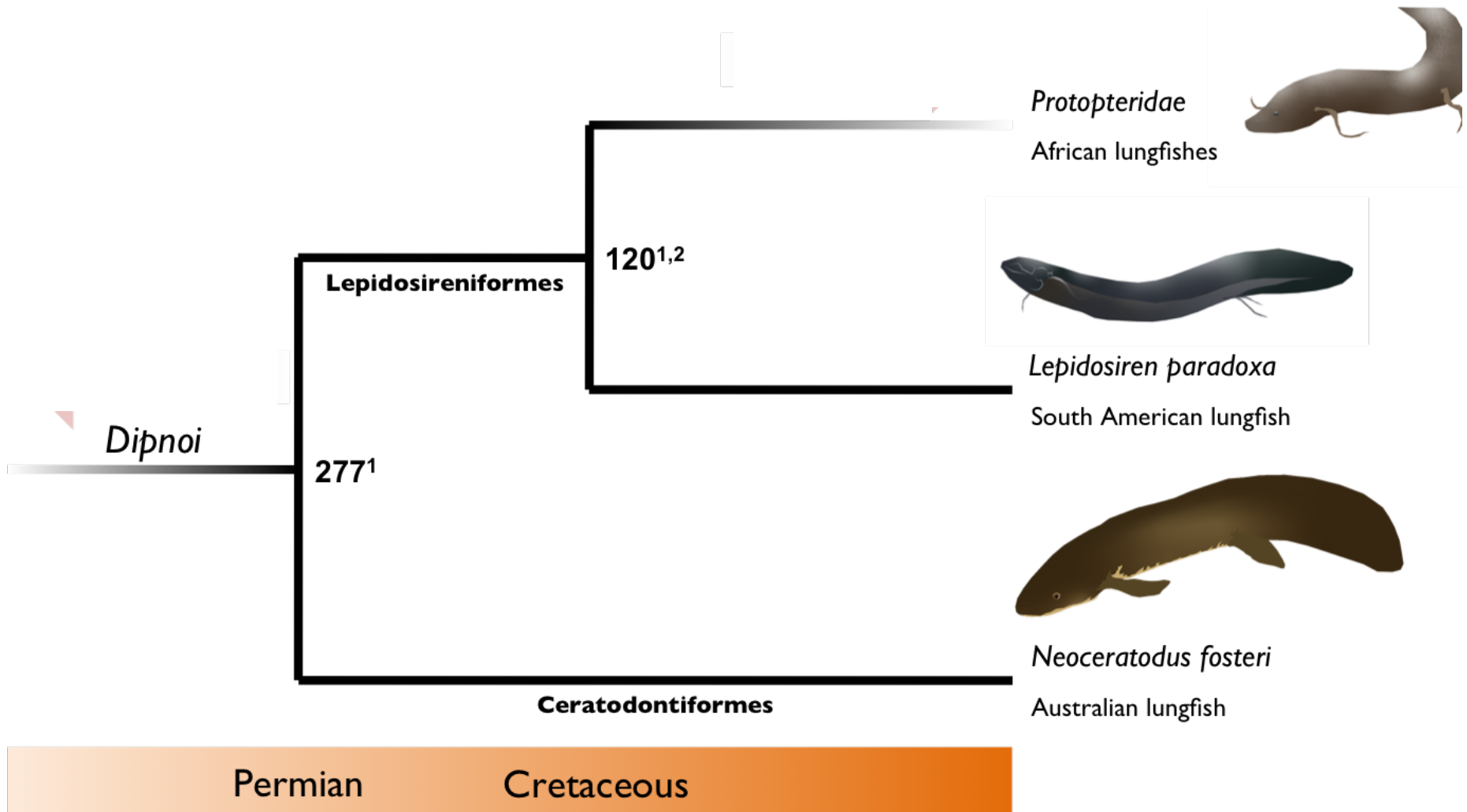
*Lepidosiren* (1 sp.  
/Suramérica, 2?)

*Protopterus* (4  
spp./ África)

*Neoceratodus* (1.  
sp./ Australia)

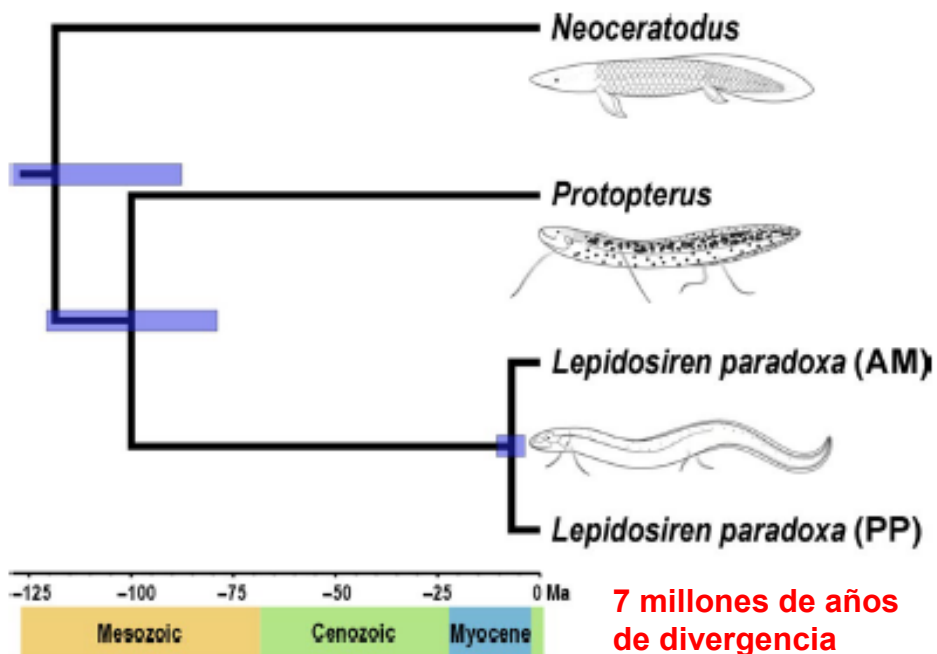
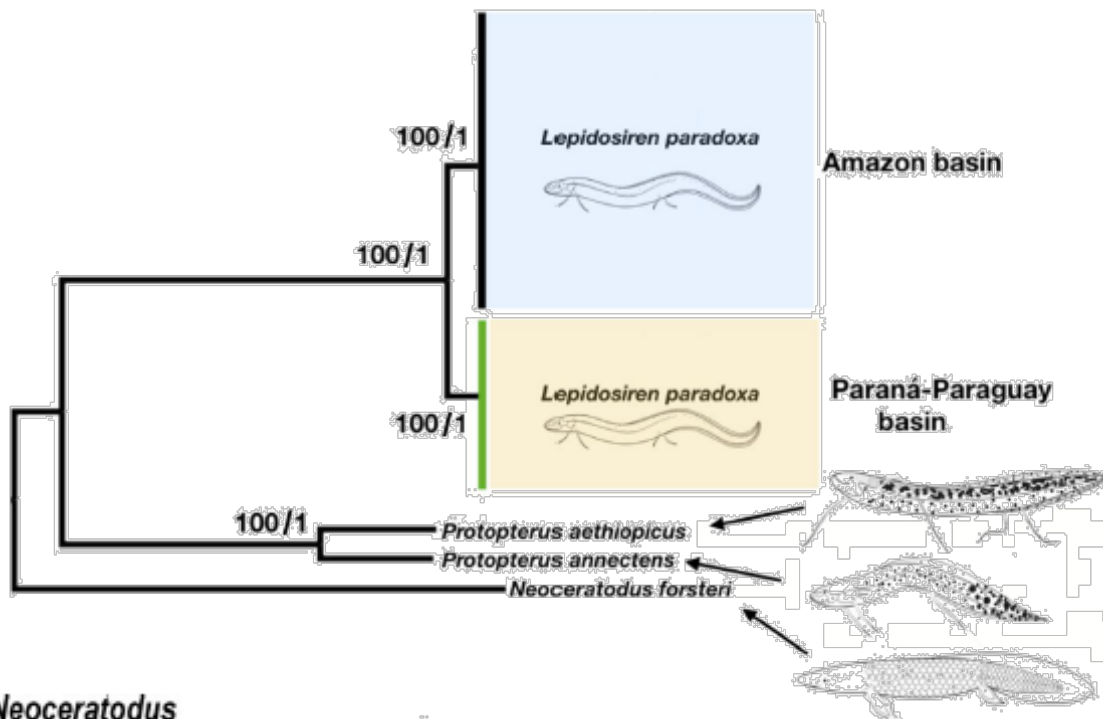


# Filogenia Dipnoi



1. Estimated divergence time from TimeTree in Mya
2. Separation of South America and Africa

# Filogenia *Lepidosiren*



**7 millones de años de divergencia**

Carneiro, J., Dutra, G.M., Nobre, R.M., Pinheiro, L.M.L., Oliva, P.A.C., Sampaio, I., Schneider, H. & Schneider, I. 2021. Evidence of cryptic speciation in South American lungfish. *J. Zool. Syst. Evol. Res.* 59: 760-771

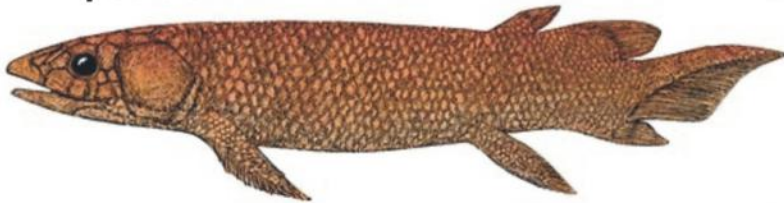


## *Neoceratodus forsteri* (familia Neoceratodontidae)

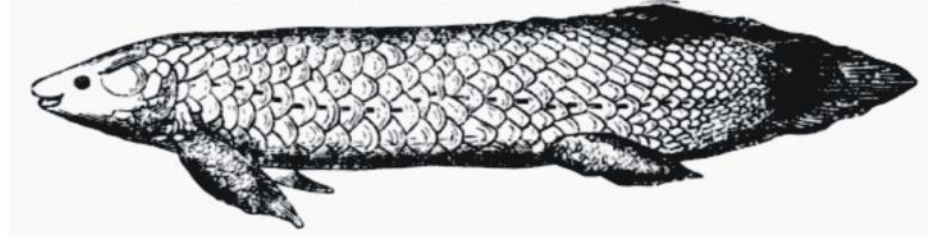
- Aguas continentales de Australia
- Muy similar a las especies ancestrales del Paleozoico y Mesozoico
- Hasta 150 cm de longitud y 45 Kg de peso
- Movimiento: ondulación lateral o pasos lentos en el fondo ayudados con los apéndices pectorales y pélvicos
- Uso de branquias (pulmón único solo en estado de stress)
- Machos territoriales y hacen nidos; no hay cuidado parental



*Dipterus*



*Neoceratodus forsteri*





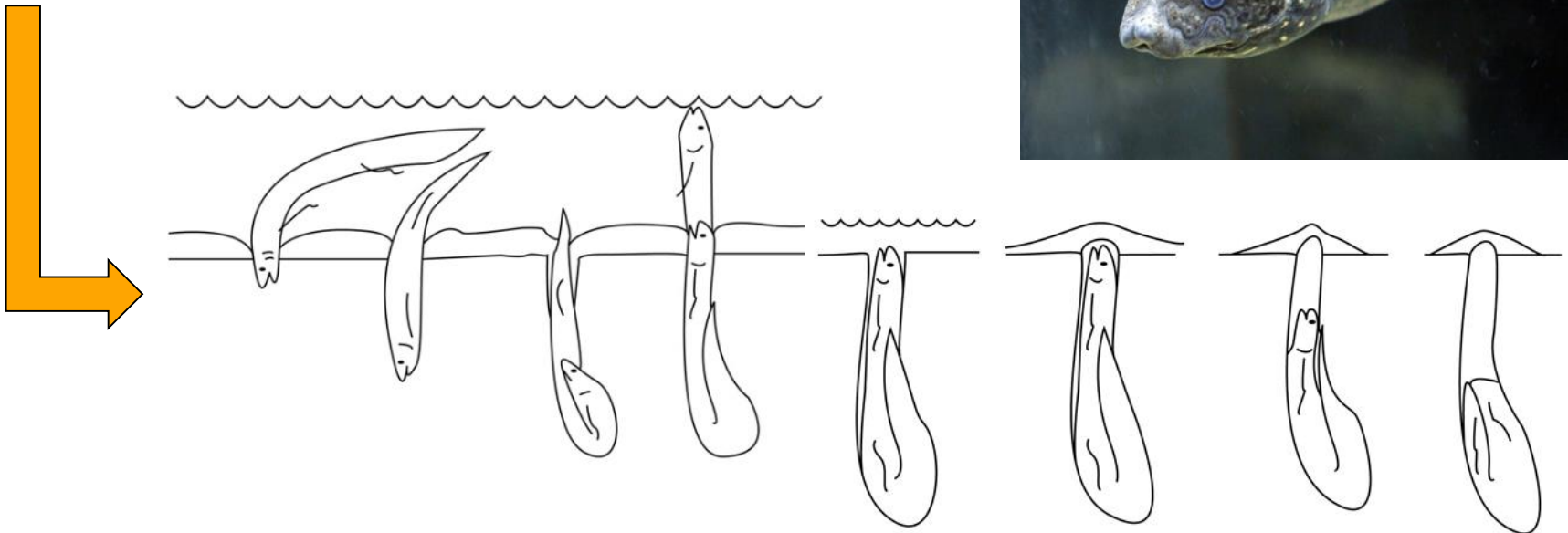
## *Lepidosiren paradoxa* (familia Lepidosirenidae)

- ✓ Cuenca Amazónica, Río Paraná y Orinoquía Colombiana
- ✓ Peces grandes con pequeñas escamas
- ✓ Aletas poco desarrolladas: filamentosas y muy movibles
- ✓ Dependencia de pulmones para intercambio gaseoso
  - ✓ Se ahogan si no pueden respirar aire
  - ✓ Branquias: excretar CO<sub>2</sub>
- ✓ Macho construye nidos y cuidado parental de huevos y juveniles
  - ✓ Ventilación de huevos con O<sub>2</sub> extraído de sangre y secretado por las aletas pélvicas



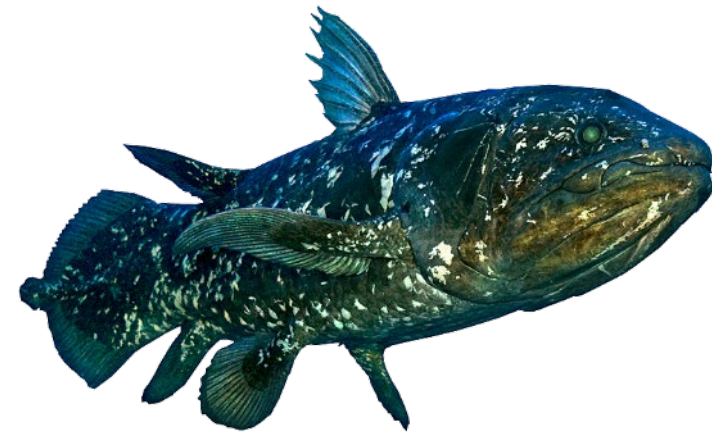
## *Protopterus* (familia Protopteridae)

- 4 especies
- Ríos y pantanos de África
- Similares a *Lepidosiren*
- Dependen de respiración pulmonar
- Comportamiento de estivación conocido

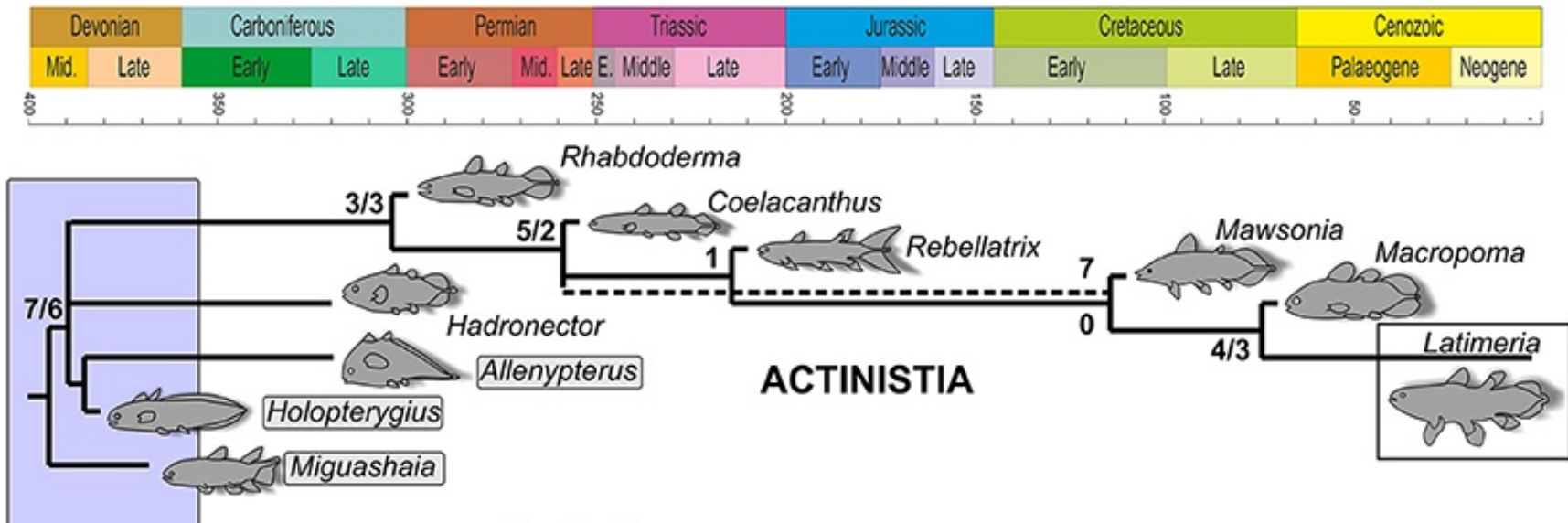


# Clase Coelacanthimorpha (Actinistia)

## Orden Coelacanthiformes



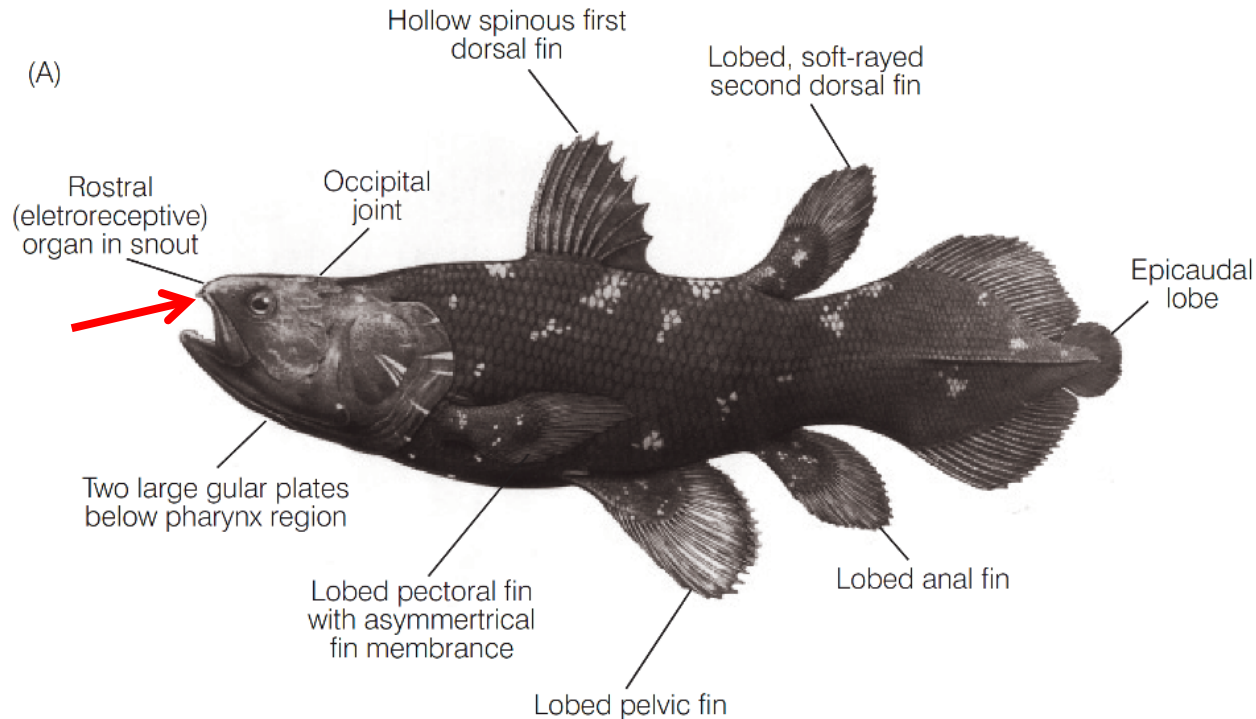
- ✓ **Caelacantos** (familia Latimeriidae).  
Actualmente: un género, *Latimeria* (2 spp.)
- ✓ Medios del Devónico en aguas continentales
  - ✓ Mayor diversidad extinta y actual en aguas oceánicas



Cavin & Guinot. 2014. Coelacanth as “almost living fossils”.  
Front. Ecol. Evol. 2(49): 1-5

## Características:

1. Aletas pareadas y mediales surgiendo de lóbulos musculares (excepto 1ª dorsal)
2. Cola simétrica trilobulada

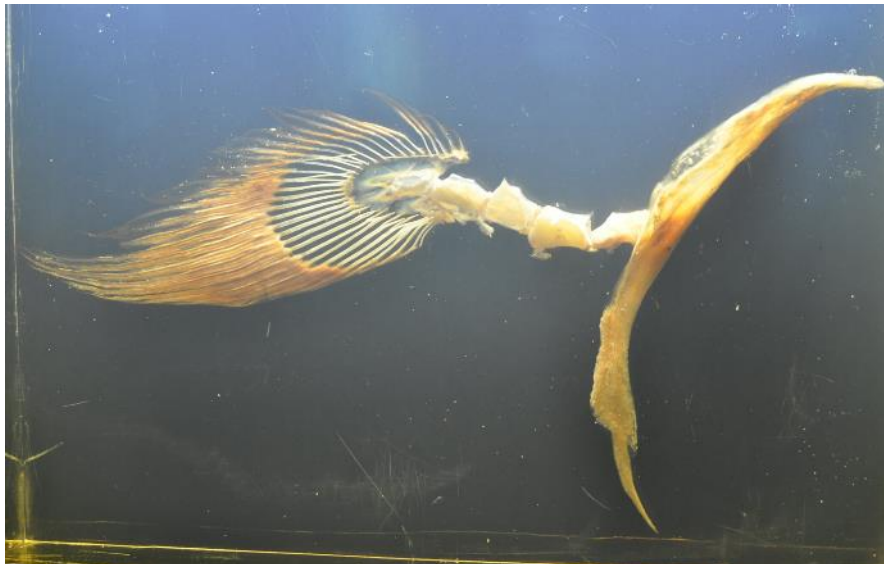
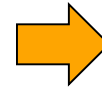


### ✓ Otras características típicas

- a) Pérdida de maxila (paralelismo con Dipnoi)
- b) Estructura de las aletas
- c) Presencia de órgano rostral (detección de presas- autapomorfía)**



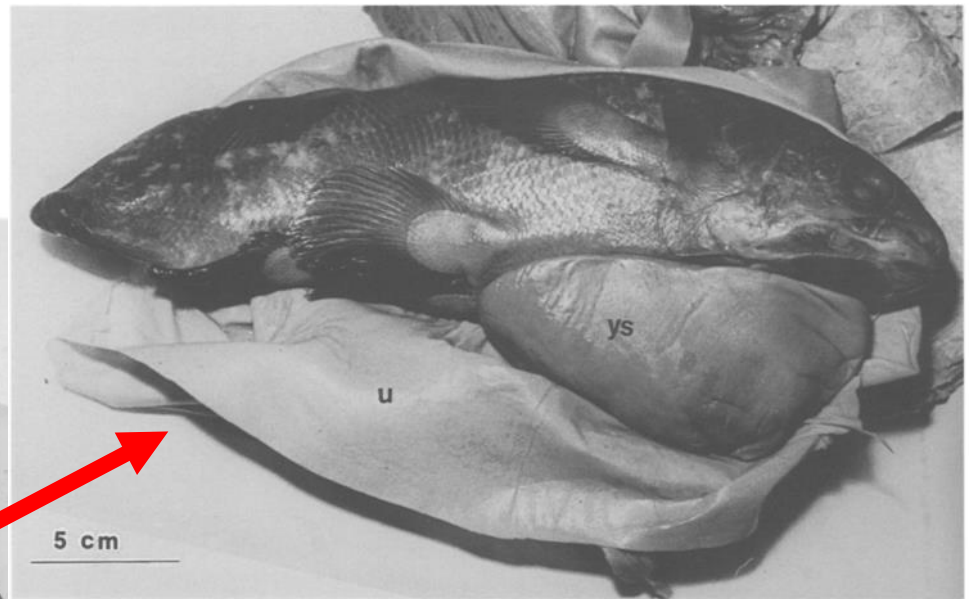
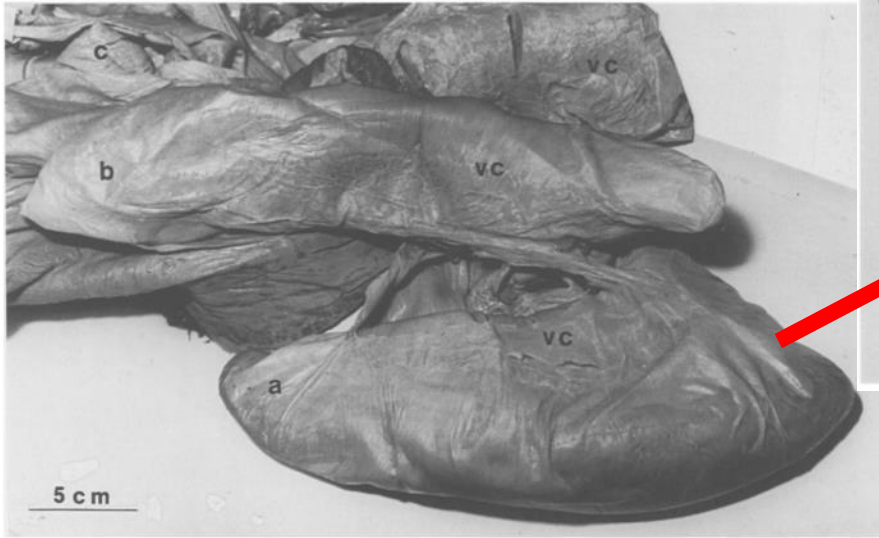
- Vejiga natatoria llena de grasa (animales de profundidades (150-200 m))
- Depredadores
- Uso de aletas no para propulsarse en el agua, ni caminar (como los Dipnoi)
  - ✓ Movimiento ondulatorio en secuencia similar a las extremidades de tetrápodos



Aleta pectoral  
*Latimeria*



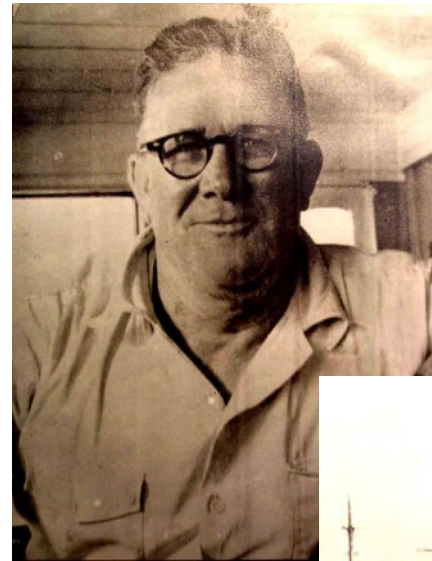
# Vivíparos



- ✓ Como es la fertilización interna con ausencia de órganos copuladores?

## Historia y características

- Actinistios considerados extintos hasta 1938
  - ✓ Hallazgo de especies vivas en el sureste de África, desembocadura del Rio Chalumna, a 73 m de profundidad
- Identificación como actinistio: Marjorie Courtenay-Latimer
- Descripción: L. B. Smith: *Latimeria chalumnae*



Hendrik Goosem y el Nerine

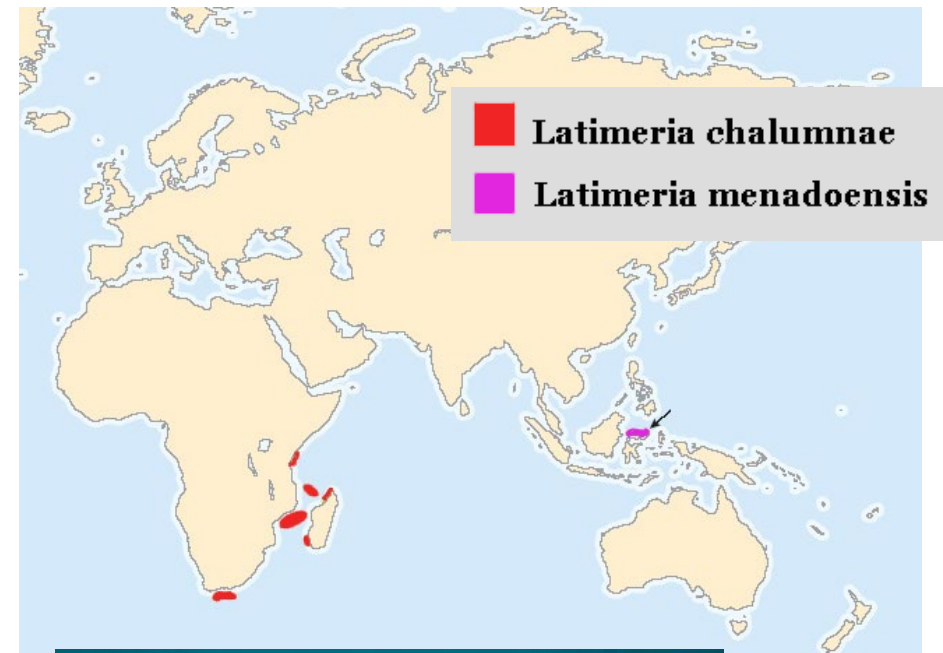


## *Latimeria chalumnae*

- Distribución: Archipiélago de Comoro y Mozambique

## *Latimeria menadoensis*

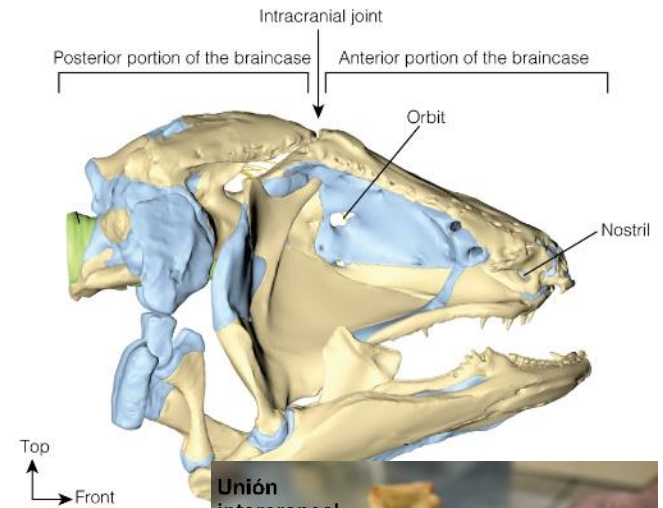
- Descubierta en 1998 (descrita en 1999)
  - ✓ Cerca a las Islas Filipinas, en Sulawesi
- *Latimeria menadoensis* más antigua que *L. chalumnae* (datos de ADN mitocondrial)
- Islas Comoro son islas mas jóvenes que las cercanas a Sulawesi
  - ✓ Posible presencia de una población intermedia





# Los problemas con *Latimeria*

- ✓ Aceptada la relación con Rhipidistia
  - ✓ Grupo de controversias: **presencia de caracteres compartidos con grupos emparentados y no-emparentados**
1. Alta concentración de urea (= condríctios)  
[Quizás carácter ancestral de gnatostómados]
  2. Ausencia de hueso maxilar y movimiento secuencial de aletas pareadas (= Dipnoi)
  3. Relación 1:1 de elementos basales de las aletas (= Actinopterygii)
  4. Presencia de autapomorfías
    - a) Unión intercraneal entre mitades anterior y posterior del cráneo (al parecer permite ampliar la abertura bucal para captura de presas)
    - b) Órgano rostral electrosensorial (detección de presas)

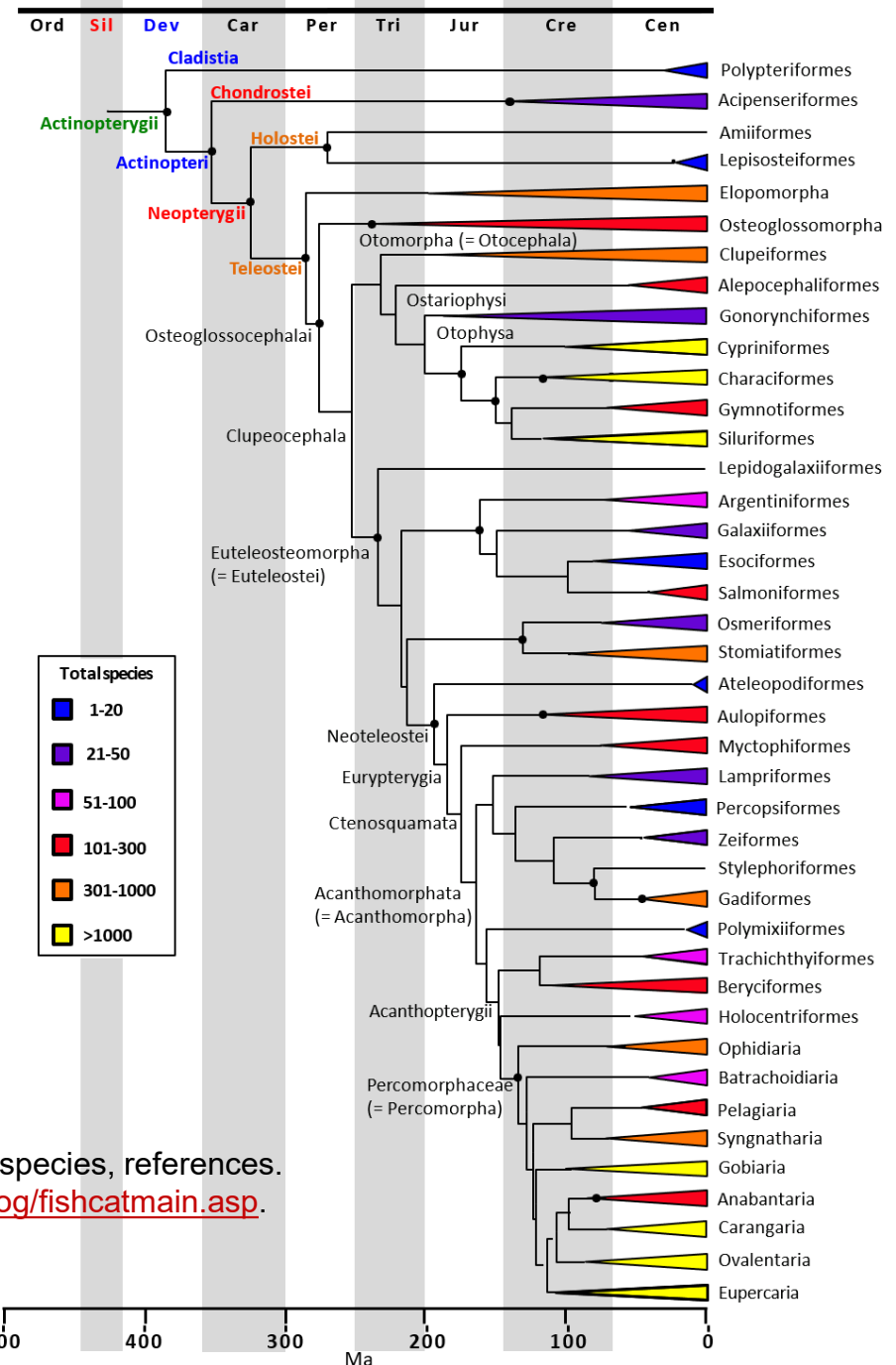




# SUPERCLASE ACTINOPTERYGII

## Peces de aletas con radios

- Finales del Silúrico
  - ✓ Grupos más derivados en el Devónico
- ✓ 35987 spp. (continentales y marinos; septiembre 2021)



Fricke et al. (eds) 2021. Eschmeyer's Catalog of fishes: genera, species, references.

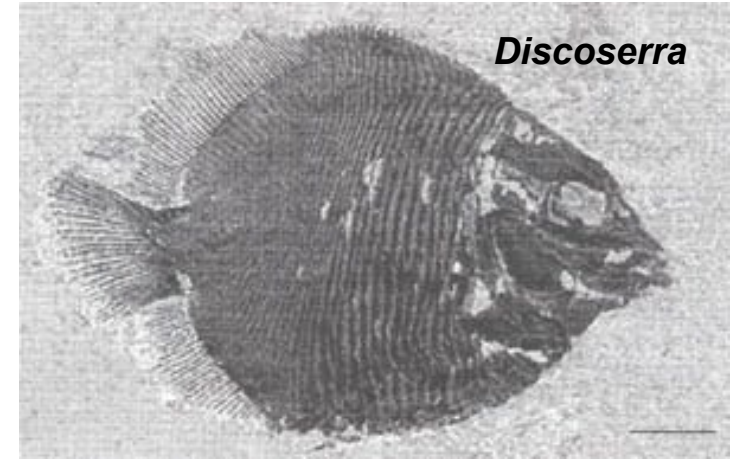
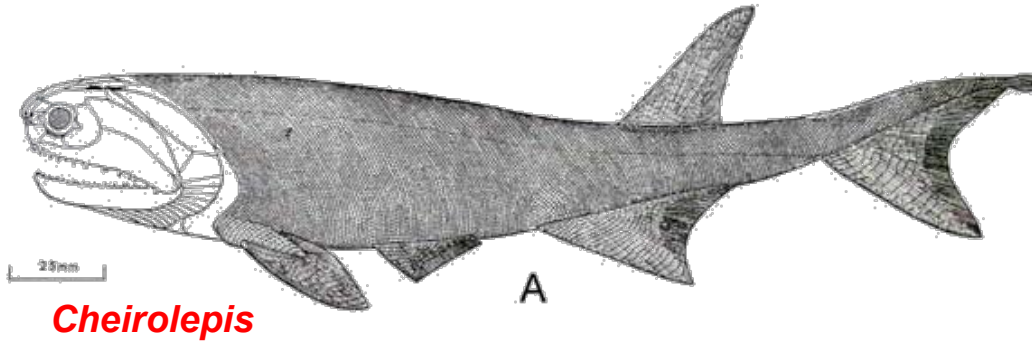
<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.

Electronic version accessed 22 september 2021

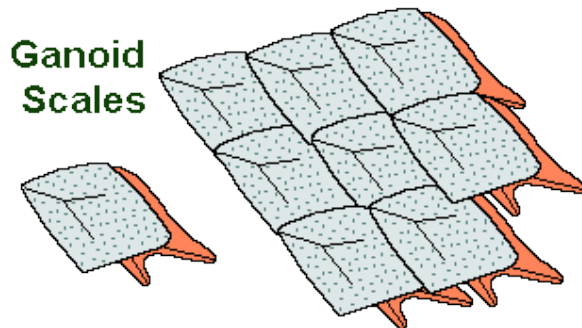
Betancur-R. et al. 2017. Phylogenetic classification of bony fishes. BMC Evol. Biol. 17: 162

## Primeros actinopterigios: Orden Paleonisciformes

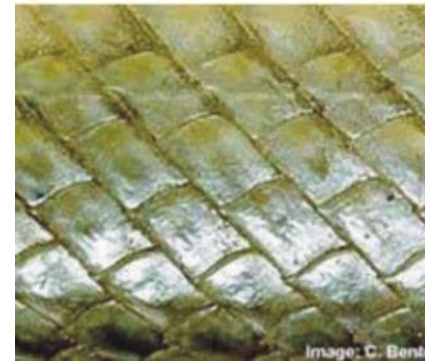
- Pequeños (5-25 cm)
- Ojos grandes
- Cola **heterocerca** (ventral); 1 aleta dorsal



- Escamas pequeñas y gruesas cubiertas de ganoina (proteína)
  - **Escamas ganoideas**

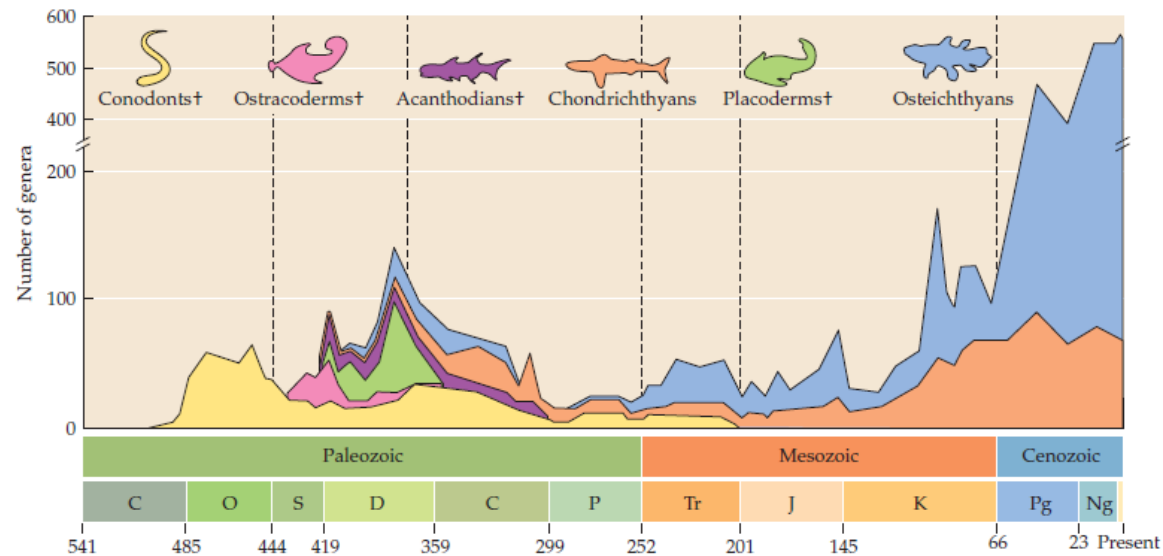


Región anterior del pez



Región posterior

## Peces “paleonisciformes”



### • Peces antiguos

- ✓ Florecieron cuando desaparecieron **ostracódermos**, **placodermos** y **acantodios**
- ✓ Características que los hicieron exitosos ecológicamente sobre los otros grupos

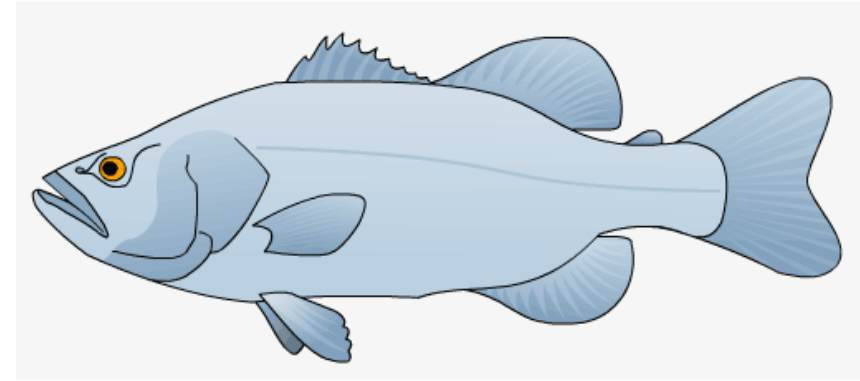
- A partir de paleonisciformes
  - ✓ Surgimiento de:
    - ✓ Clase **Cladistia**
    - ✓ Clase **Actinopteri**
      - ✓ Subclase **Chondrostei**
      - ✓ Subclase **Neopterygii**

- ✓ Características que aparecen al final del Paleozoico (periodo Carbonífero)

# Características de grupos derivados

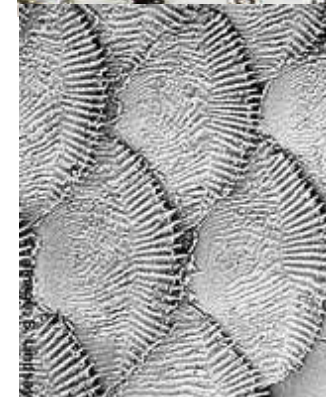
\* (no presentes en todas las especies)

- ✓ Cola homocerca (excepto esturiones)
- ✓ Reducción de radios en aletas (aumento de flexibilidad)
- ✓ Reducción de tamaño y calibre de las escamas
  - Clases Cladistia y Subclase Chondrostei: **ganoideas**
  - Subclase Neopterygii: **cicloideas** y **ctenoideas**
- ✓ Modificaciones del aparato mandibular
  - Hueso maxilar corto, con extremo posterior libre (mandíbula protusible)



Cicloideas

Región anterior del pez



Región posterior

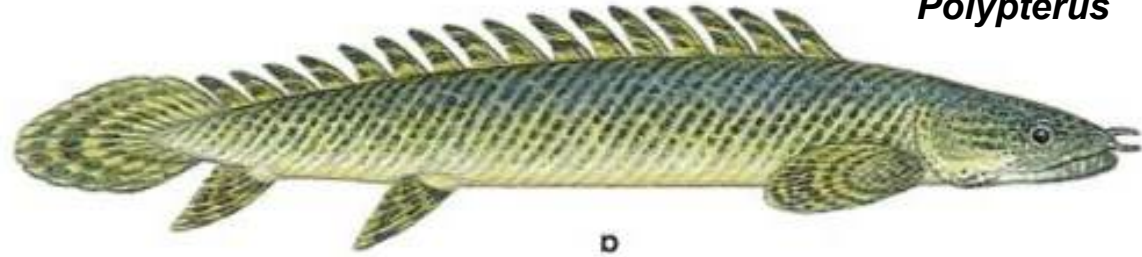
Ctenoideas



## Clase Cladistia

## Orden Polypteriformes

- 14 spp. Africanas dulceacuícolas (arroyos)
- Cuerpos alargados y con escamas ganoideas
- Muchas aletas
  - ✓ Dorsal dividida
  - ✓ Pectorales con base carnosa
- Peces bichir (**pélvicas presentes**) y peces caña (**pélvicas ausentes**)
- Vejiga natatoria funciona como pulmón



**Bichir**  
*Polypterus*

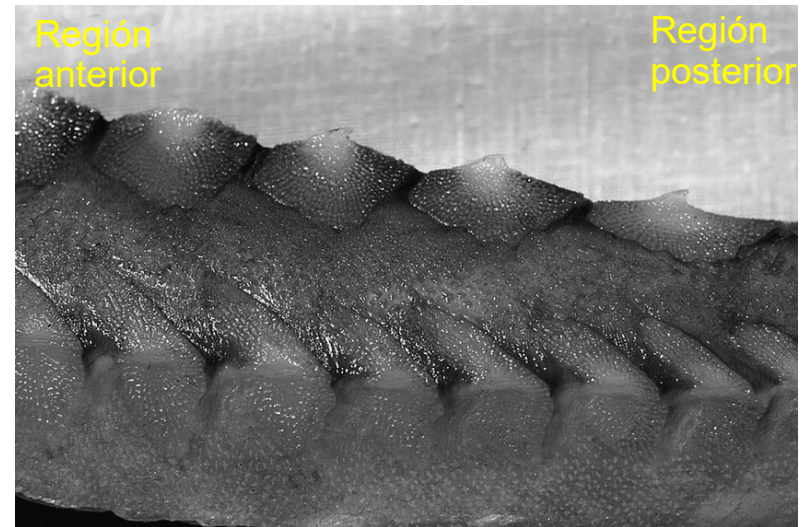
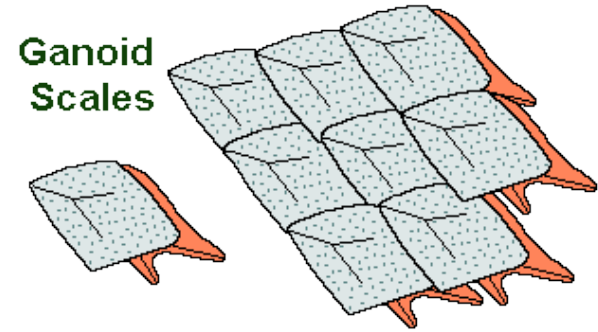


**Pez caña** *Erpetoichthys*

**Clase Actinopteri**  
**Subclase Chondrostei**

**Orden Acipenseriformes**

- Esturiones y peces espátula
- ✓ Características primitivas
- ✓ Esqueleto cartilaginoso
  - ✓ Condición secundaria: esqueleto óseo ancestral degenerado
- 1. Escamas ganoideas (reducidas; **ausentes** en peces espátula)
- 2. Aleta caudal homocerca (heterocerca en esturión)



**Pez espátula**





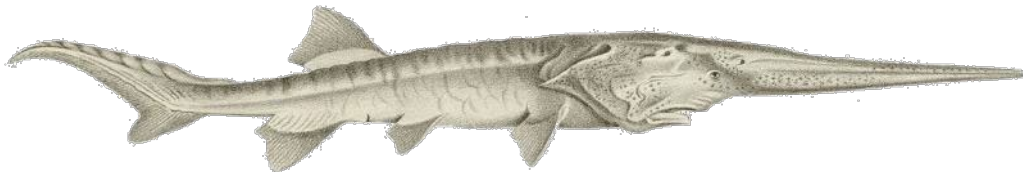
# Esturiones

- ✓ Peces grandes: 1-6 m longitud
- ✓ Activos y bentónicos
- ✓ Cola heterocerca (natación veloz)
- ✓ Alimentación por succión (Mandíbula protusible)
  - Carácter convergente con teleósteos
- ✓ Norte de océano Atlántico
- ✓ Dulceacuícolas
  - Algunos marinos, pero anádromos
    - Carácter ancestral
- ✓ Problemas de conservación



# Peces espátula

- ✓ Reducción y pérdida de escamas ganoideas
- ✓ Tamaño 2 m longitud
- ✓ Rostro alargado y plano (espátula; 1/3 de la longitud corporal)
  - Funciones electrosensoriales
- ✓ Dos especies
  - Distribución disjunta y diferente ecología alimenticia
    - ***Polyodon spathula***: Río Mississippi (EEUU); **planctonívoro**
    - ***Psephurus gladius***: Río Yangtzé; **carnívoro**



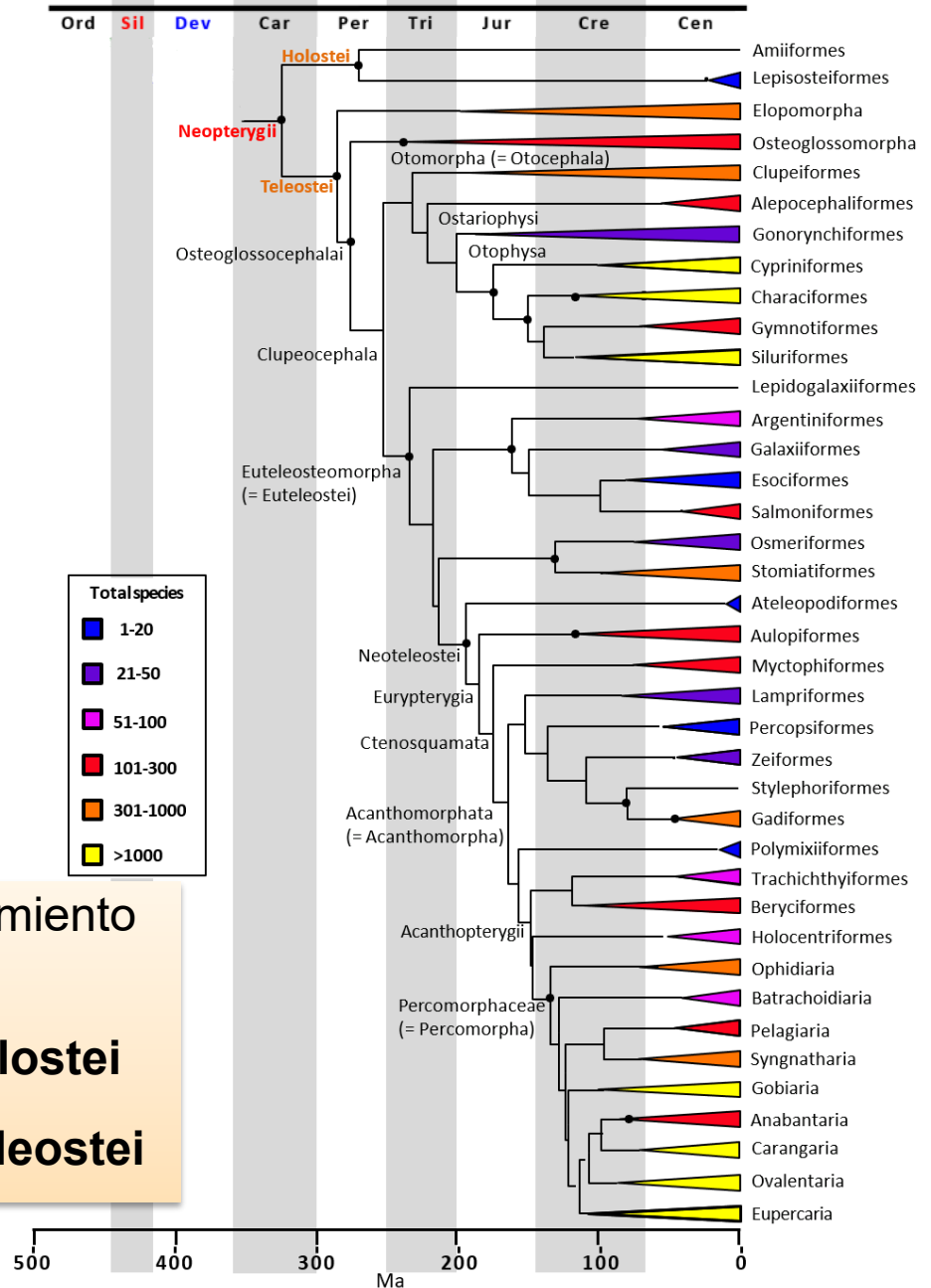


# Clase Actinopteri

## Subclase Neopterygii

- Grupos de peces actualmente dominante en aguas oceánicas y continentales
- Surgen en el periodo Carbonífero (Era Paleozoica)
- Todos con esqueleto óseo endocondral

- ✓ Dos linajes en el Mesozoico (surgimiento en el Triásico)
  - Grupo primitivo: **Infraclase Holostei**
  - Grupo derivado: **Infraclase Teleostei**



## Infraclasse Holostei (neoptérigios primitivos)

- ✓ Actualmente dos géneros en dos ordenes
  - Orden Amiiformes: *Amia*
  - Orden Lepisosteiformes: *Lepisosteus*
- ✓ Dulceacuícolas
- ✓ Norteamérica; norte de océano Atlántico

### Orden Amiiformes

- Una especie: *Amia calva*
- 50-100 cm de longitud
- Alimentación por succión
- Lagos de aguas someras y el Rio Mississippi



## Orden Lepisosteiformes

- Siete especies: *Lepisosteus*
- Nombre común: gars
- Lagos
- 1-4 m de longitud
- Cazadores por acecho: se camuflan entre la vegetación
- Presencia de escamas ganoideas
  - ✓ Forman armadura
  - ✓ Único depredador: *Alligator*





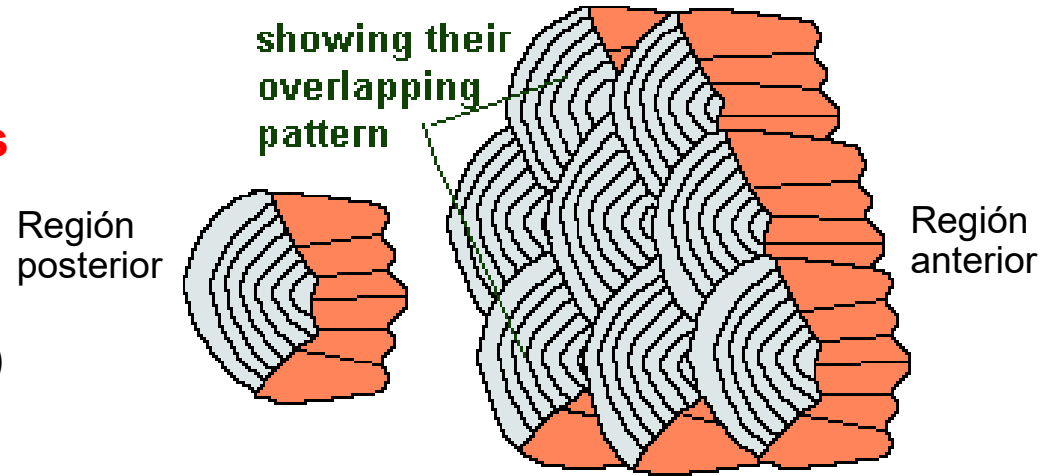


# Características

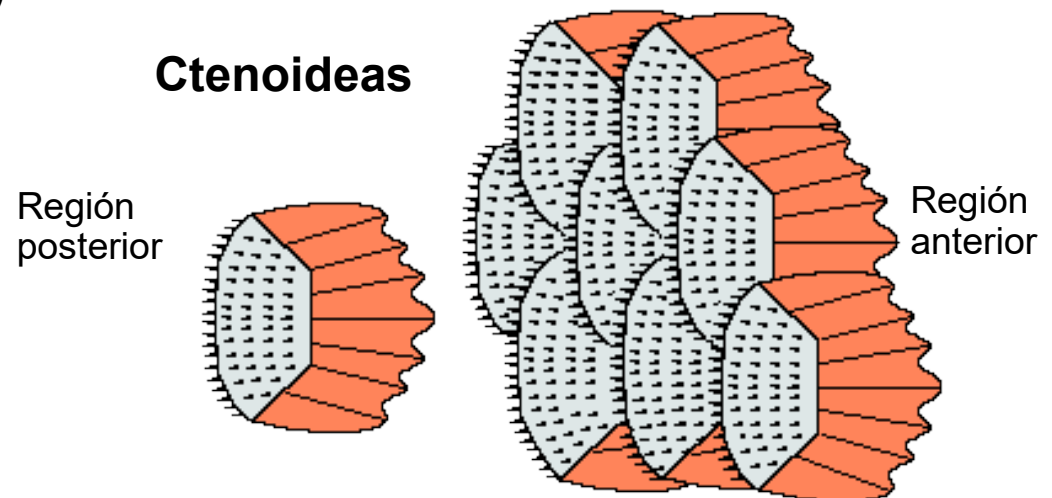
## 1. Escamas cicloides y ctenoides

- Esmalte
  - Flexibles
  - Delgadas y ligeras (poco peso)
- ✓ Reemplazaron las escamas ganoideas
- Anguilas y barbudos (bagres) sin escamas

### Cicloideas

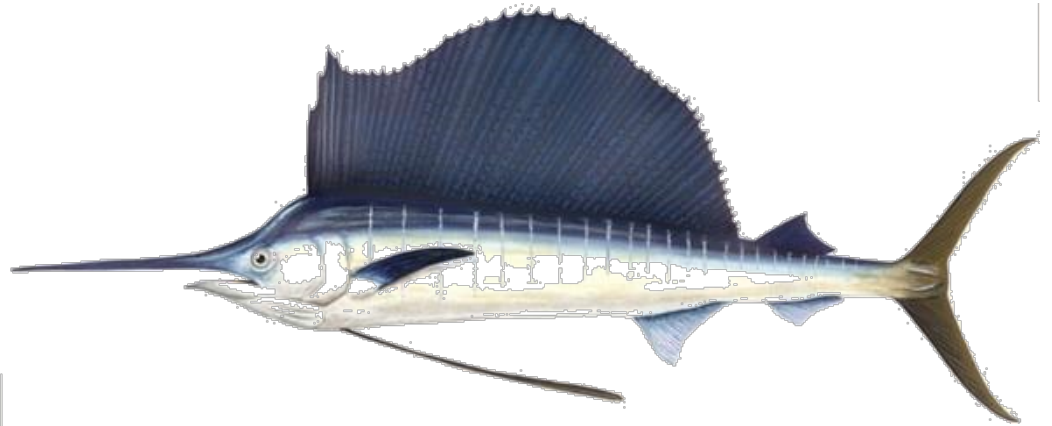
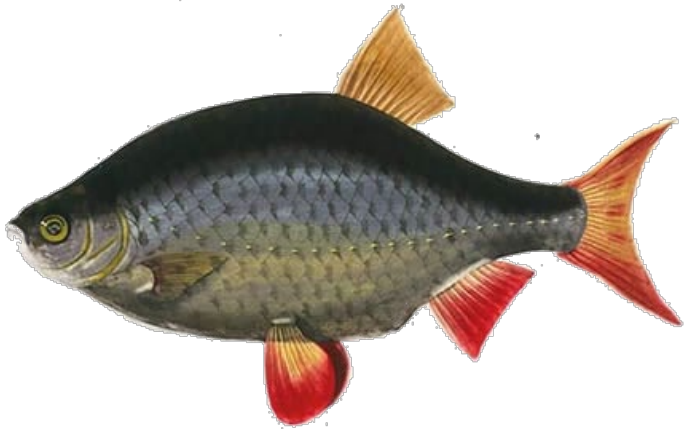


### Ctenoideas



## 2. Aleta caudal homocerca

- Anguilas y morenas: caudal dificerca



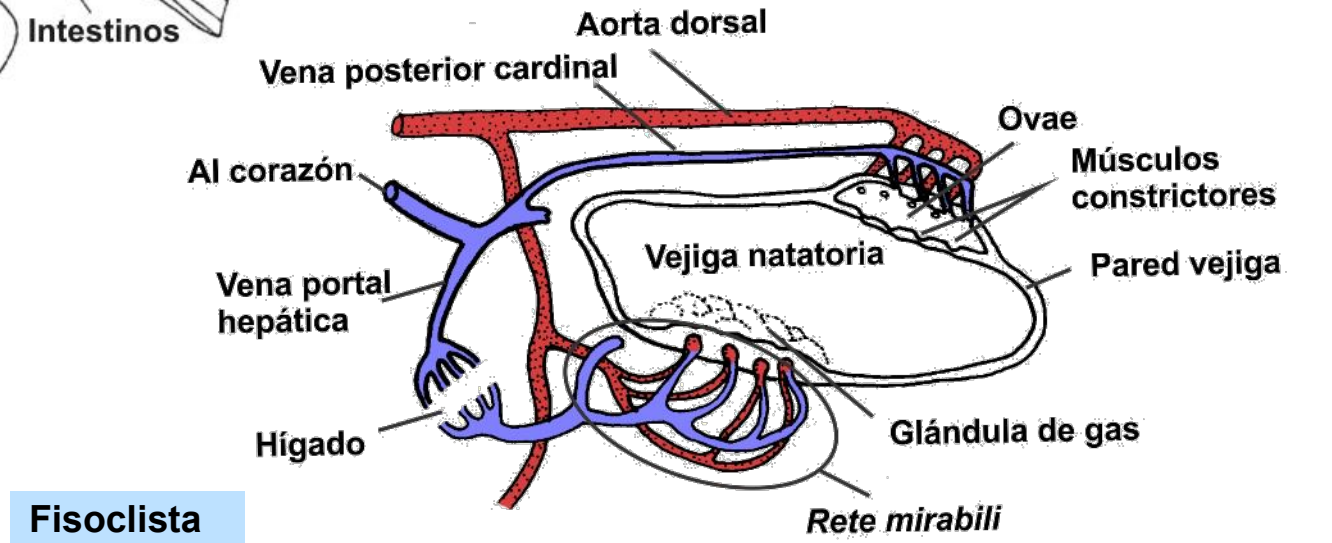
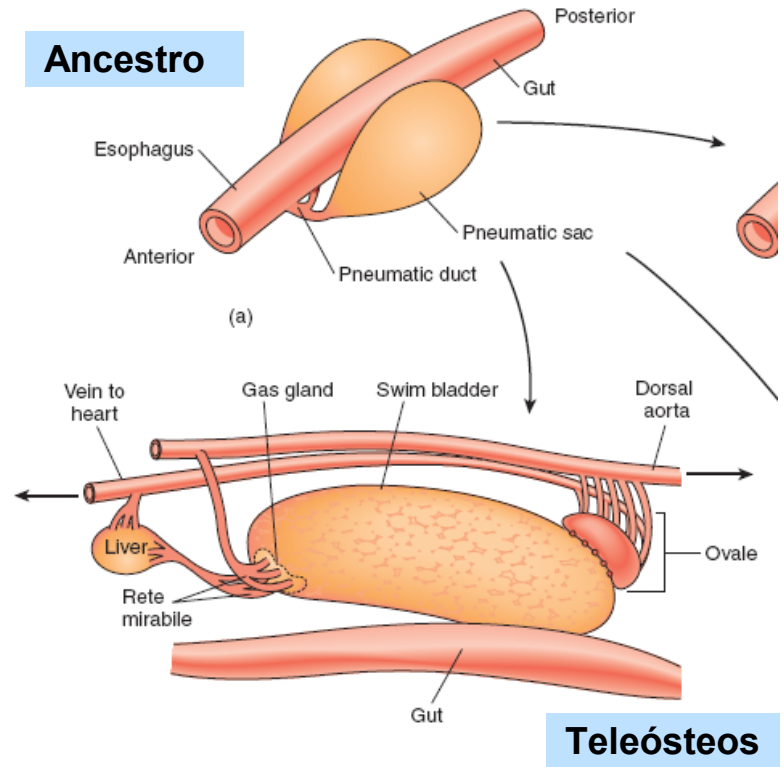
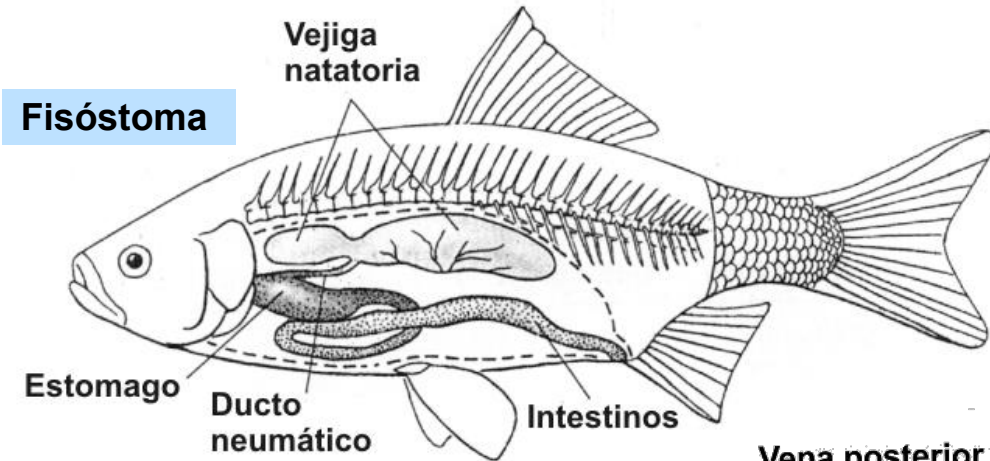
Morena



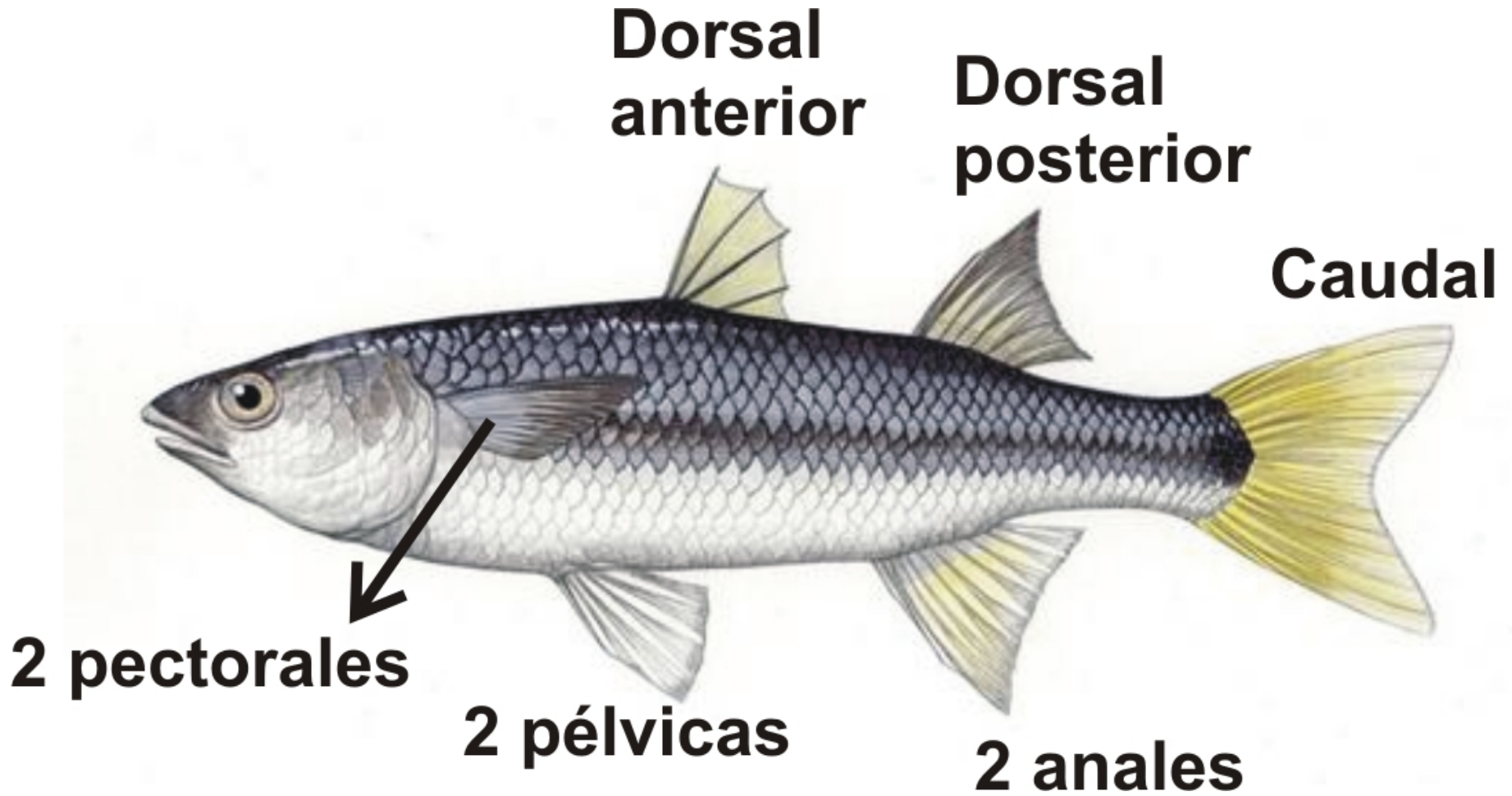
Anguila

### 3. Pulmón ancestral transformado en vejiga natatoria

- Forma primitiva: fisóstoma
- Forma derivada: fisoclista

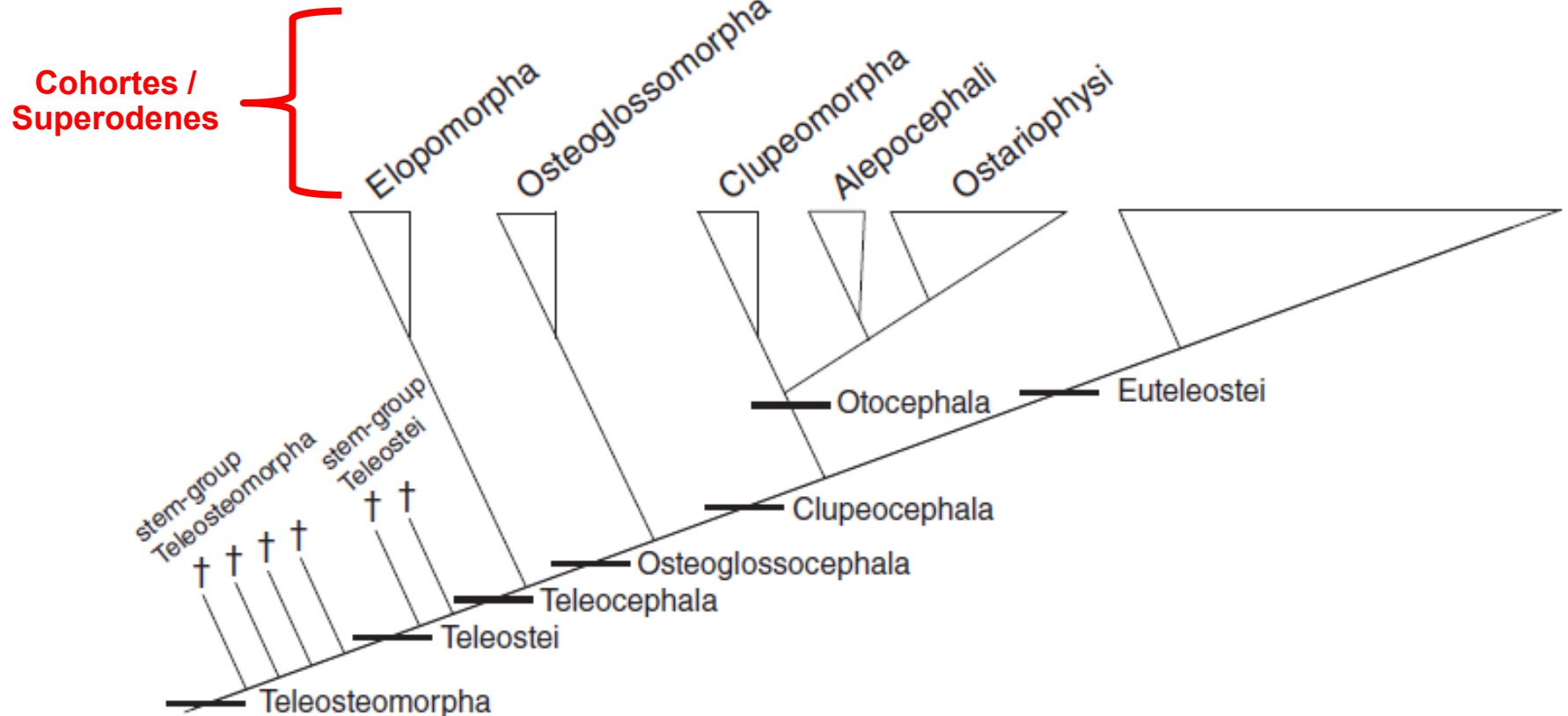


**4. 8-9 aletas con alta maniobrabilidad**



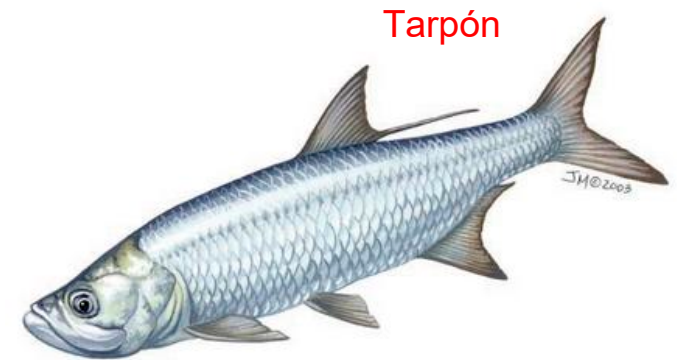


# Relaciones filogenéticas entre teleósteos (Infraclasse Teleostei)

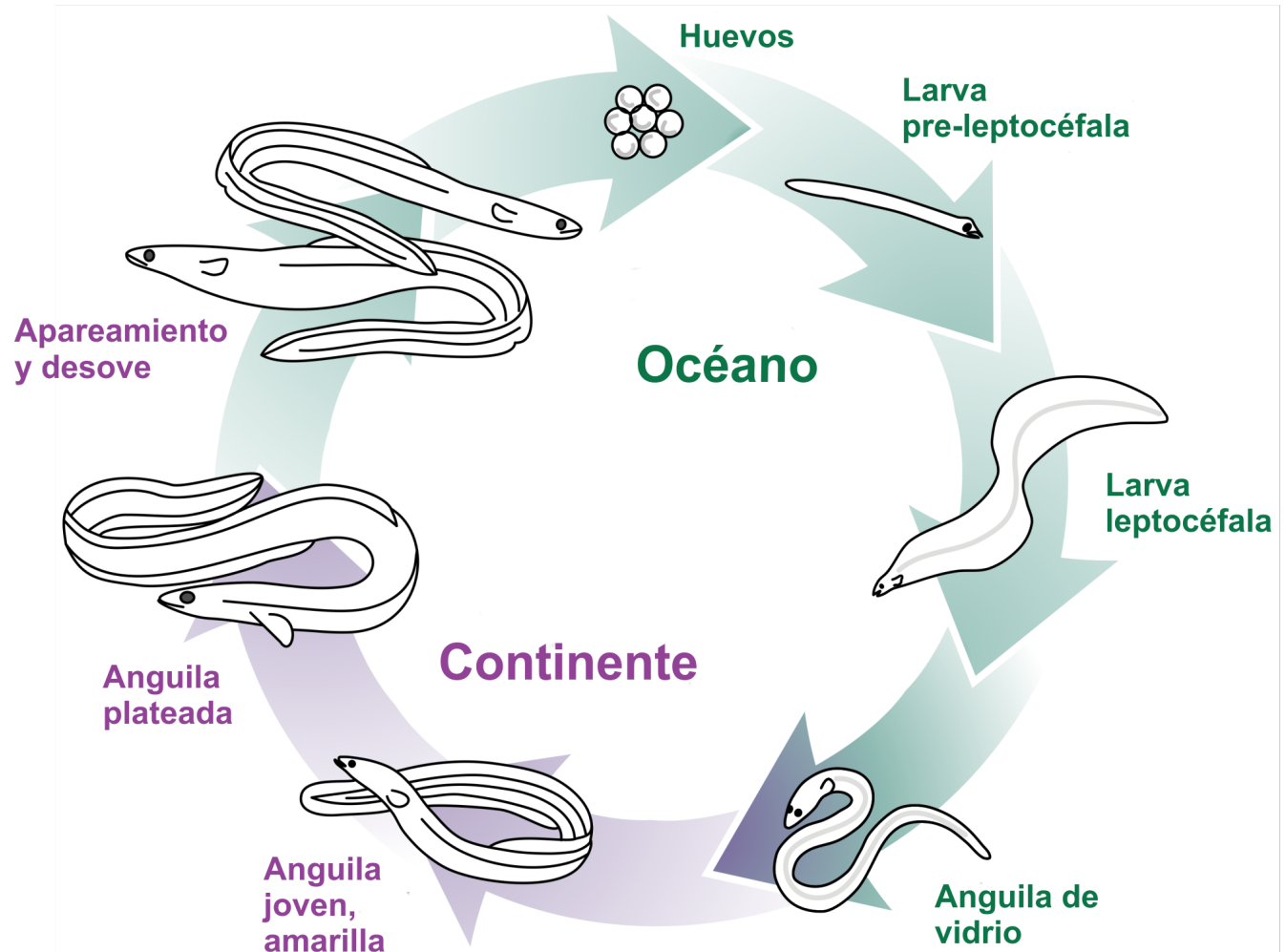
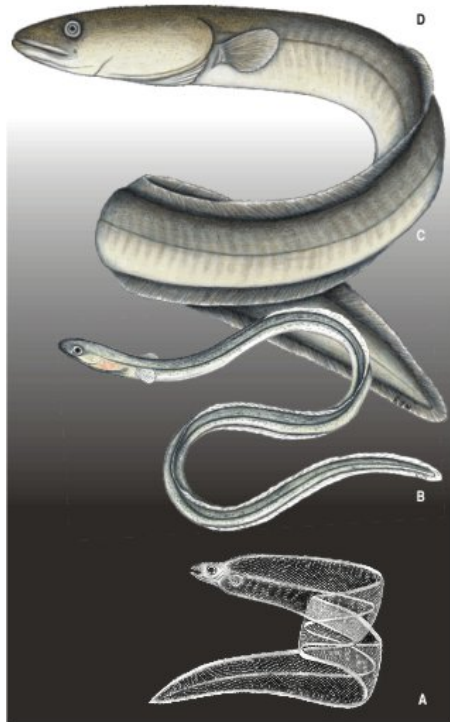


## Cohorte ELOPOMORPHA

- Aguas oceánicas
- Tarpones y anguilas verdaderas
  - ✓ **Anguilas (Anguillidae):** animales catádromos
- Presencia de larva leptocéfala
  - ✓ De cabeza pequeña



# Ciclo de vida de las anguilas (familia Anguillidae)



## Supercohort OSTEOGLOSSOMORPHA

- Aguas dulces tropicales
- Lengua ósea
- En general, peces de gran tamaño



Arawana (*Osteoglossum*)



Pirarucú (*Arapaima gigas*)

Pez elefante africano



*Campylomormyrus phantasticus*



## Supercohort CLUPEOCEPHALA

- Peces filtradores de plancton
- Sardinas, arenques, anchoas



- Animales de color plateado
  - ✓ Forman cardúmenes (bancos)



## Subcohorte Ostariophysii

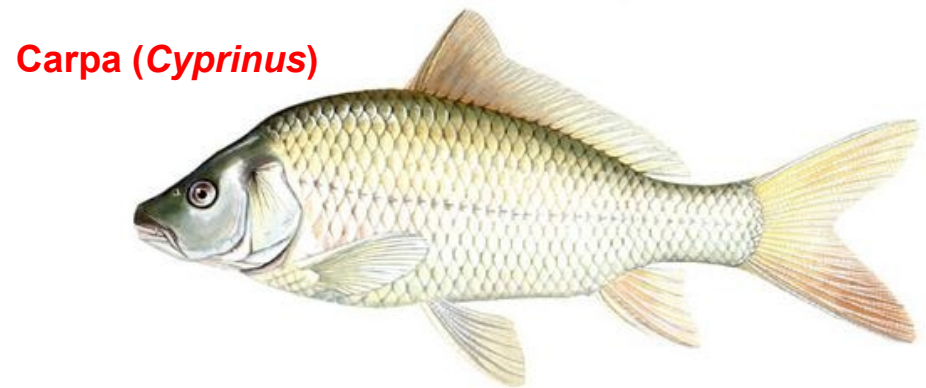
- Peces ostariofisiarios
- Grupo mas diverso en formas y ecología
- Aguas oceánicas y continentales



**Anguila eléctrica (*Electrophorus*)**



**Carácino (*Alestes*)**

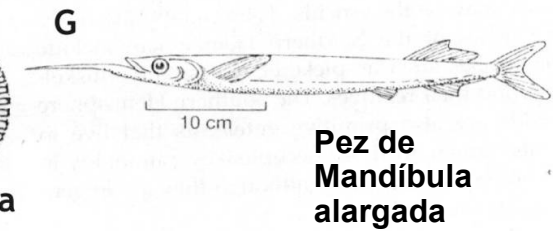
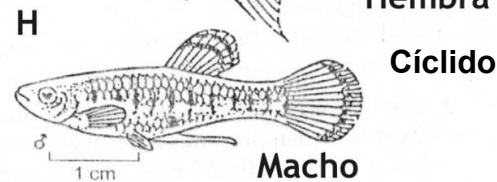
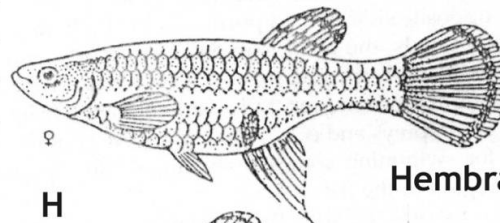
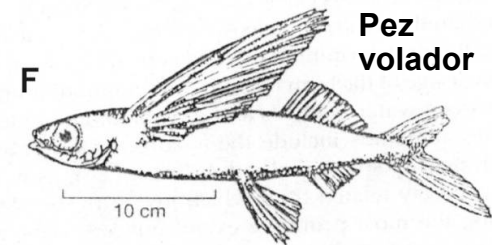
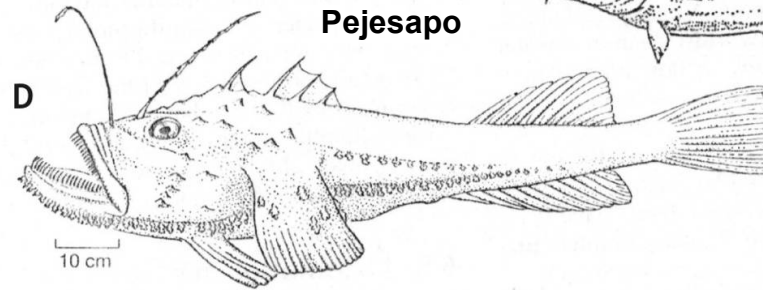
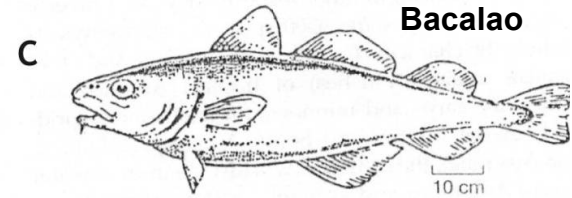
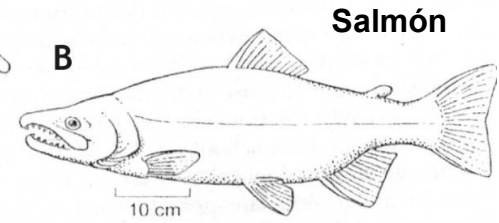
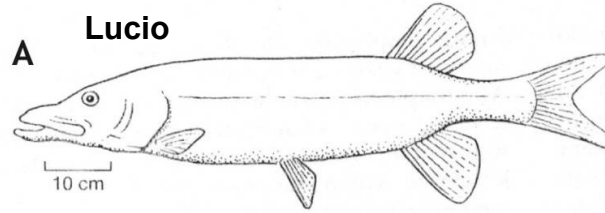


**Carpa (*Cyprinus*)**



**Pez gato (*Synodontis*)**

# Otros euteleósteos



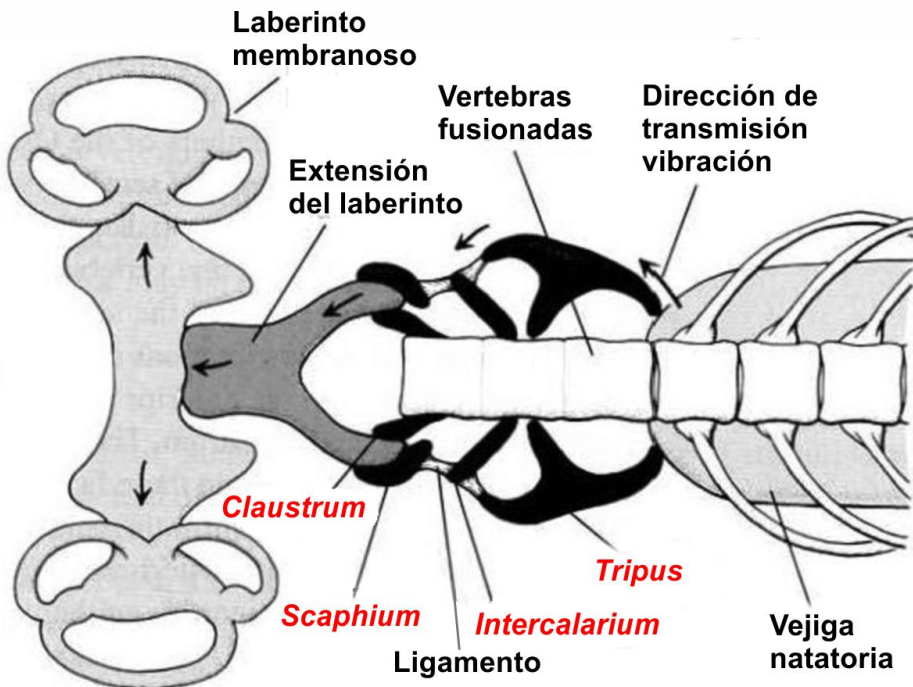


# Peces ostariofisiarios

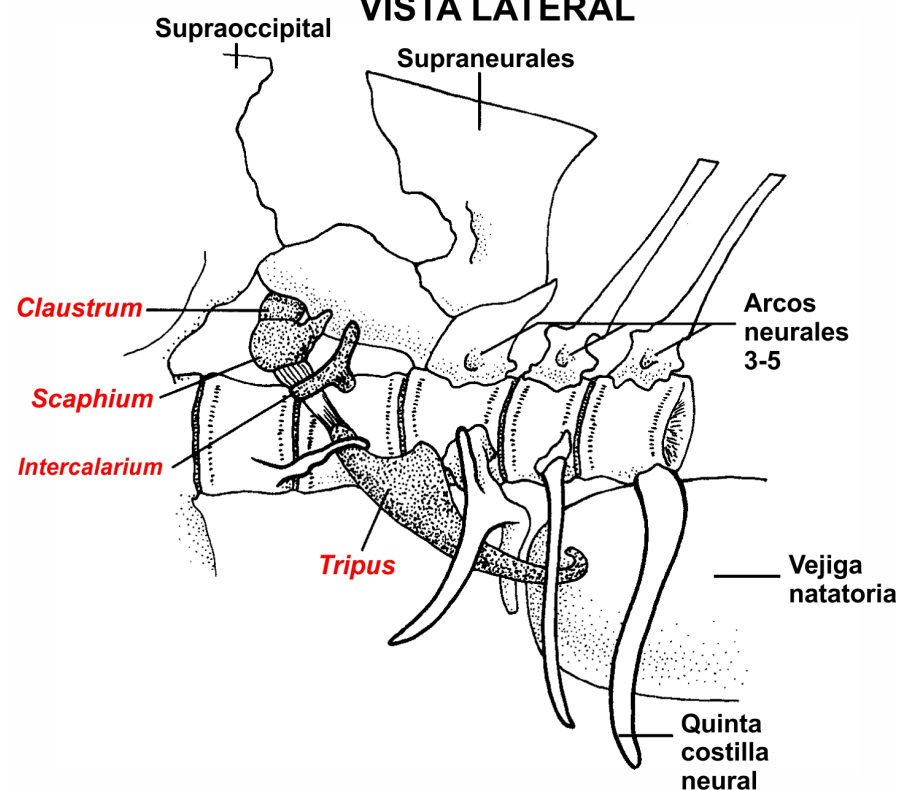
✓ Aparato de Weber

- **4 huesecillos** de la columna vertebral en contacto con la vejiga natatoria
  - Transmiten vibraciones sonoras desde la vejiga natatoria al oído interno
- Vejiga funciona como una caja de resonancia de sonidos

## VISTA DORSAL



## VISTA LATERAL





# Éxito de los teleósteos

- Variaciones en los mecanismos de:
  - ✓ Locomoción
  - ✓ Alimentación



- Aletas pareadas cambiaron de forma, tamaño y posición
  - ✓ Usos diferentes al de natación
    - e.g., cortejo

## Locomoción

- Aleta caudal homocerca (+ vejiga natatoria)
  - ✓ Nadar horizontalmente sin usar aletas pareadas
  - ✓ En movimiento
    - Cola produce fuerza simétrica hacia adelante
  - ✓ En quietud
    - Cola produce fuerza asimétrica
    - Mayor maniobrabilidad sin usar aletas pareadas

# ALIMENTACIÓN

- ✓ Desarrollo de una boca protrusible
  - Mejoro eficiencia alimentaria
  - Ampliación de la diversidad de modos de alimentación
  
- ✓ Boca protrusible
  - Amplia movilidad de los huesos bucales (premaxilares)
  
- a. Hay mayor velocidad de apertura
- b. Succión poderosa (mayor cavidad orobranquial)
- c. Mayor extensión de la boca
  - Mayor apertura bucal

