

**Anatomía:**

Piel

Esqueleto

Sistema Muscular

Locomoción

**Piel**

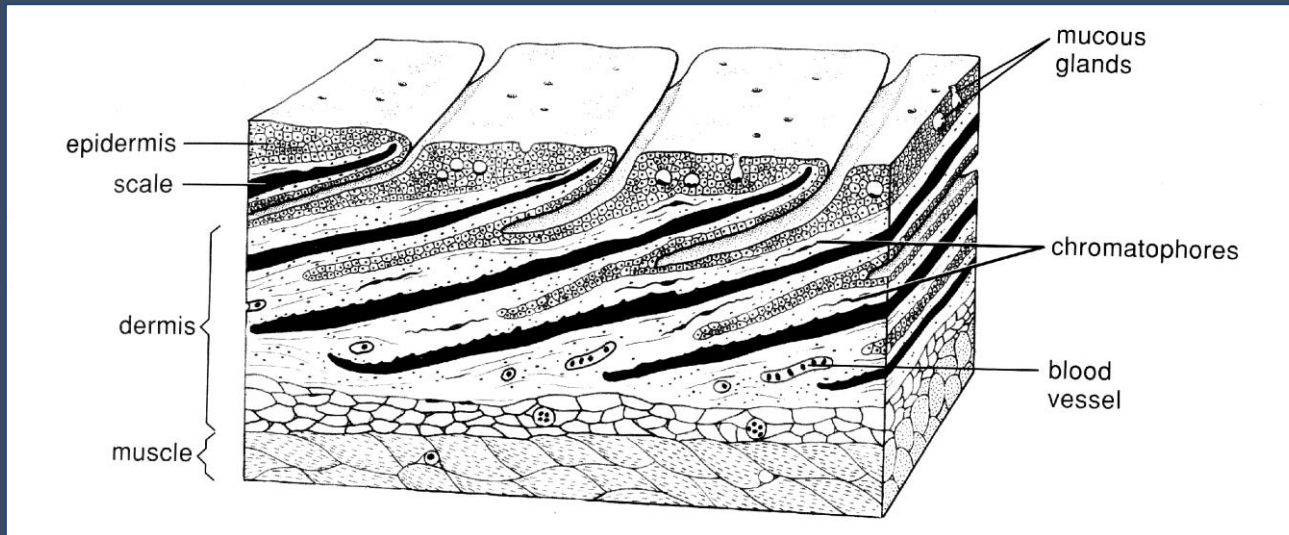
# Piel

Órgano Multifuncional con características determinadas por los hábitos de las especies y formada por dos capas.

**Epidermis** (ectodermo embrionario):

1. Parte más lábil
2. 10 a 30 capas de células (cambios estacionales y sexuales)
3. Glándulas mucosas unicelulares (distribución y material excretado depende de las velocidades desarrolladas)
4. Melanocitos (capas profundas)

**Dermis** (mesodermo y cresta neural): Fibroblastos y matriz extracelular  
Células pigmentadas



# Piel

**Células pigmentadas:** Dermis, interface dermis-epidermis y capas profundas epidermis.

**Table 1** Types of chromatophores in fish.

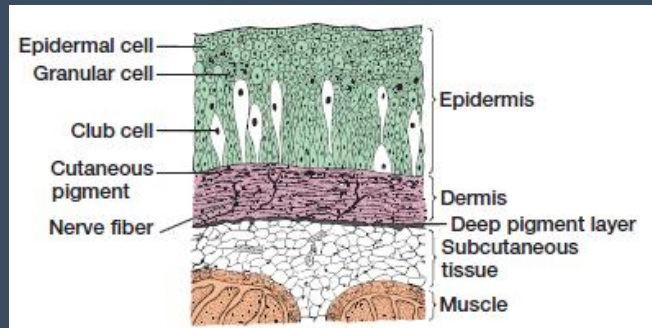
Chromatophore	Organelle	Pigment	Color
Cyanophore	Cyanosome	?	Blue; light absorption
Dichromatic chromatophore: cyano-erythrophore	Cyanosome and erythrosome	? and erythrosome	Blue and red; light absorption
Dichromatic chromatophore: erythro-iridophore	Erythrosome (looking like oil droplets) and reflecting platelet	? and purines	Reddish-violet; light absorption
Erythrophore	Erythrosome; carotenoid droplet	Pteridines; carotenoids	Orange to red; light absorption
Fluorescent chromatophore	Red fluorescent particles	?	Red; fluorescence
Iridophore	Reflecting platelet	Purines, especially guanine platelet crystals	Structural colors and iridescence; for example, glittering blue, green, and silver; light reflection
Leucophore	Leucosomes	Mainly uric acids	White; light scattering
Melanophore	Melanosomes	Eumelanin	Black, brown; light absorption
Xanthophores	Xanthosome; carotenoid droplet	Pteridines; carotenoids	Yellow to orange; light absorption



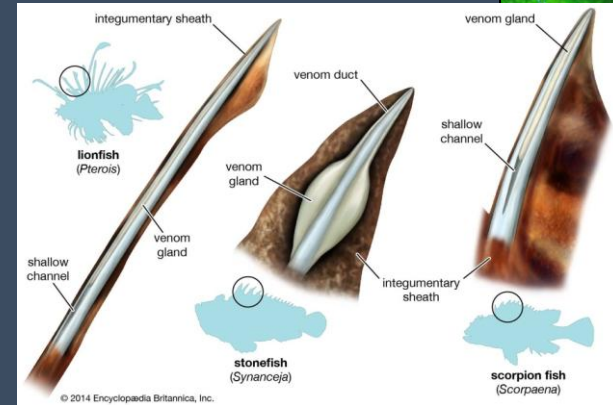
**Cambios en la coloración:** Migraciones de pigmento dentro de los cromatóforos; control nervioso y hormonal; también vascularización de la piel donde la sangre da sombras de rosado o escarlata.

# Piel

## Glándulas unicelulares: células Club y Granulares



**FIGURE 6.7** Lamprey skin. Among the numerous epidermal cells are separate unicellular glands, the granular cells and the club cells. Note the absence of keratinization. The dermis consists of regularly arranged collagen and chromatophores.



## Complejos glandulares (raros):

glándulas venenosas

órganos luminosos



Figura 6. Detalle de la espina caudal de *Potamorogon brachyura* del río Uruguay, Uruguay. Este ejemplar contaba con dos espinas caudales. Foto: F. Teófilo de Mello.

La luminiscencia dada por bacterias presentes en la piel del pez (Serránidos, Lophiiformes) o por luminiscencia propia (Batrachoidiformes, otros abisales).





# Piel

Extensiones de la piel: funciones muy específicas como sensitiva (tacto, gusto) y protectora.

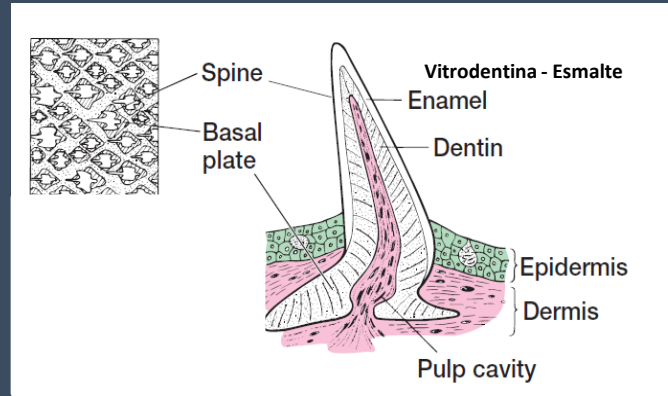




# Piel

Escamas: placoides (Condríctios)

cosmoides  
ganoides  
elasmoides



## DENTINA

Composición química: 70% de materia inorgánica (principalmente cristales de hidroxiapatita), 12% de materia orgánica (principalmente fibras colágenas) y 18% de agua.

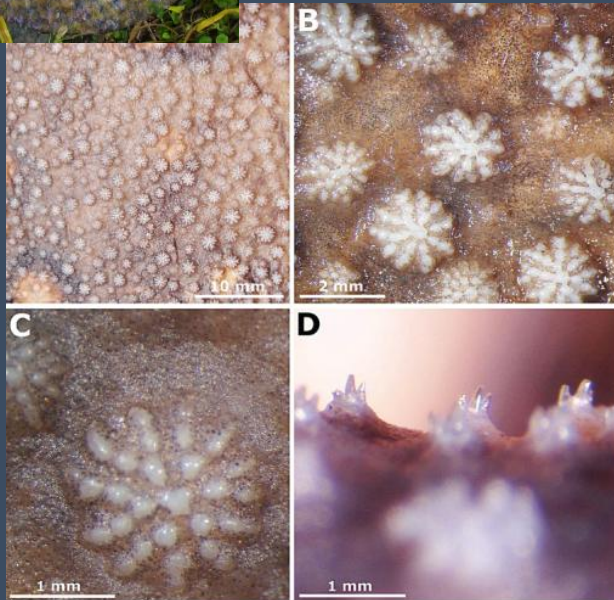
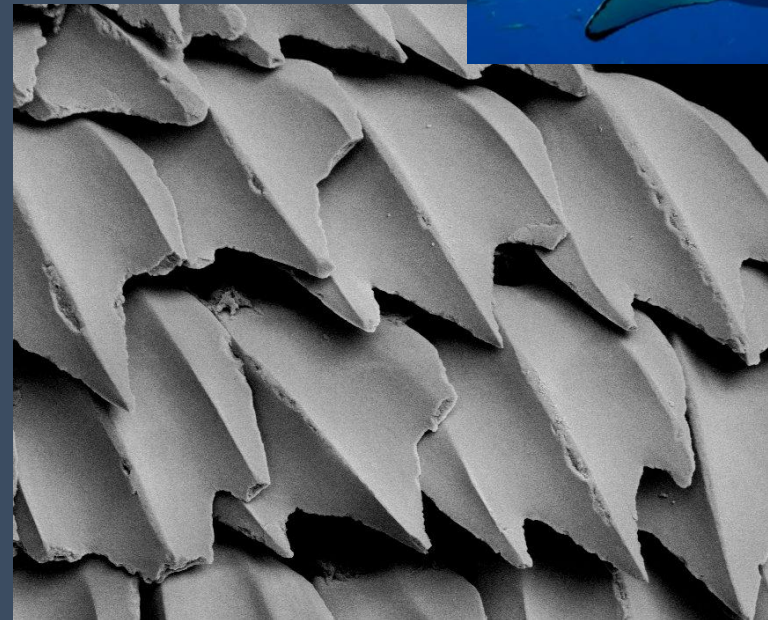


Fig. 11. *Potamotrygon motoro*. Details of dermal denticles in an adult female, MZUSP 110902. Morphology and concentration of dermal denticles on dorsal disc in (a) and (b), a typical star-shaped denticle in (c) showing the crown with its central plate and dichotomous ridges, and in (d) trichotomous denticles present in spiracular openings.



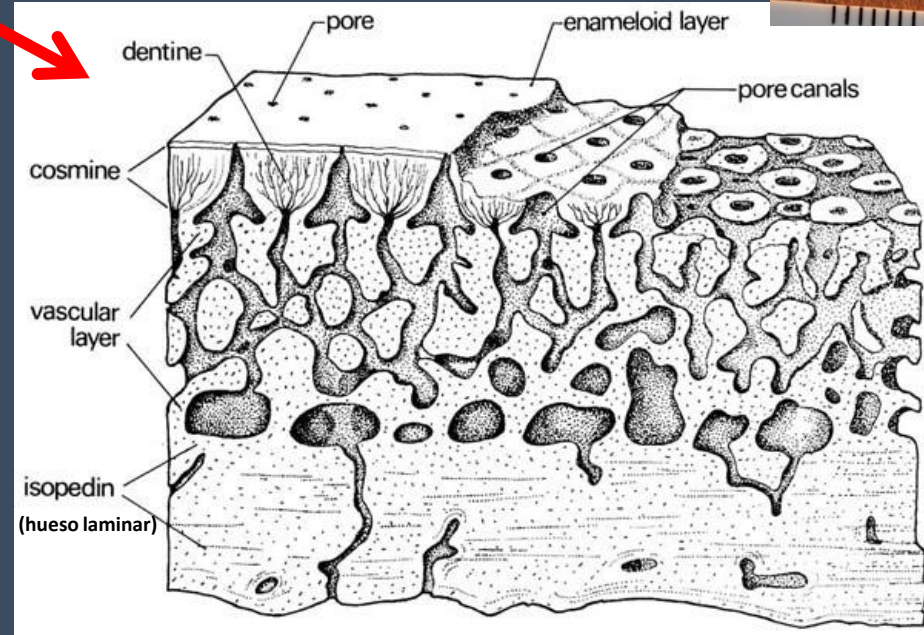
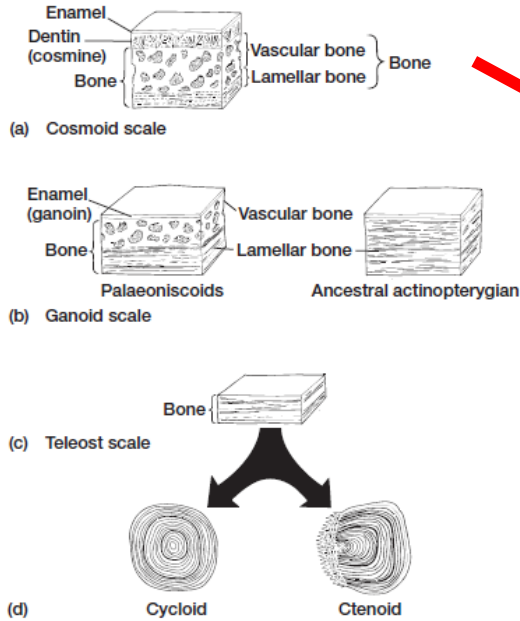
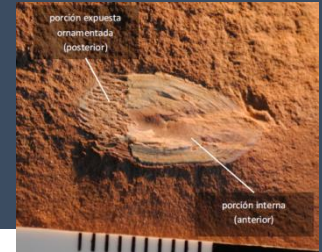
# Piel

Escamas: placoides

cosmoides (Sarcopterygios basales): fusión de escamas placoides?

ganoides

elasmoides



**FIGURE 6.11** Scale types of bony fishes. Cross section of a cosmoid scale (a), a ganoid scale (b), and a teleost scale (c). Surface views of the two types of the teleost scale, cycloid and ctenoid scales (d).





# Piel

Escamas: placoides  
 cosmoides  
 ganoides (Actinopterygios basales)  
 elasmoides

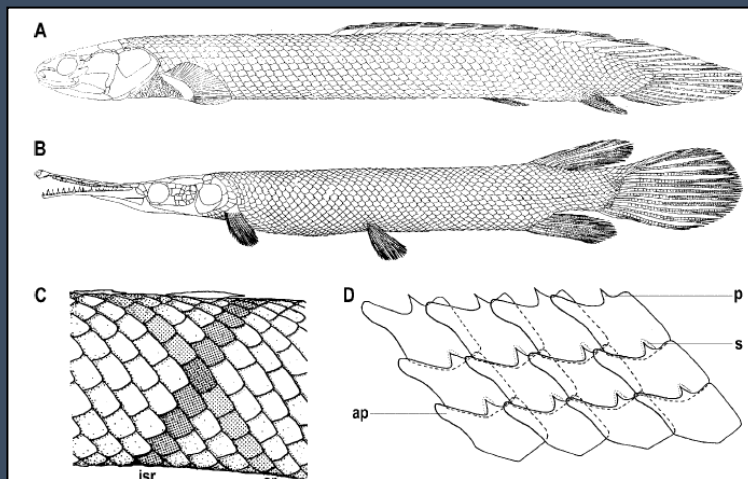
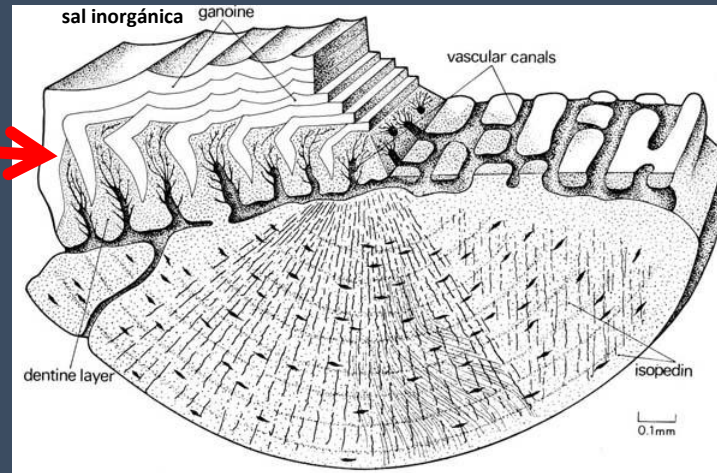
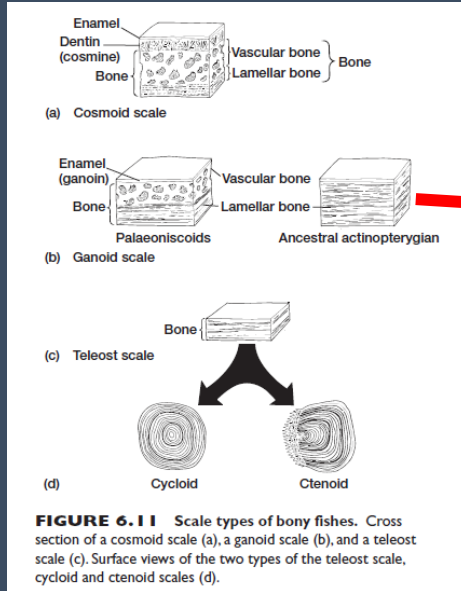
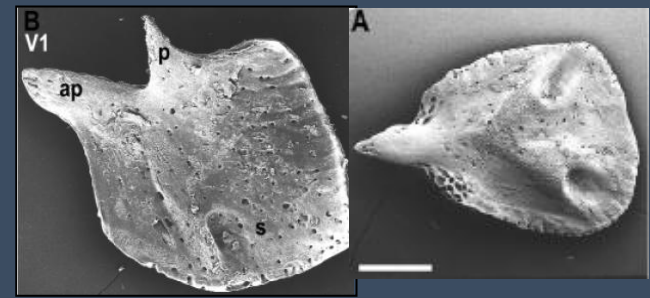
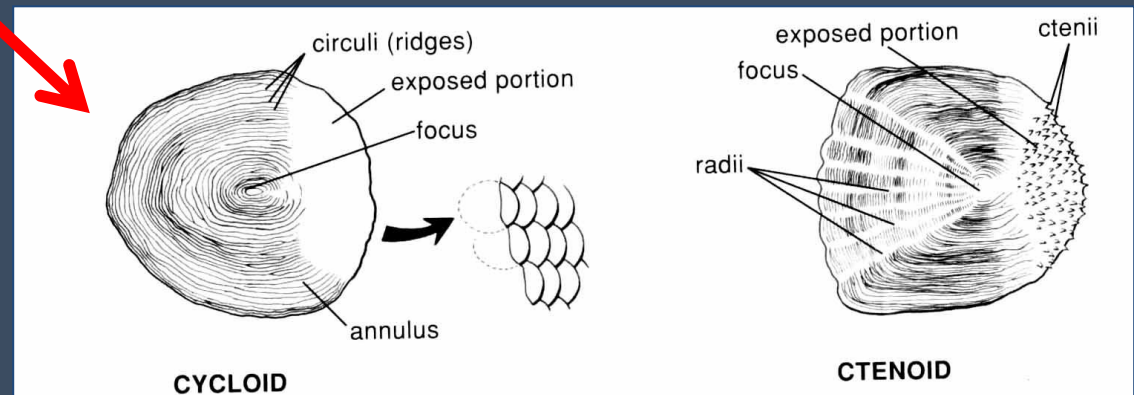
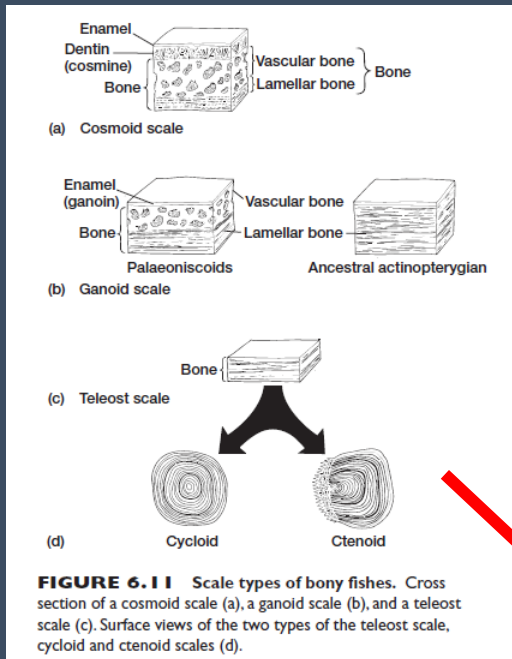


Fig. 2. Scale-jackets of *Polypterus* and *Lepisosteus*. A,B: Lateral view of *P. ornatipinnis* and *L. platyrhincus*. C: Details of scale-jacket, external view, anterior to left. Dotted areas indicate a true scale row (sr) and an intersecting scale row (isr). D: Details of scale-jacket, right side of body, internal view showing peg (p) and socket (s, dotted line) articulation. Dashed lines represent posterior and ventral margin of scales.



# Piel

Escamas: placoides  
cosmoides  
ganoides  
elasmoides (Teleósteos)



# Piel

**Escamas:** Origen de otras estructuras:

radios de las aletas blandos (lepidotriquia)

espinas

placas (Siluriformes)

huesos superficiales (dérmicos) del cráneo y opérculo





# Endoesqueleto

# Endoesqueleto

**Notocorda:** elemento estructural básico; en la mayoría segmentada debido al desarrollo de las **vértebras**.

**Condrocráneo:** más antiguo que las vértebras.

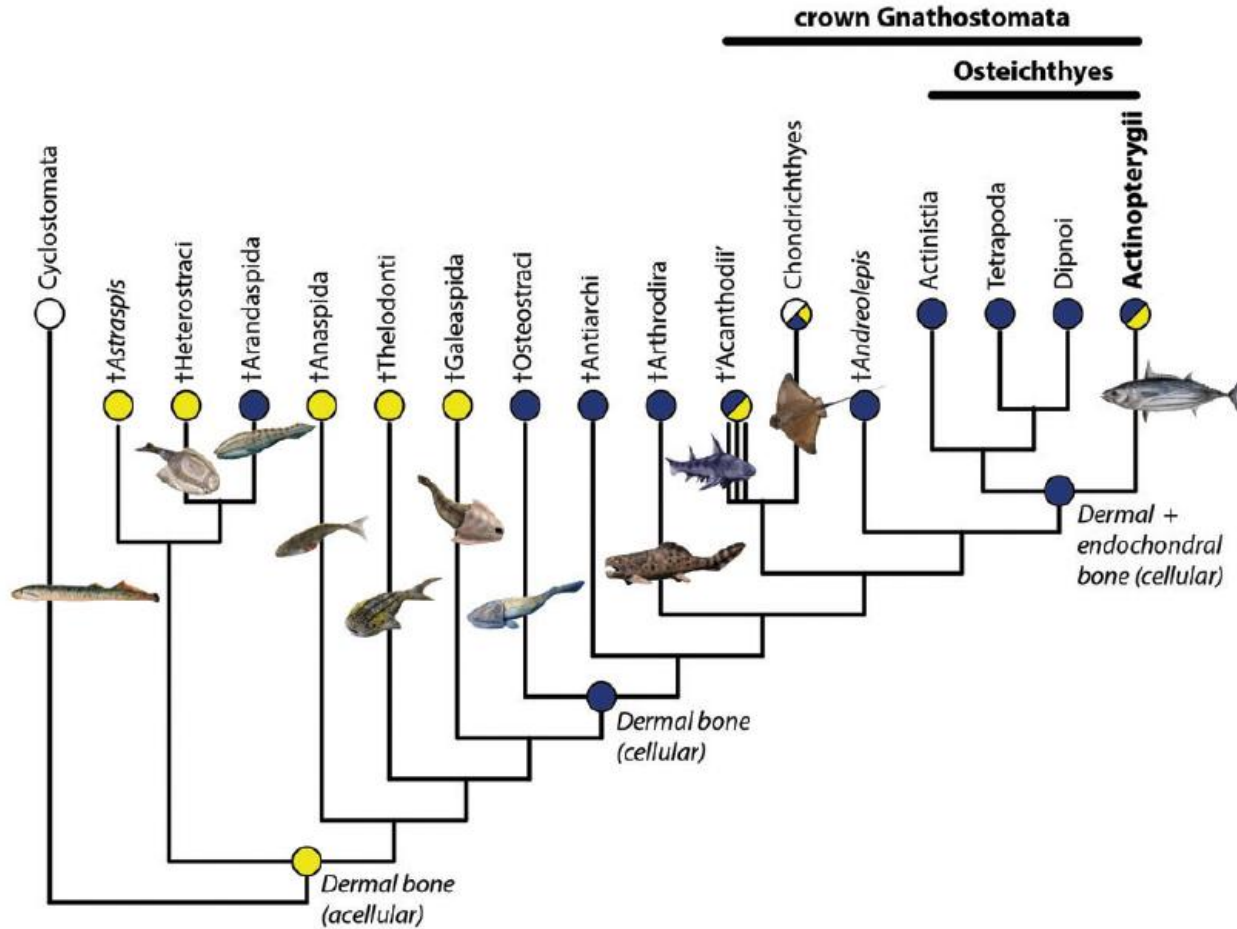
**Esplacnocráneo:** soporta a las branquias y sus derivados.

**Dermocráneo:** elementos dérmicos que cubren total o parcialmente a los anteriores

**Esqueleto apendicular:** aletas y cinturas.

**Sistema Intermuscular:** estructuras semi-independientes.

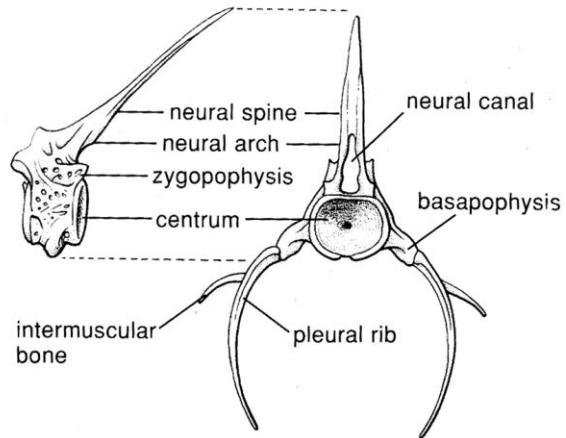
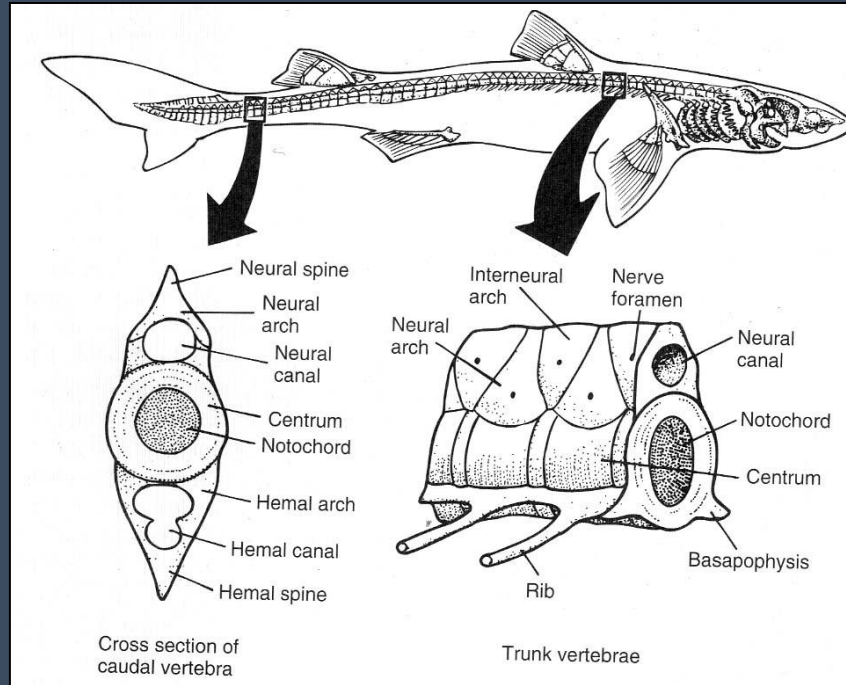
## Tipos de Hueso en Vertebrados



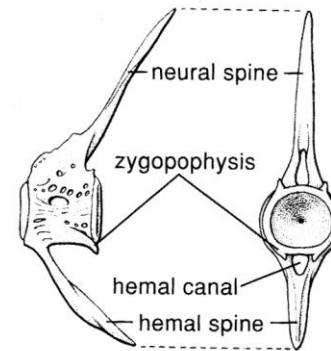
**Fig. 2.** Distribution of cellular and acellular bone in the phylogeny of vertebrates (modified from Keating *et al.*, 2018). The coloured circles at the tip of branches reflect bone type in the clade: acellular (yellow), cellular (dark blue), or bone absent (white). Taxon pictures from N. Tamura, and Iglésias (2014*a,b*).



# Notocorda - Vértébras

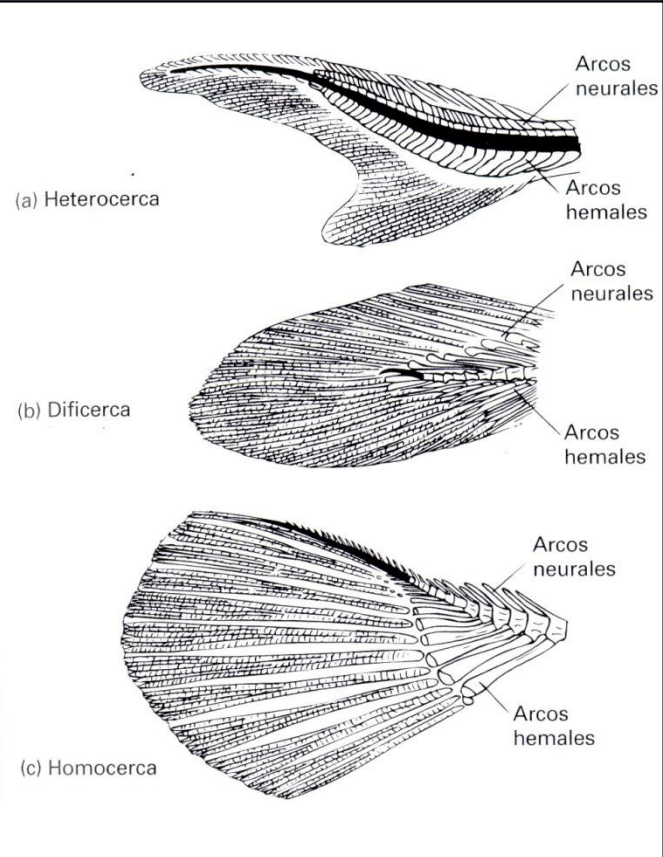


**A ABDOMINAL**

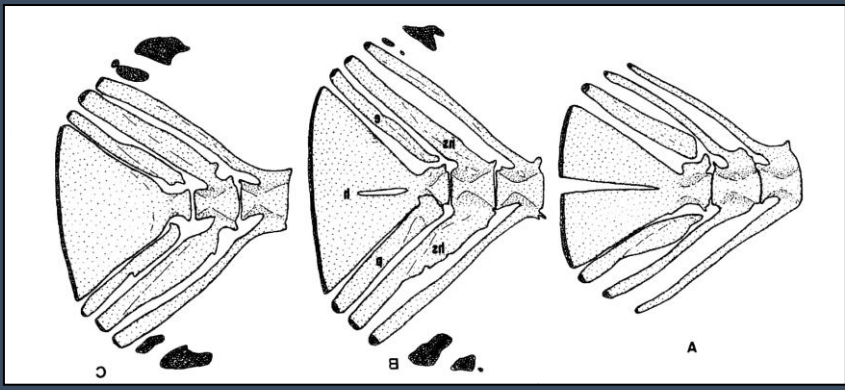


**B CAUDAL**

# Aleta caudal

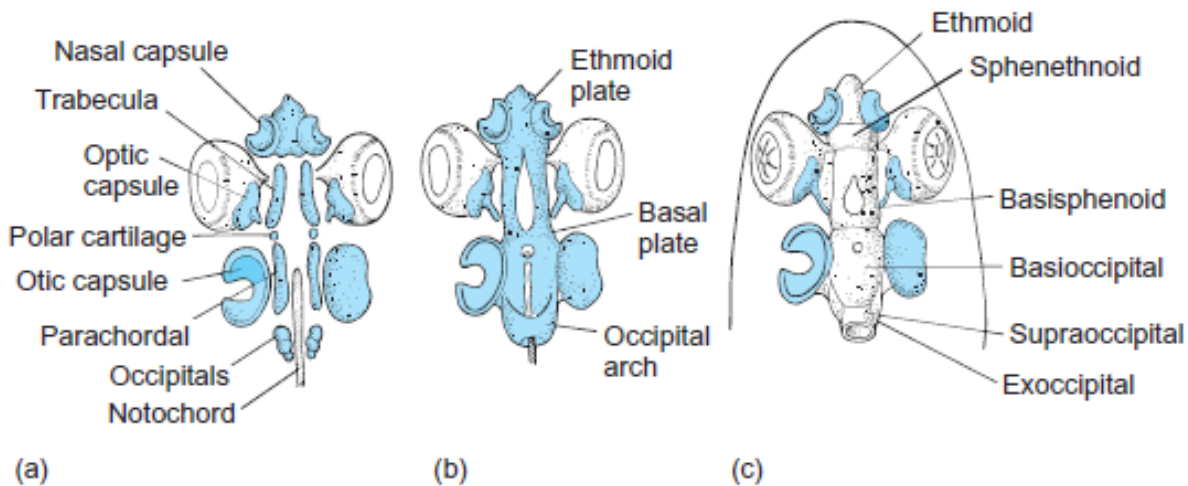


## Homocerca-Isocerca (Cyprinodontiformes)



# Cráneo

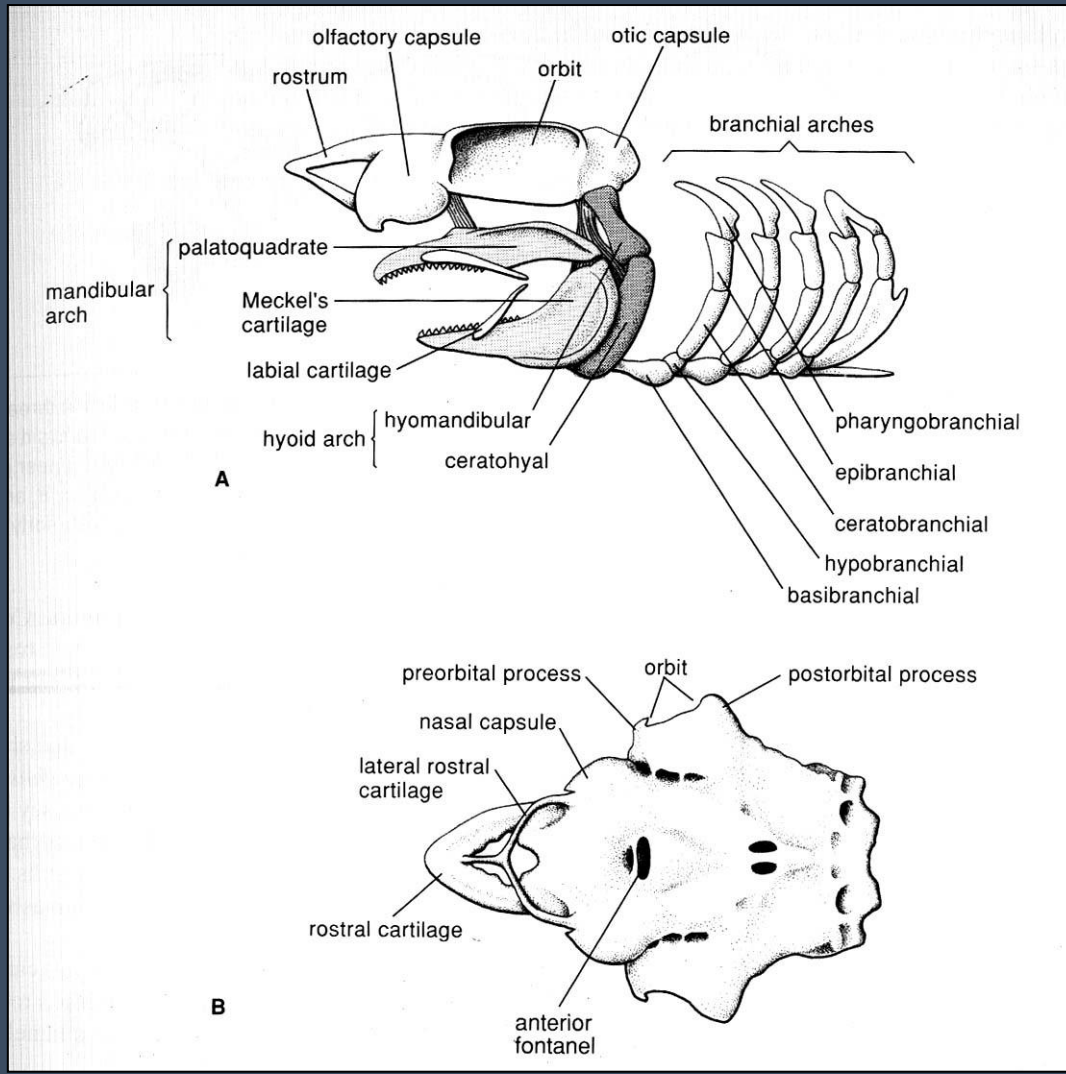
**Condrocráneo:** deriva de la cresta neural; sostiene, rodea y protege el cerebro y los órganos de los sentidos.



**FIGURE 7.3** Embryonic development of the chondrocranium. Cartilage (blue) appears first but in most vertebrates is replaced by bone (white) later in development. The chondrocranium includes these cartilaginous elements that form the base and back of the skull together with the supportive capsules around sensory organs. Early condensation of mesenchymal cells differentiates into cartilage (a) that grows and fuses together to produce the basic ethmoid, basal, and occipital regions (b) that later ossify (c), forming basic bones and sensory capsules.



## Condríctios



## Condrictios

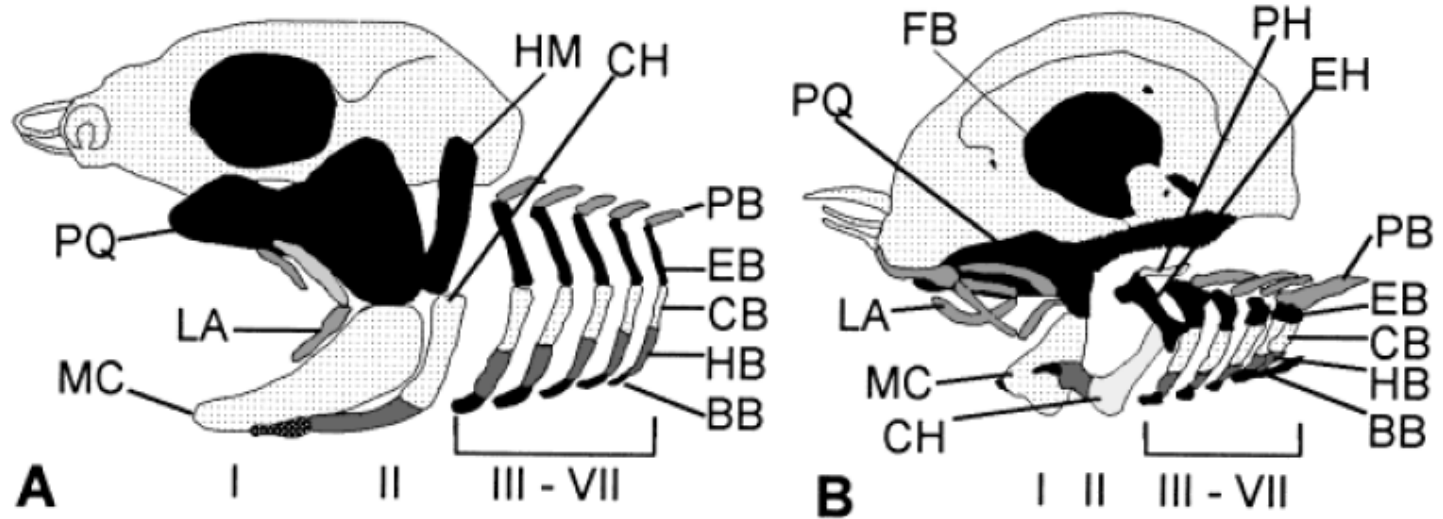
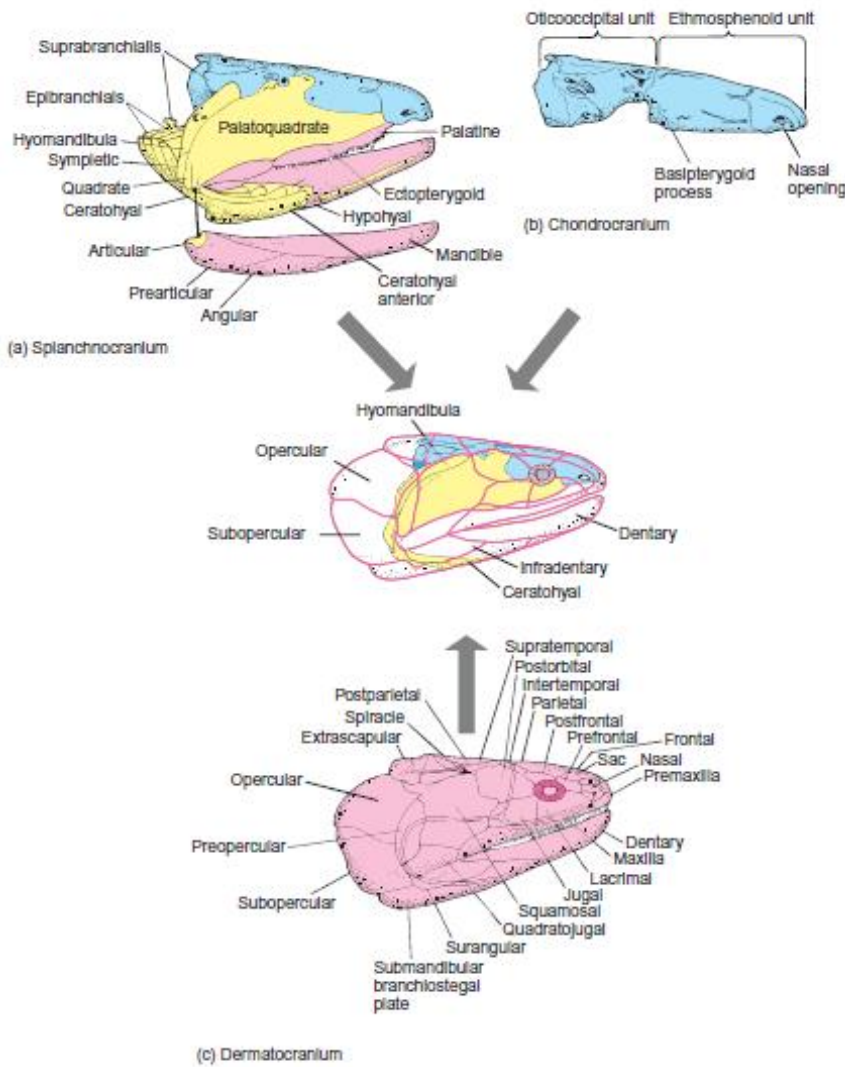


Fig. 1. Phylogenetic transformation of pharyngeal arches (modified from Dean, '06). A: Selachian hyostyly. B: Chimaerid holostyly. BB, basibranchial; CB, ceratobranchial; CH, ceratohyal; EB, epibranchial; EH, epi-hyal; FB, floor of braincase in orbital and postorbital

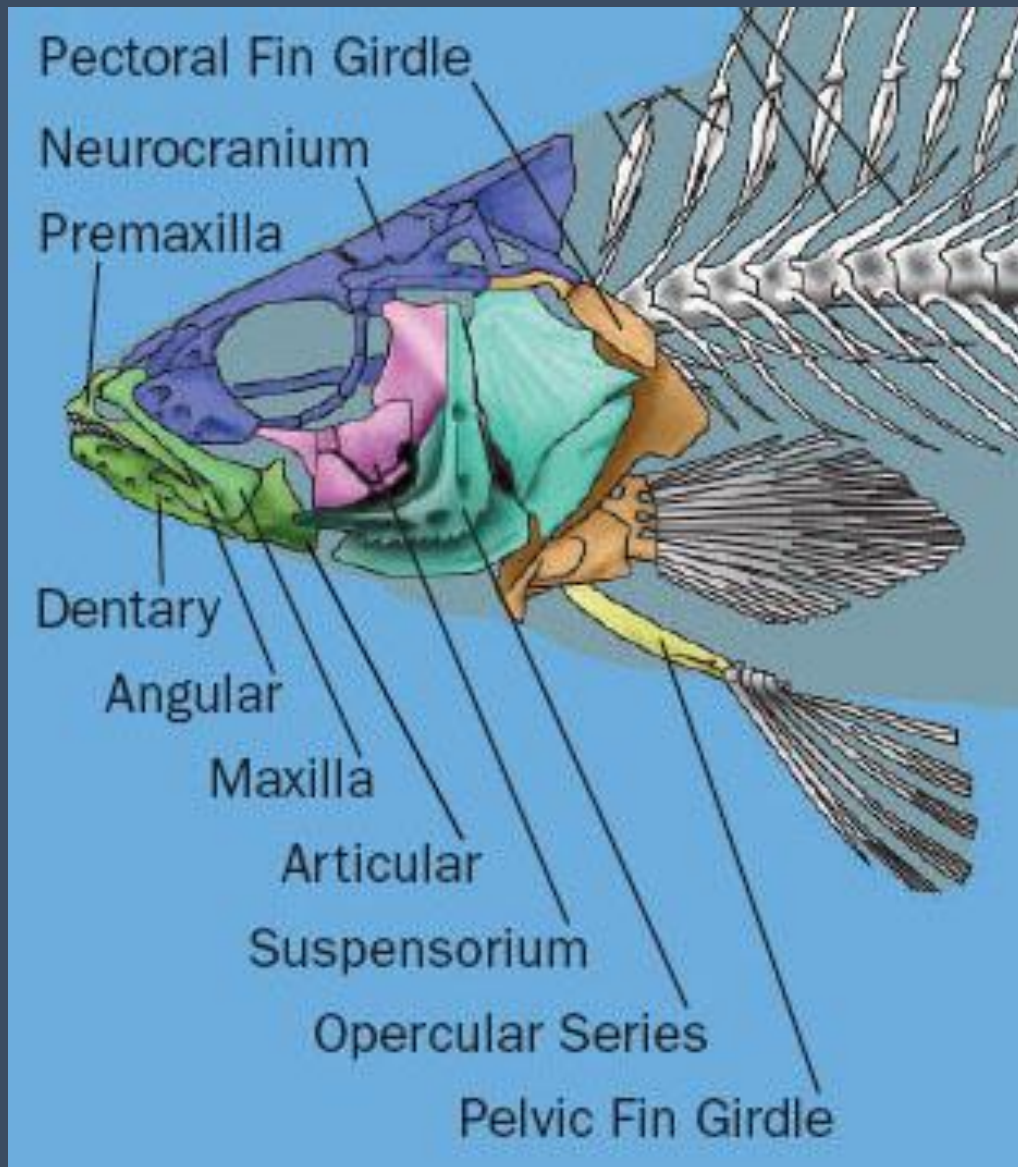
regions; HM, hyomandibula; LA, labial cartilage; MC Meckel's cartilage; PQ, palatoquadrate; PB, pharyngobranchial; PH, pharyngo-hyal; HB, hypobranchial. Pharyngeal arch derivatives; I, mandibular; II, hyoid; III-VII, branchial.

# Cráneo: Teleostomi



**FIGURE 7.2 Composite skull.** The skull is a mosaic composed of three primary contributing parts: the chondrocranium, the splanchnocranium, and the dermatocranium. Each has a separate evolutionary background. The skull of *Eusthenopteron*, a Devonian rhipidistian fish, illustrates how parts of all three phylogenetic sources contribute to the unit. (a) The splanchnocranium (yellow) arose first and is shown in association with the chondrocranium (blue) and parts of the dermatocranium (red). The right mandible is lowered from its point of articulation better to reveal deeper bones. (b) The chondrocranium in *Eusthenopteron* is formed by the union between the anterior ethmosphenoid and the posterior oticooccipital units. (c) The superficial wall of bones composes the dermatocranium. The central figure depicts the relative position of each contributing set of bones brought together in the composite skull. (Sac: nasal series)

# Cráneo: Teleostomi





## Región posterior del cráneo

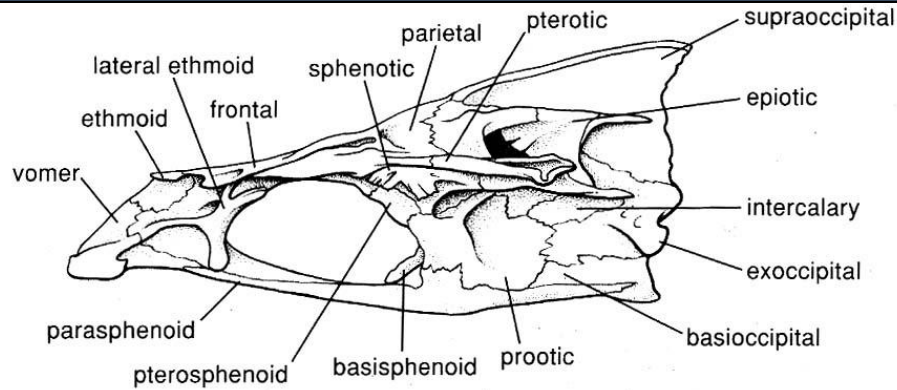
- Basioccipital (ventral)
- Exoccipitales (laterales)
- Supraoccipital (dorsal)

## Cápsula ótica

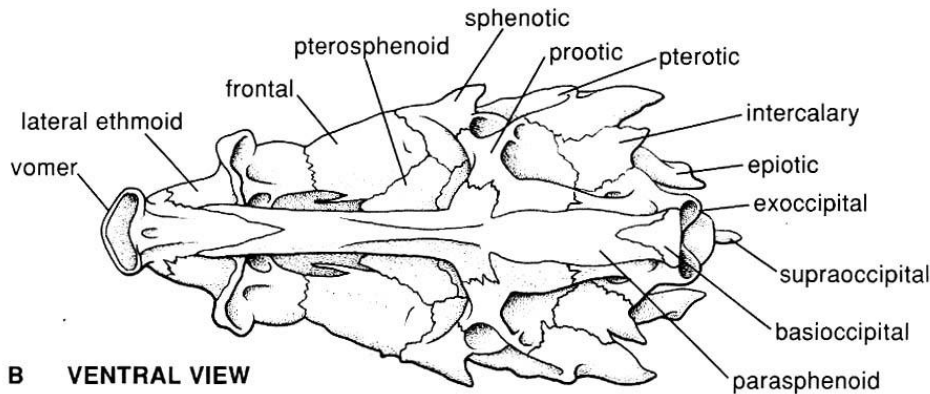
- Proóticos (piso lateral del cráneo)
- Esfenóticos (parte del límite posterior de la órbita)
- Pteróticos
- Epióticos (donde se adhiere la cintura pectoral)

## Trabéculas

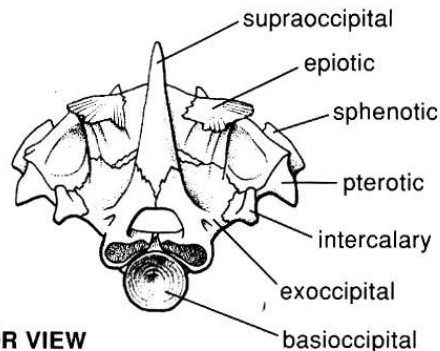
- Pteroesfenoides (pared posterior de la órbita)
  - Orbitoesfenoides (septo interorbital)
  - Basiesfenoides (impar)
- Etmoides laterales (anteriores a la órbita)



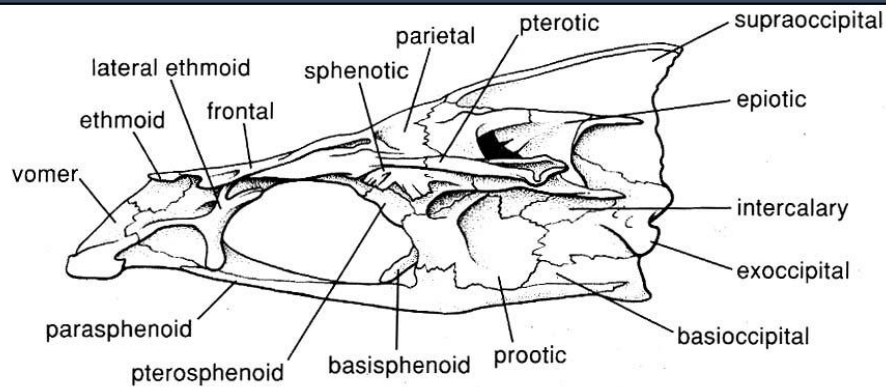
**A LATERAL VIEW**



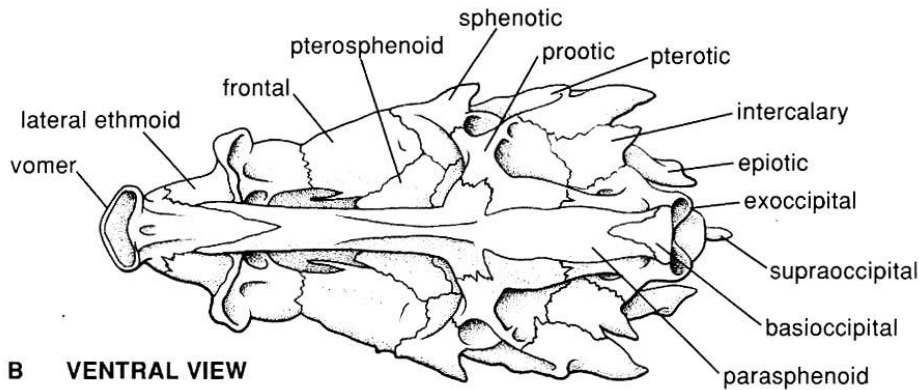
**B VENTRAL VIEW**



**C POSTERIOR VIEW**



**A LATERAL VIEW**



**B VENTRAL VIEW**

## Elementos dérmicos:

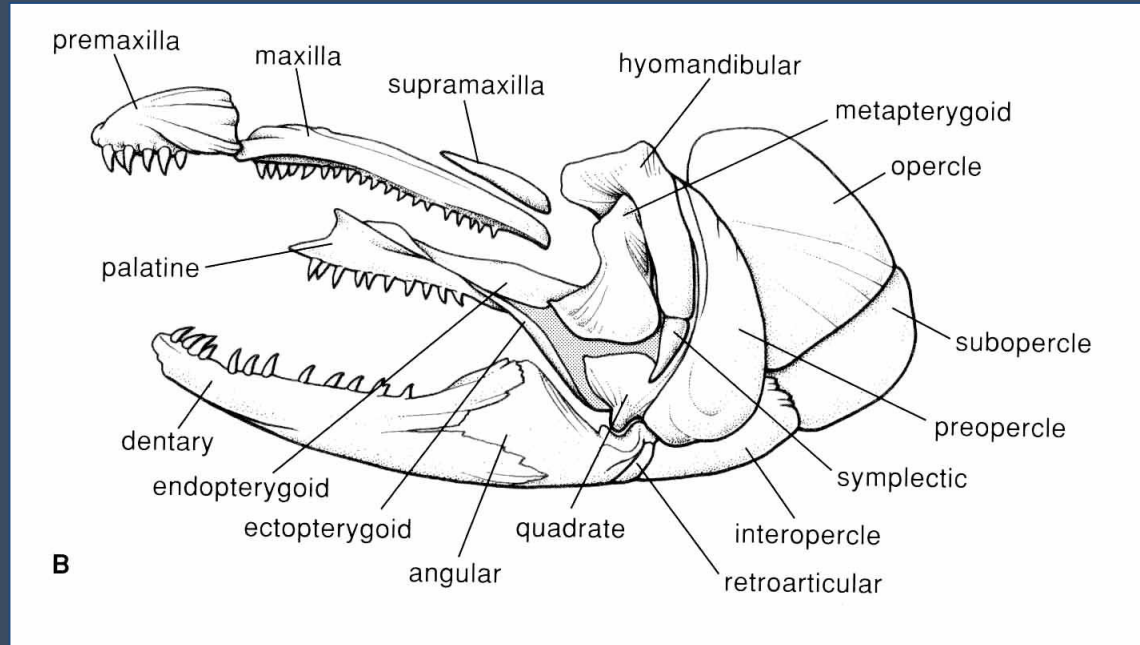
- Parietales
- Frontales
- Mesetmoides
- Nasales
- Vomer (techo anterior de la boca)
- Paraesfenoides (línea media ventral del neurocráneo)



## Infraorbitales:

- Lacrimal
- Suborbital
- Postorbital
- Dermosphenotico

# Arco Mandibular



Premaxilar (D)

Maxilar (D)

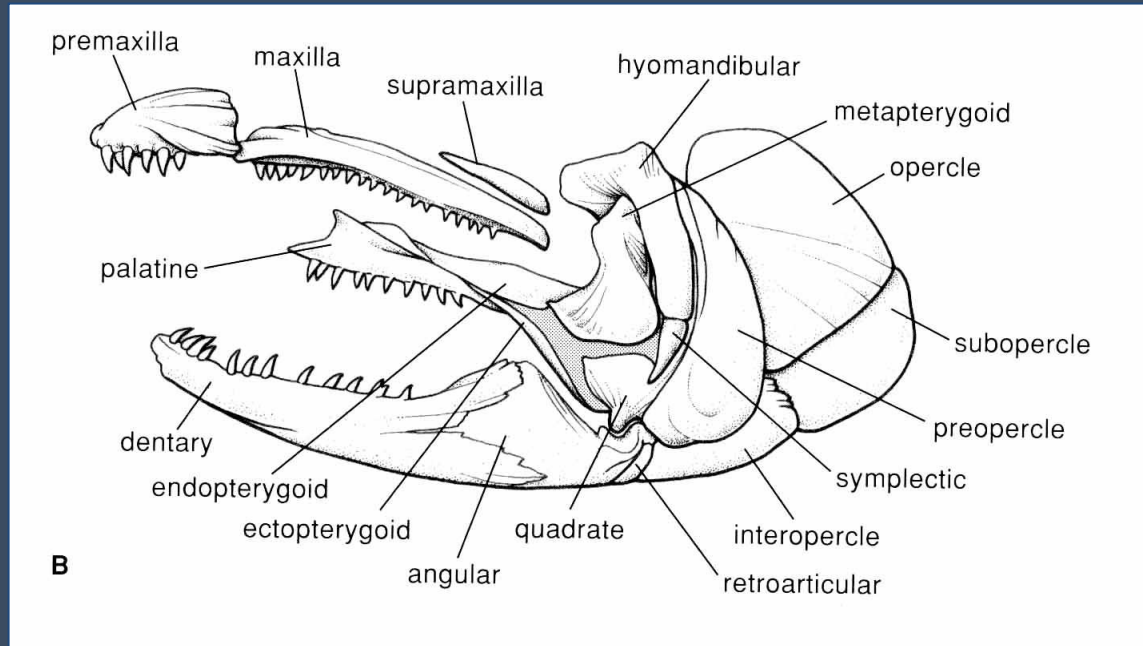
Cartílago de Meckel

Dentario (D)

Angular (D)

Retroarticular (compuesto)

# Suspensorio

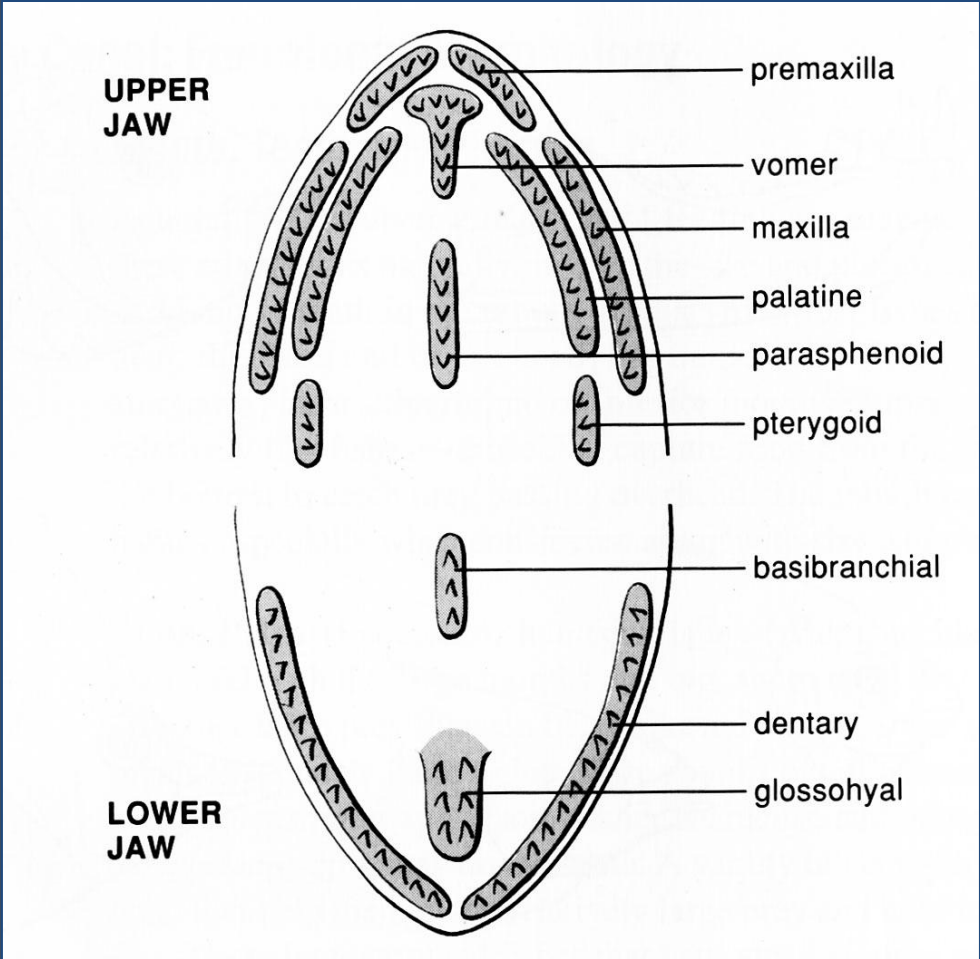


## Suspensorio (osificaciones del cartílago palato-cuadrado)

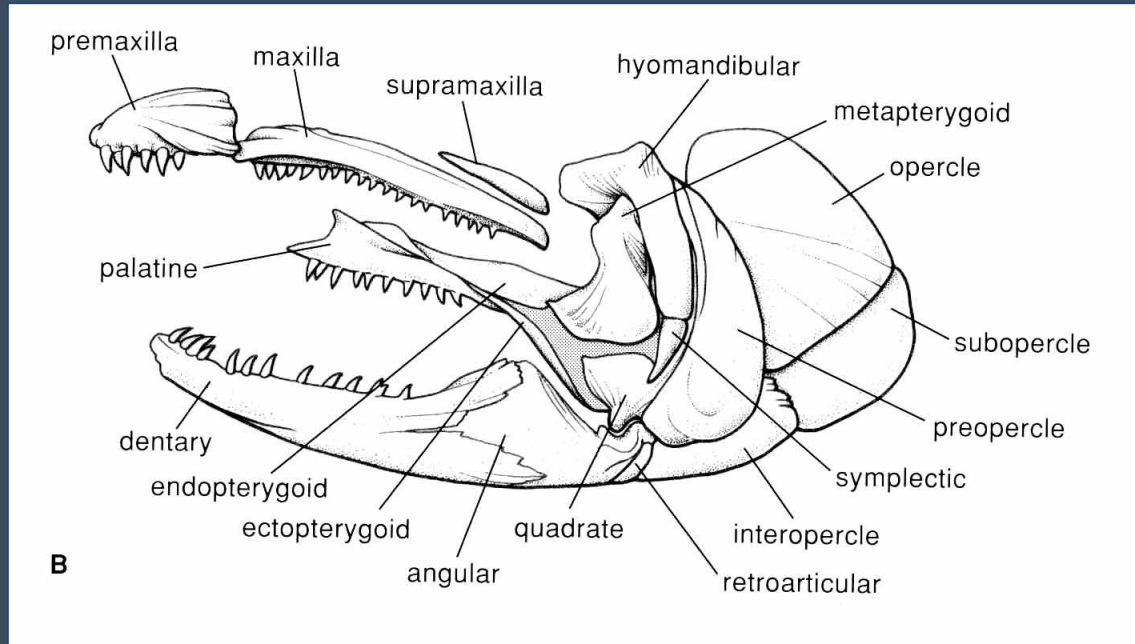
- Cuadrado (articula la mandíbula inferior)
- Metapterigoides (palato-cuadrado)
- Endopterygoides (D) (rigidiza el techo de la boca)
- Ectopterygoides (D) (conecta el cuadrado con el palatino)
- Palatino (parte anterior del techo de la boca, elementos endocondrales y dérmicos)



Dientes: diversidad de formas de acuerdo al tipo de alimento



# Hyoideo



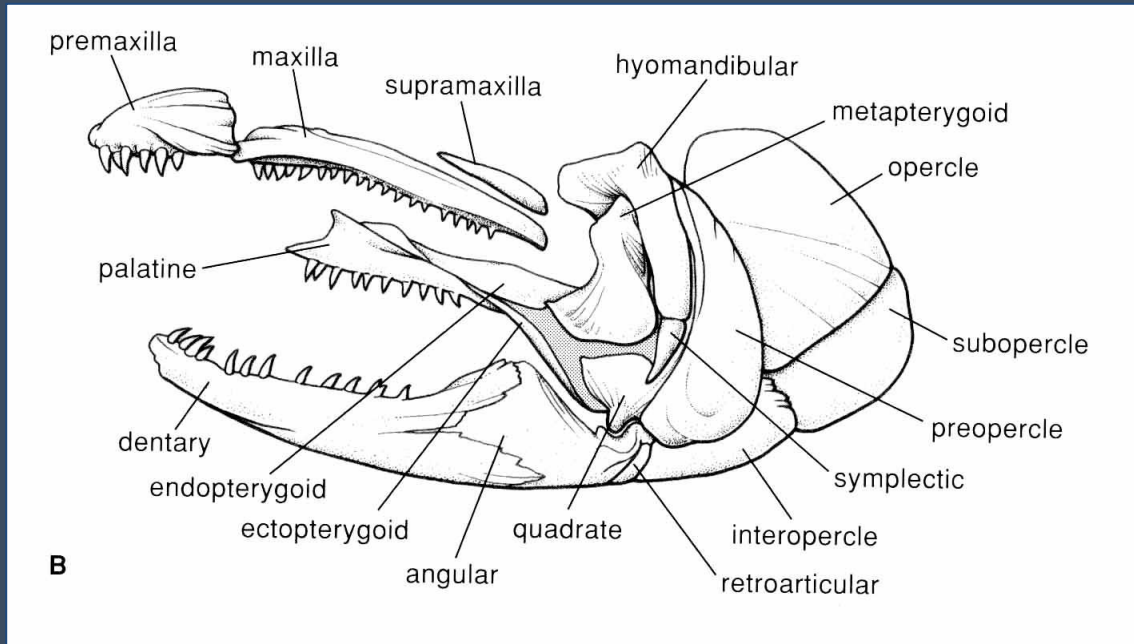
## Arco Hyoideo

Hyomandibular

Sympléctico (osificación secundaria)

Interhyal

# Sistema Opercular



## Sistema opercular:

Opérculo

Subopérculo

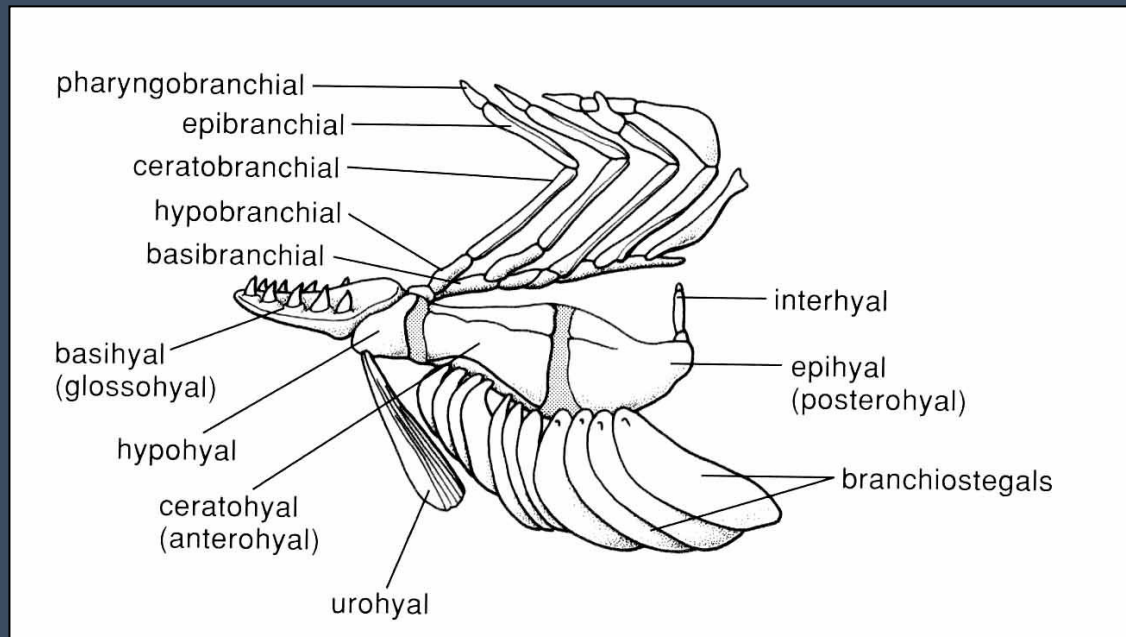
Preopérculo

Interopérculo

**Esplacnocráneo:** Respiración  
Alimentación

Arco hyoideo:

- Hyomandibular
- Sympléctico (osificación secundaria)
- Interhyal
- Epihyal (radios branquiostegos)
- Ceratohyal (radios branquiostegos)
- Hypohyal (superior e inferior)
- Basihyal o glossohyal
- Urohyal

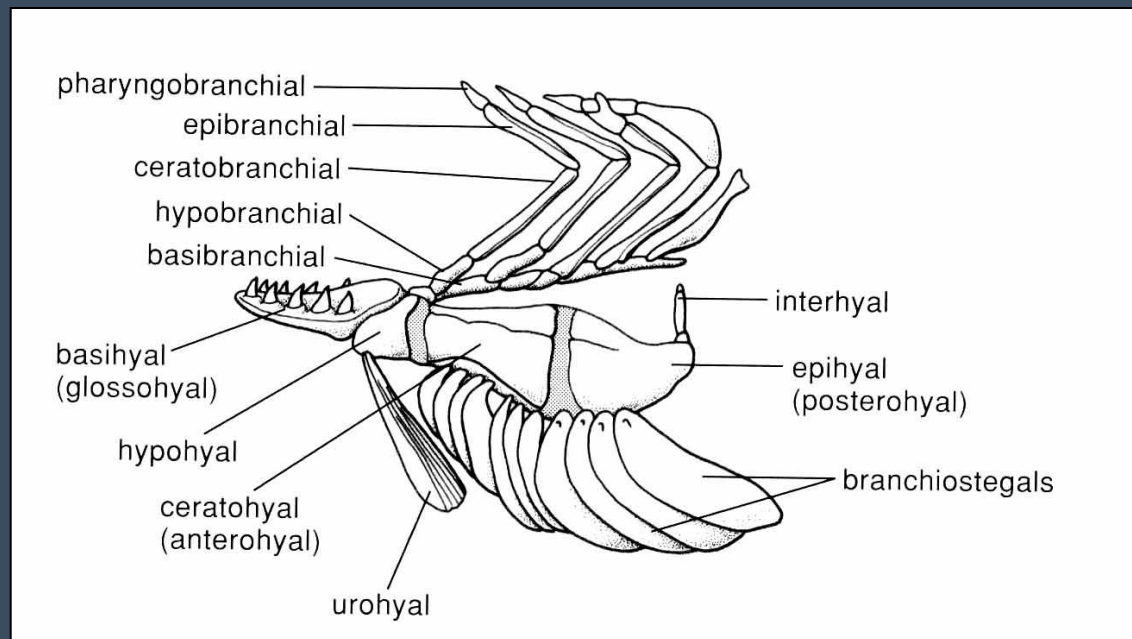




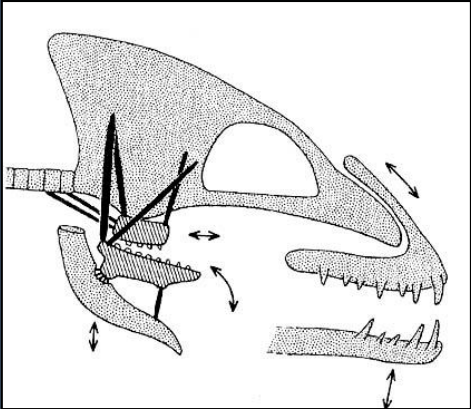
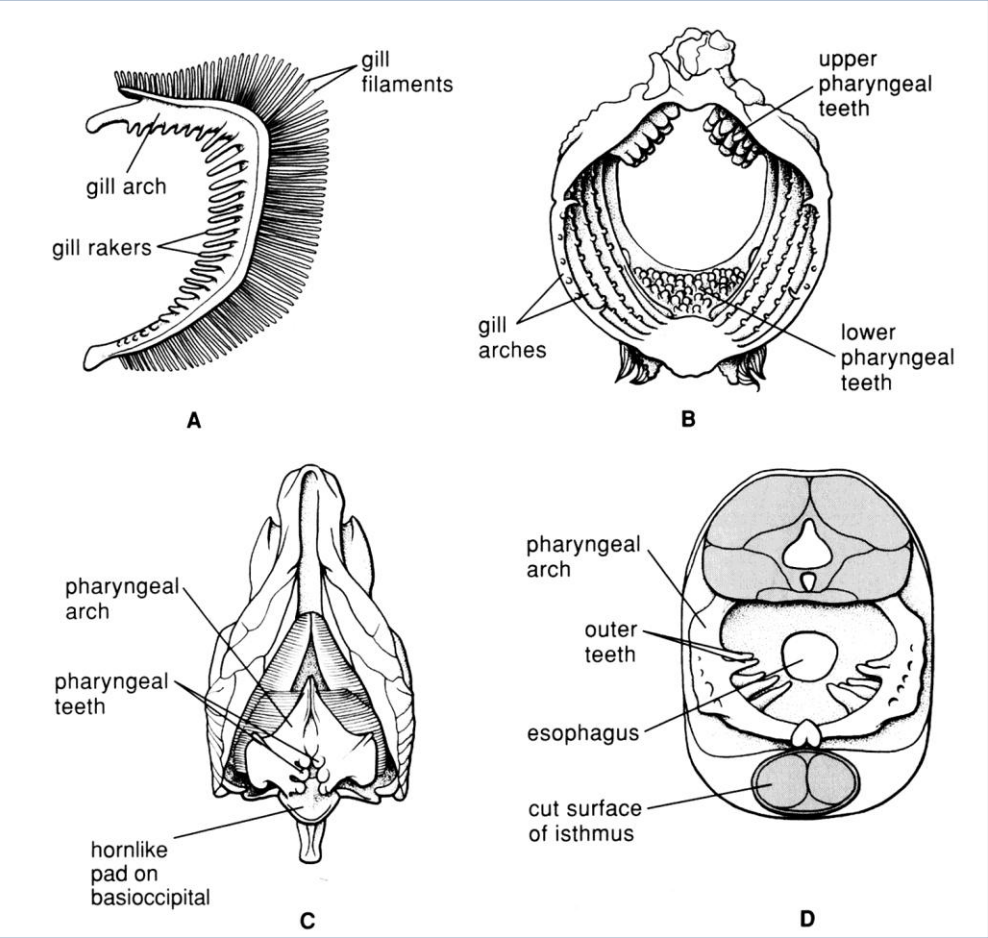
## Esplacnocráneo: Respiración Alimentación

Arcos branquiales (huesos endocondrales más placas dérmicas):

- Faringobranquial (3 y 4 generalmente fusionados)
- Epibranquial
- Ceratobranquial (5 solo hueso)
- Hypobranquial
- Basibranquiales

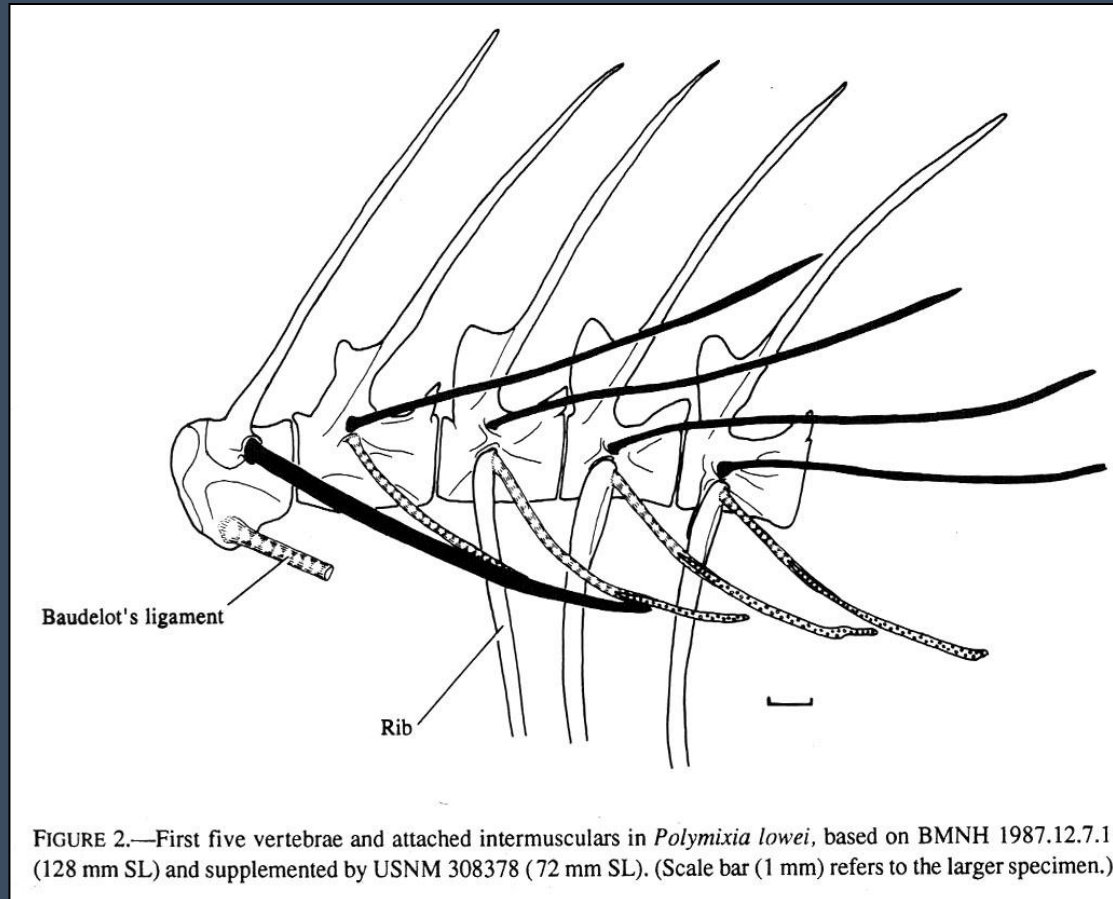


# Esplacnocráneo: Branquiespinas y mandíbulas faríngeas



**Sistema Intermuscular:** solo en Teleósteos.

Osificaciones segmentarias en los mioseptos y generalmente asociados con ligamentos.



Aletas dorsal y anal Teleostomi: 3 Pterigóforos.

Entre espinas neurales y hemales.

Pueden estar fusionados.

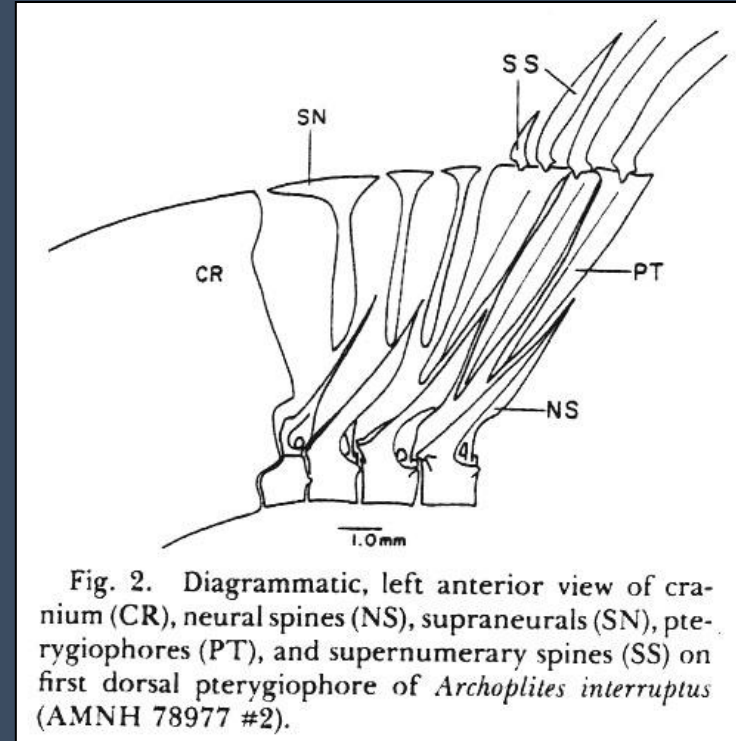
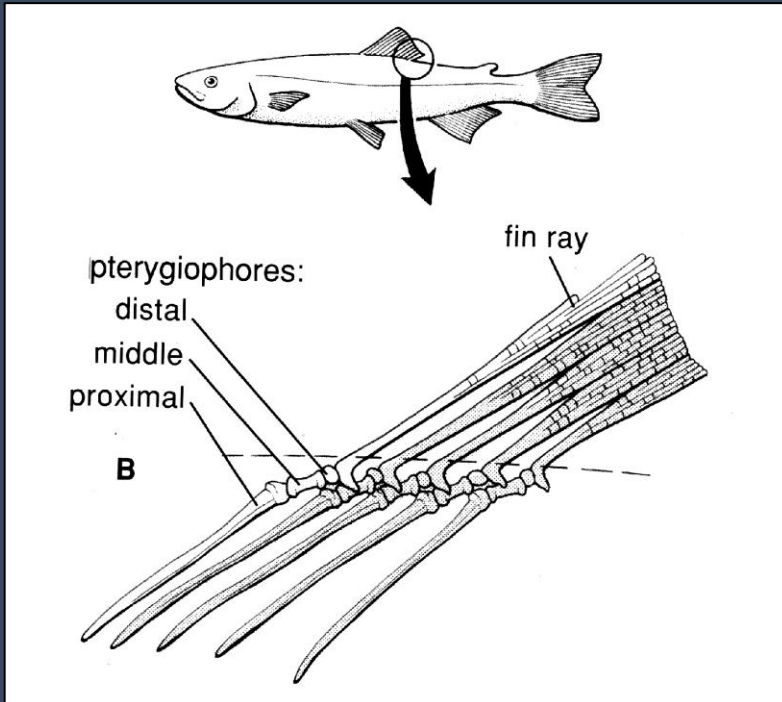


Fig. 2. Diagrammatic, left anterior view of cranium (CR), neural spines (NS), supraneurals (SN), pterygiophores (PT), and supernumerary spines (SS) on first dorsal pterygiophore of *Archoplites interruptus* (AMNH 78977 #2).

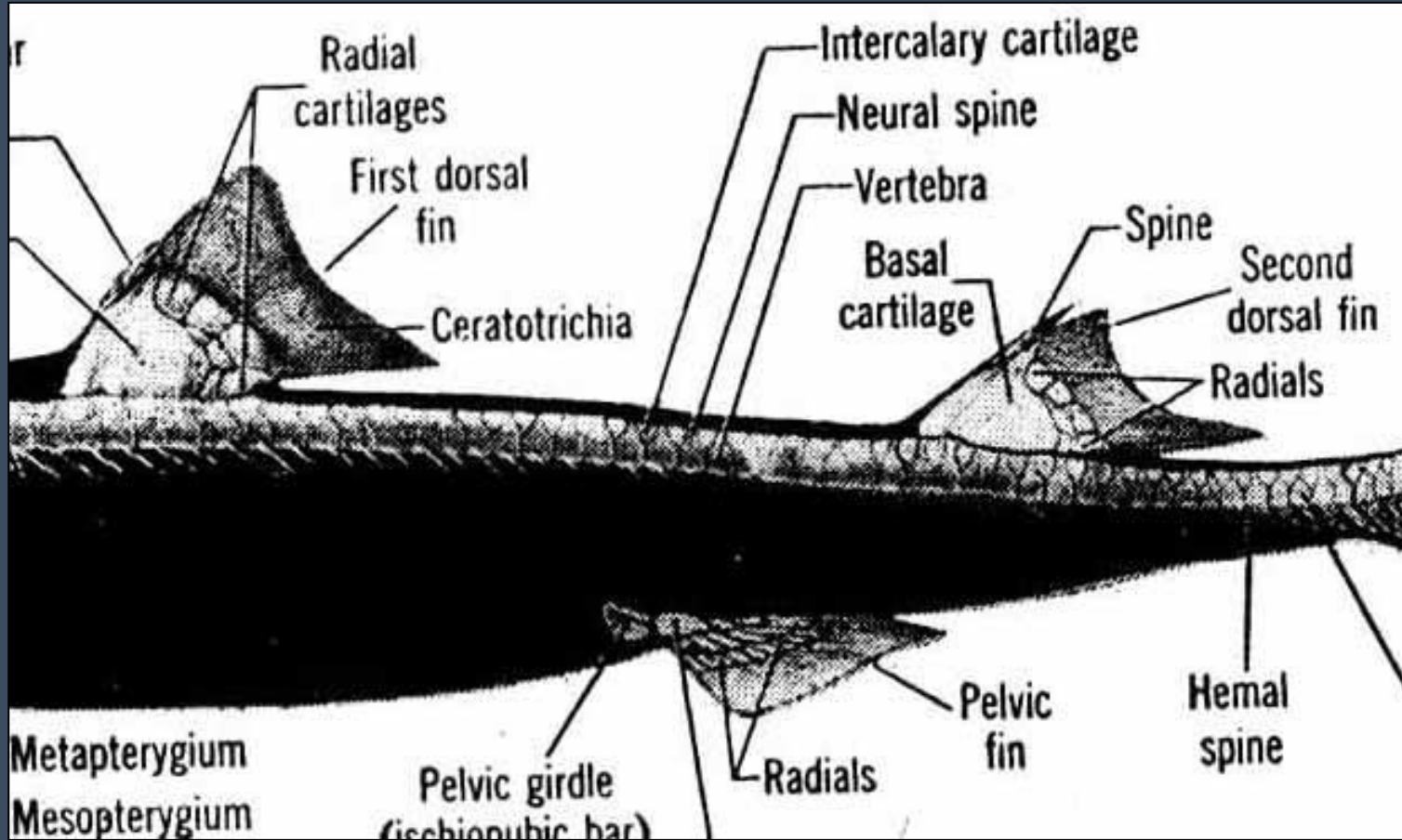
Supraneurales y predorsales (óseos o cartilagosos)



**Aletas dorsal y anal Condríctios:** 3 Pterigóforos.

Entre espinas neurales y hemales.

Pueden estar fusionados.



# Esqueleto apendicular Teleostomi

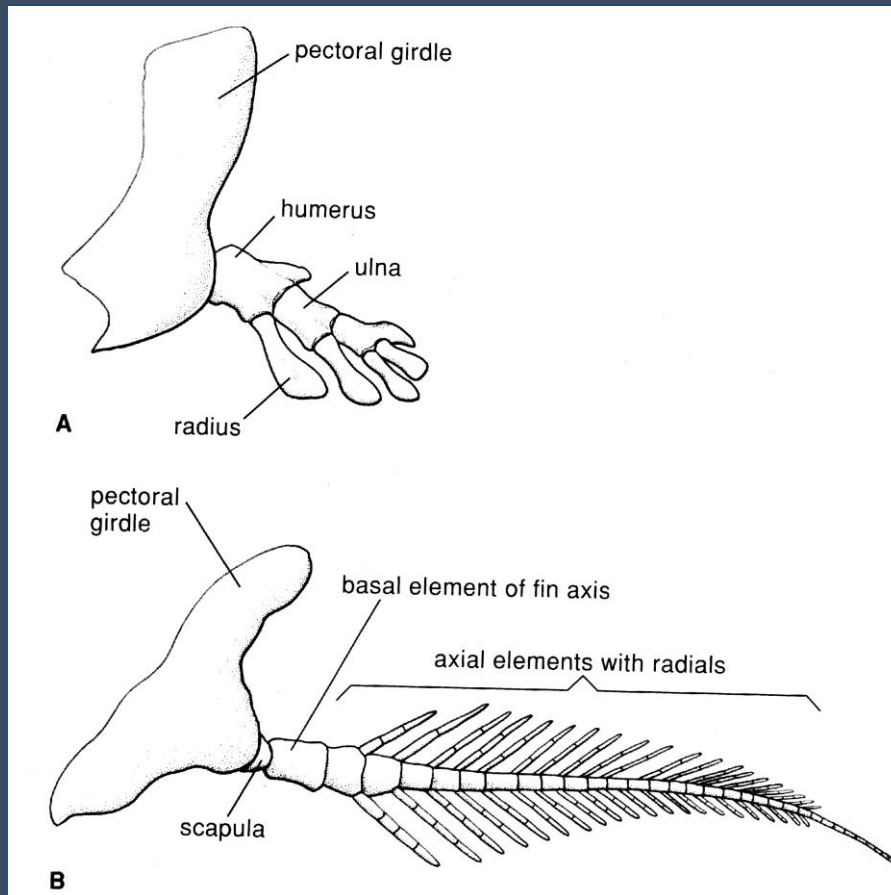
Pectoral

Endocondrales: escápula, coracoides y radiales

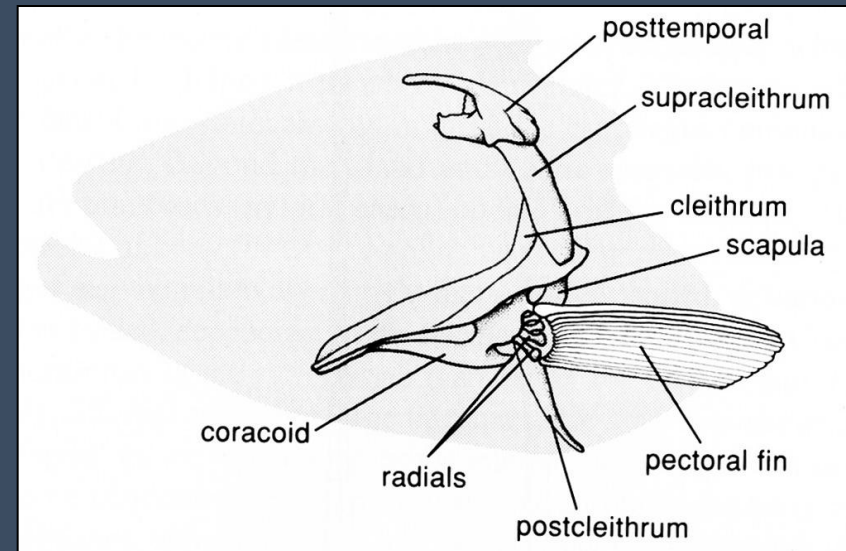
Dérmicos: cleitro, supracleitro y posttemporal (articula con cráneo)

+ radios (lepidotrichia).

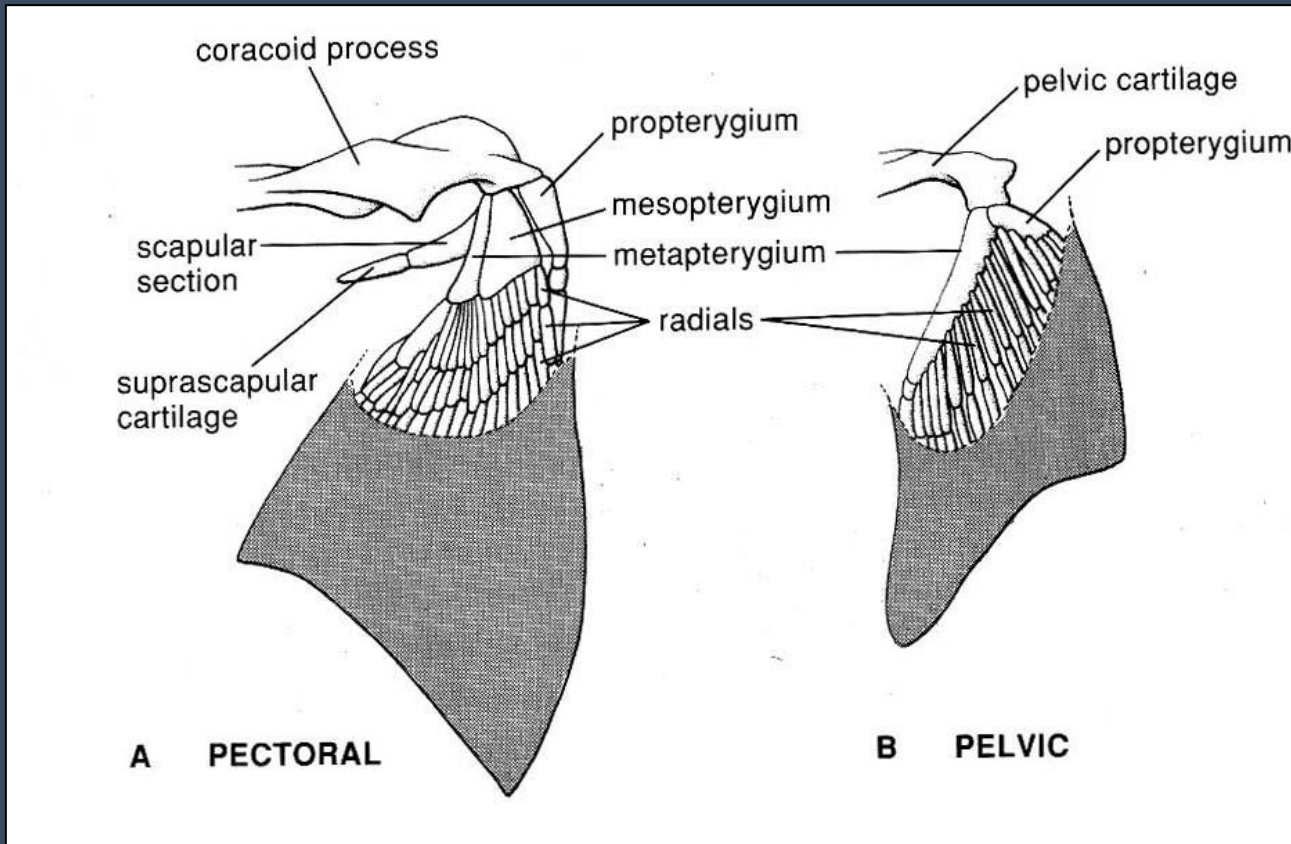
## Sarcopterygios



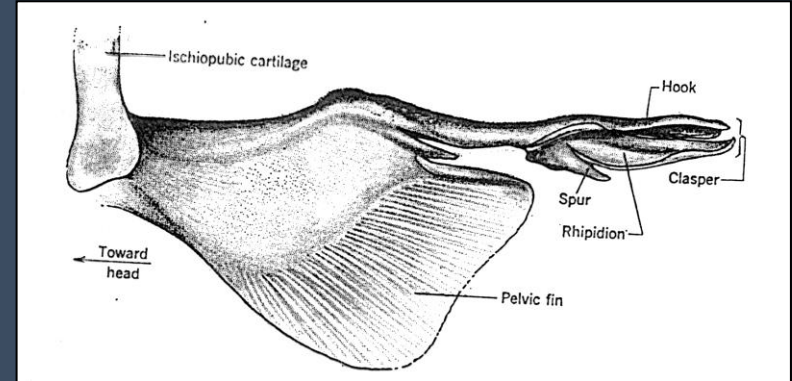
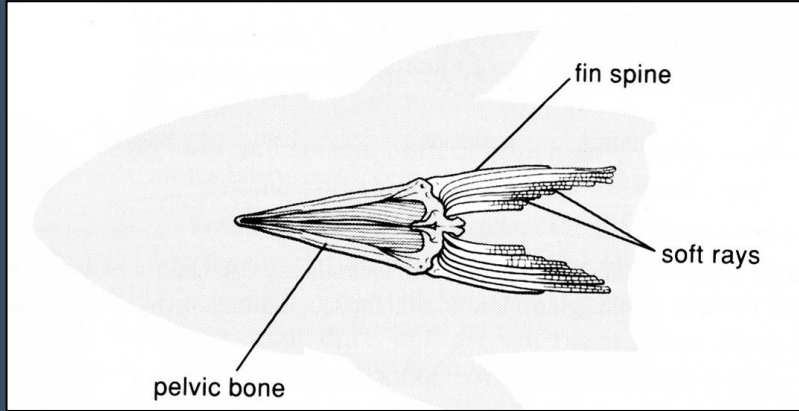
## Actinopterygios



# Esqueleto apendicular Teleostomi: Chondrichthyes

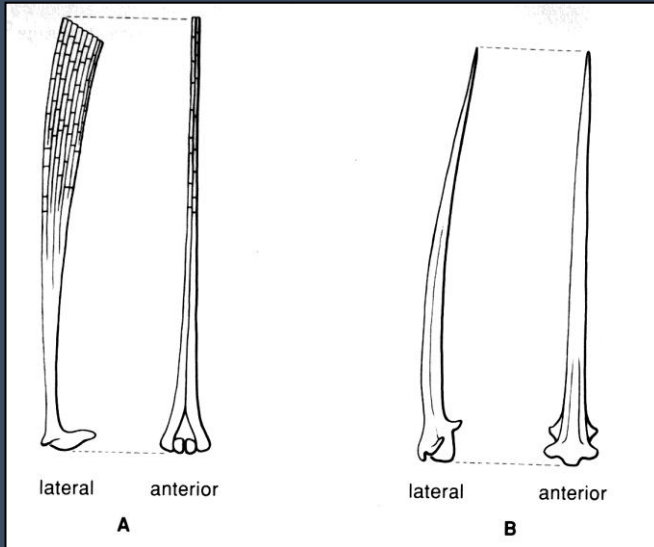


# Cintura pélvica



**Blando**

**Espinoso**



**Radios**





## Funciones de las aletas

Aleta caudal: impulsora

Aletas dorsal y anal: estabilizadoras, timón y en algunos grupos colaboran o son la principal fuente de movimiento.

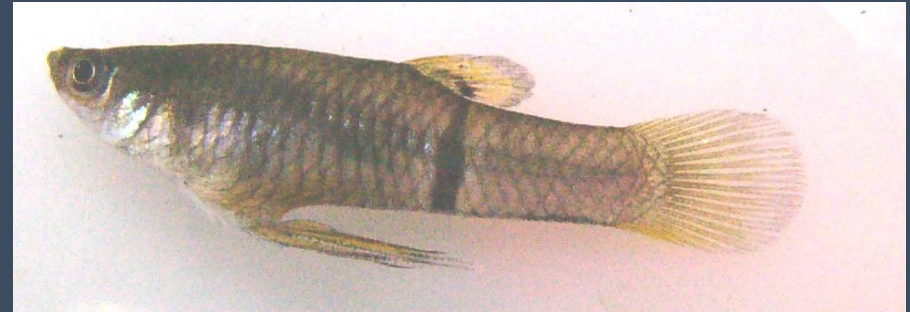
En algunos casos ciertas partes de las aletas dorsales (también las pectorales) son **portadoras de órganos sensoriales** táctiles o gustativos o se convierten en **señuelos** (Lophidae).



También utilizadas como defensa con agudos radios óseos, muchas veces relacionados con glándulas venenosas; en algunos Siluriformes generación de sonido.



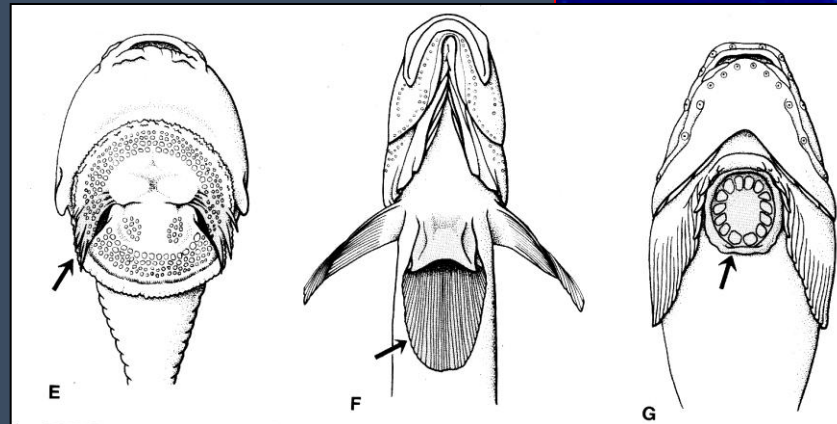
**Familia Echeneidae.** Radios espinosos de la aleta dorsal modificados en ventosa.



**Cyprinodontiformes (Poeciliidae).** Aleta anal macho órgano copuladore



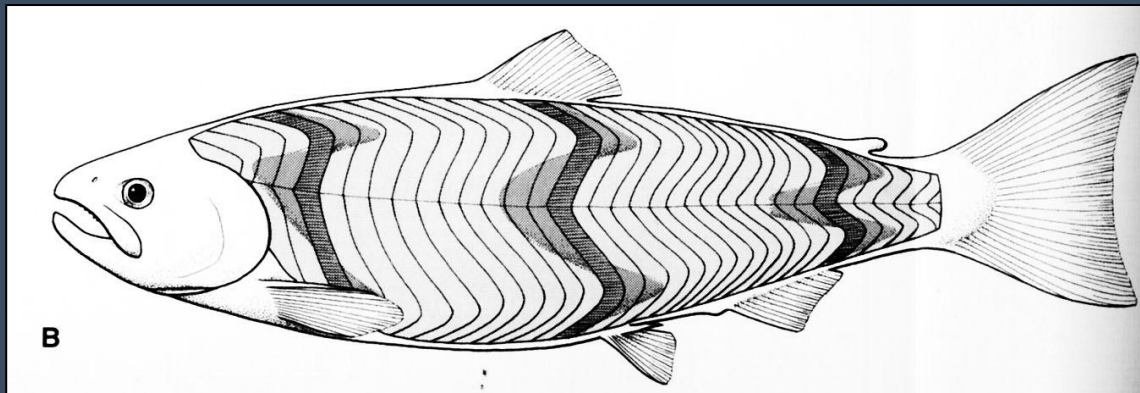
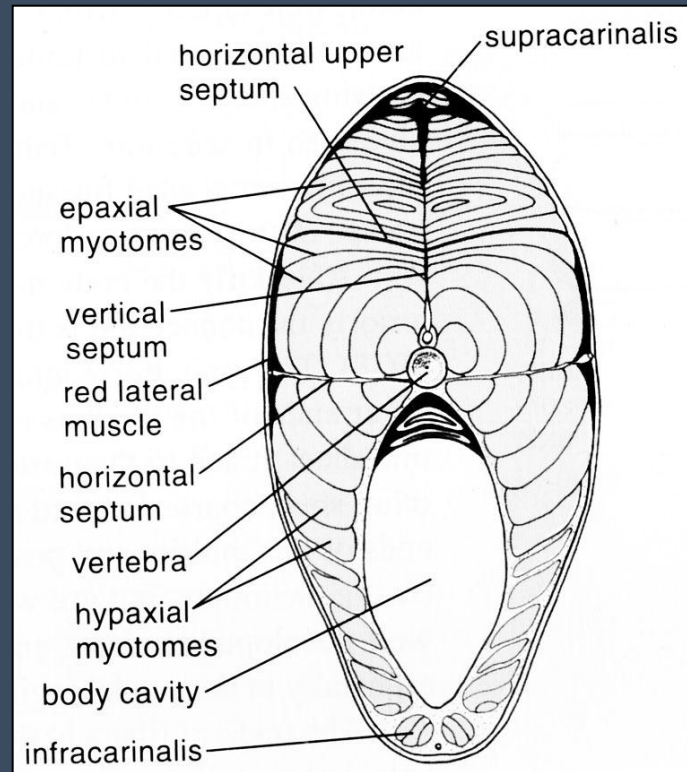
Aletas pares: órganos de dirección.  
Además funciones muy especializadas





# Sistema Muscular

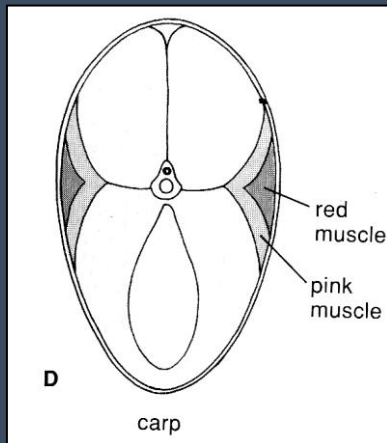
**Sistema Muscular:** Grandes músculos del cuerpo y la cola adheridas a septos de colágeno que a su vez están adheridos a la columna vertebral y la piel



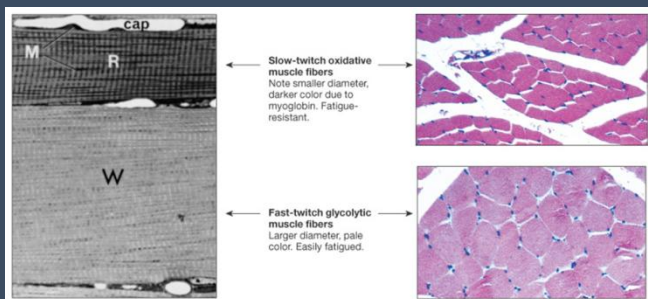
**Fibras blancas:** Movimientos rápidos y de corta duración; Glicolisis anaerobia, sin myoglobina , poca vascularización

**Fibras rojas:** Nado constante o sostenido, difícil de fatigarse por su gran provisión de oxígeno; abundante myoglobina altamente vascularizado. Oxidación de las grasas.

**Fibras rosadas;** intermedias

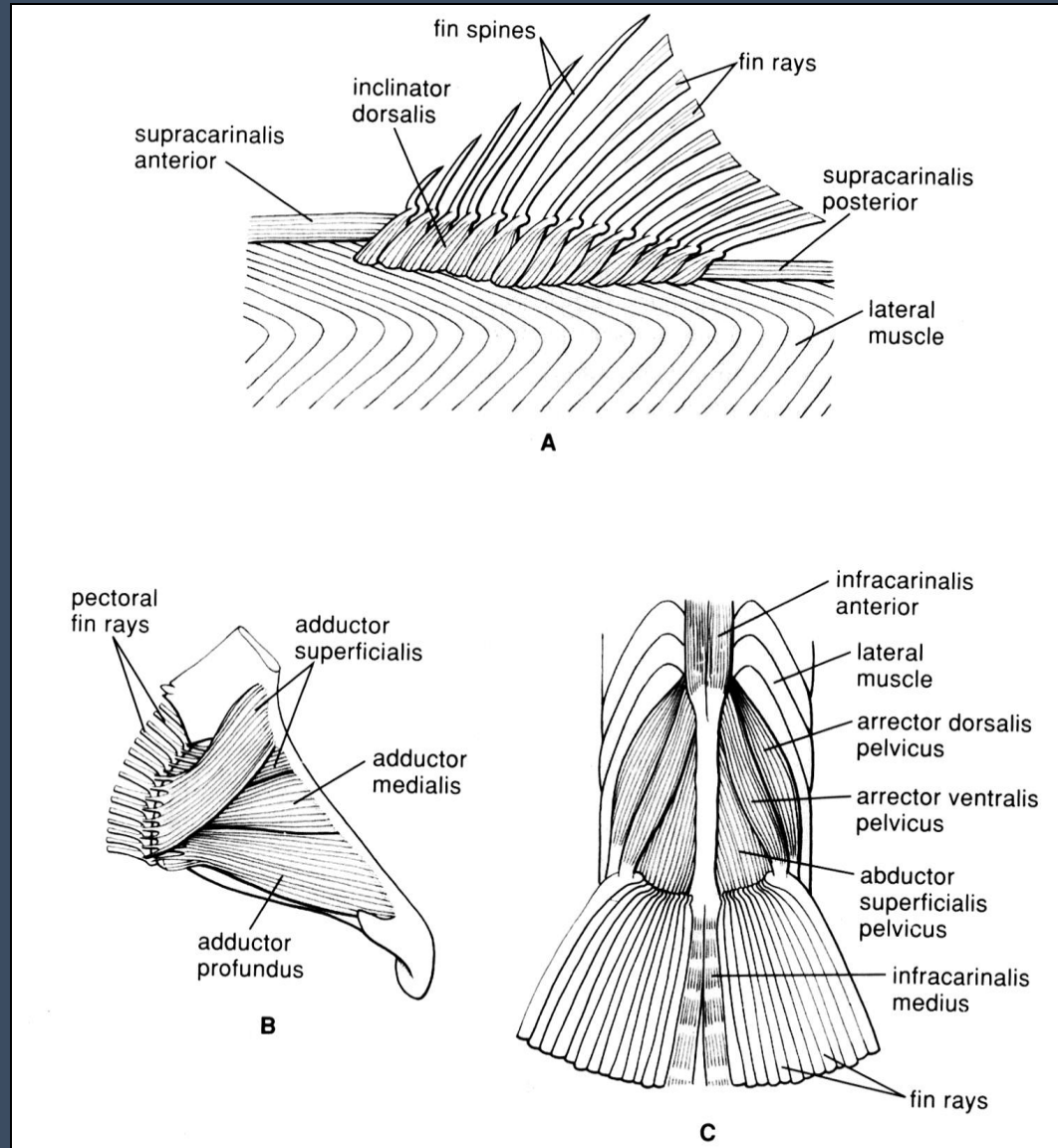
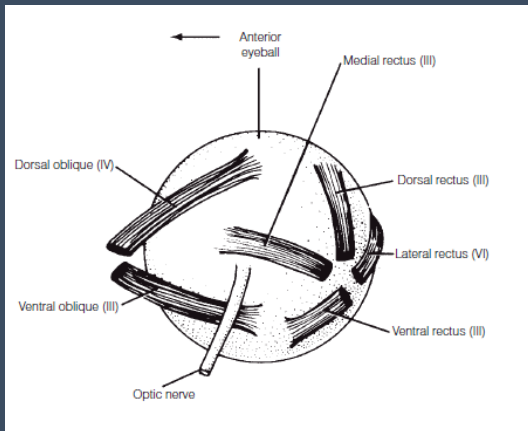
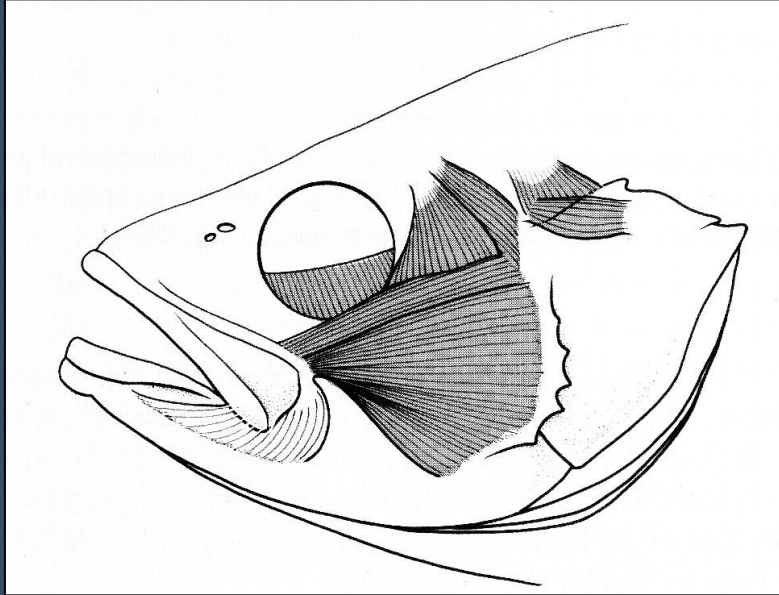


Los tiburones de la familia Lamnidae e Isuridae y los atunes de la tribu Thunnini son los que mayor desarrollo de fibras rojas tienen.



En estos peces existe un sistema de contra corriente de intercambio de calor entre las arteriolas y las vénulas de la arteria cutánea que asegura que la producción de calor de la contracción muscular no se pierda en las branquias.

# Músculos más pequeños asociados a las mandíbulas, los arcos branquiales y las aletas.





# Locomoción

# Locomoción

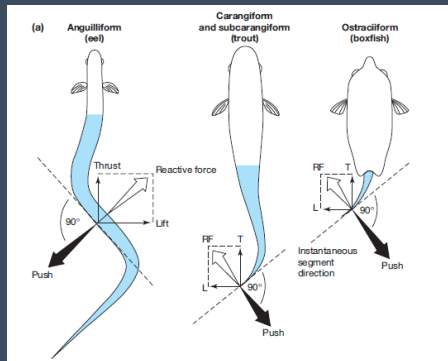
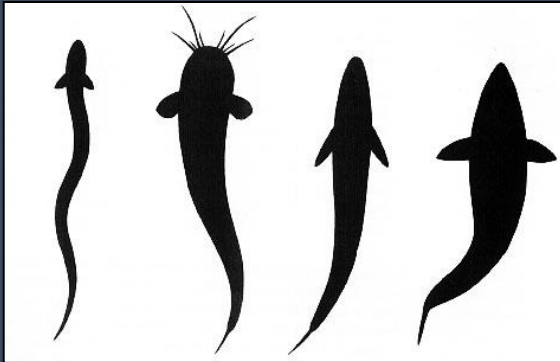
El agua es 800 veces más densa que el aire y 50 veces más viscosa. Por tanto, la locomoción en ella es energéticamente más costosa, problema que está exacerbado por la reducción de un 95% de la capacidad de carga del oxígeno del agua comparada con el aire.

El nado resulta de contracciones secuenciales de los músculos a lo largo de uno de los lados del cuerpo y una relajación simultánea del lado opuesto.

Como resultado una porción del cuerpo momentáneamente se tuerce y la torsión se propaga posteriormente.

Cuando se mueve el pez oscila de lado a lado. La mayoría del poder de nado proviene de los músculos de la región posterior del cuerpo.

Form, function, and locomotion in fishes. About 12 generalized types of swimming are recognized among fishes. The body part or fin providing propulsion is indicated by cross-hatching; the density of shading denotes relative contribution to propulsion. These locomotory patterns correlate strongly with body shape, habitat, feeding ecology, and social behavior. Convergence among unrelated fishes in terms of body morphology, swimming, and ecology demonstrates the evolutionary interplay of form and function. See Lindsey (1978), Beamish (1978), Webb and Blake (1985), and Pough et al. (2001) for details. Line drawings from Lindsey (1978); used with permission.

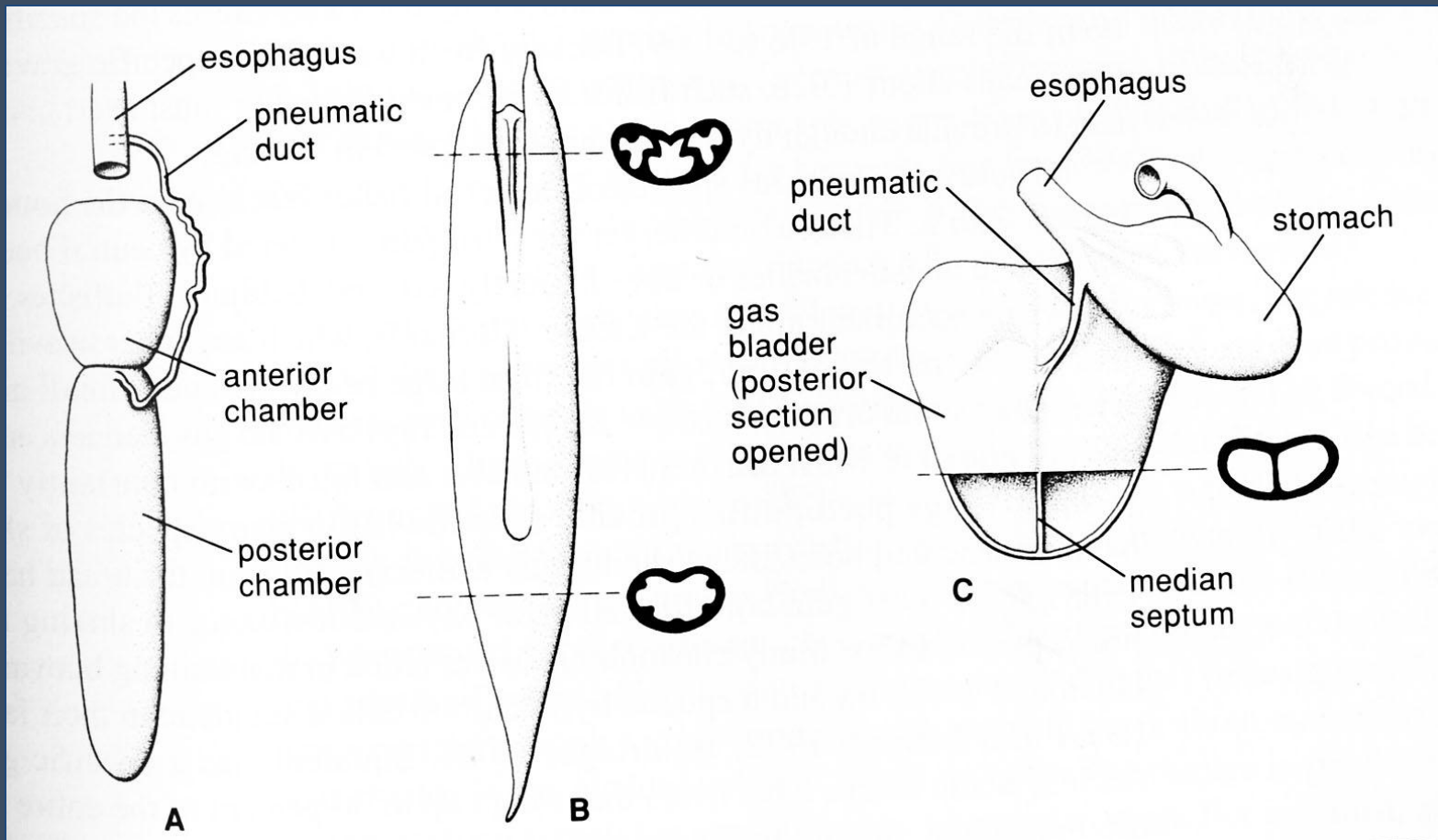


	Swimming type					
	Via trunk and tail			Via fins		
	Anguilliform	Via tail		Tetraodontiform Balistiform Diodontiform <sup>b</sup>	Via fins	
Subcarangiform <sup>a</sup> Carangiform Thunniform		Ostraciform	Rajiform <sup>a</sup> Amiiform Gymnotiform		Labriform <sup>a</sup>	
Representative taxa	Eels, some sharks, many larvae	Salmon, jacks, mako shark, tuna	Boxfish, mormyrs, torpedo ray	Triggerfish, ocean sunfish, porcupinefish	Rays, Bowfin, knife-fishes	Wrasses, surfperch
Propulsive force	Most of body	Posterior half of body	Caudal region	Median fin(s)	Pectorals, median fins	Pectoral fins
Propulsive form	Undulation	Undulation	Oscillation	Oscillation <sup>d</sup>	Undulation	Oscillation
Wavelength	0.5 to >1 wavelength	<1 (usually <0.5) wavelength			>>1 wavelength	
Maximum speed b/s	Slow-moderate 2	Very fast – moderate 10–20	Slow?	Slow?	Slow to moderate 0.5	Slow 4
Body shape: lateral view cross-section	Elongate Round	Fusiform Round	Variable	Variable Often deep	Elongate Often flat	Variable
Caudal fin aspect ratio	Small Medium to low	Medium to large Low to high	Large Low	Small to medium Low	Variable Low	Large Low
Habitat	Benthic or suprabenthic	Pelagic, wc, schooling	Variable	wc	Suprabenthic	structure associated

## La generación de la sustentación

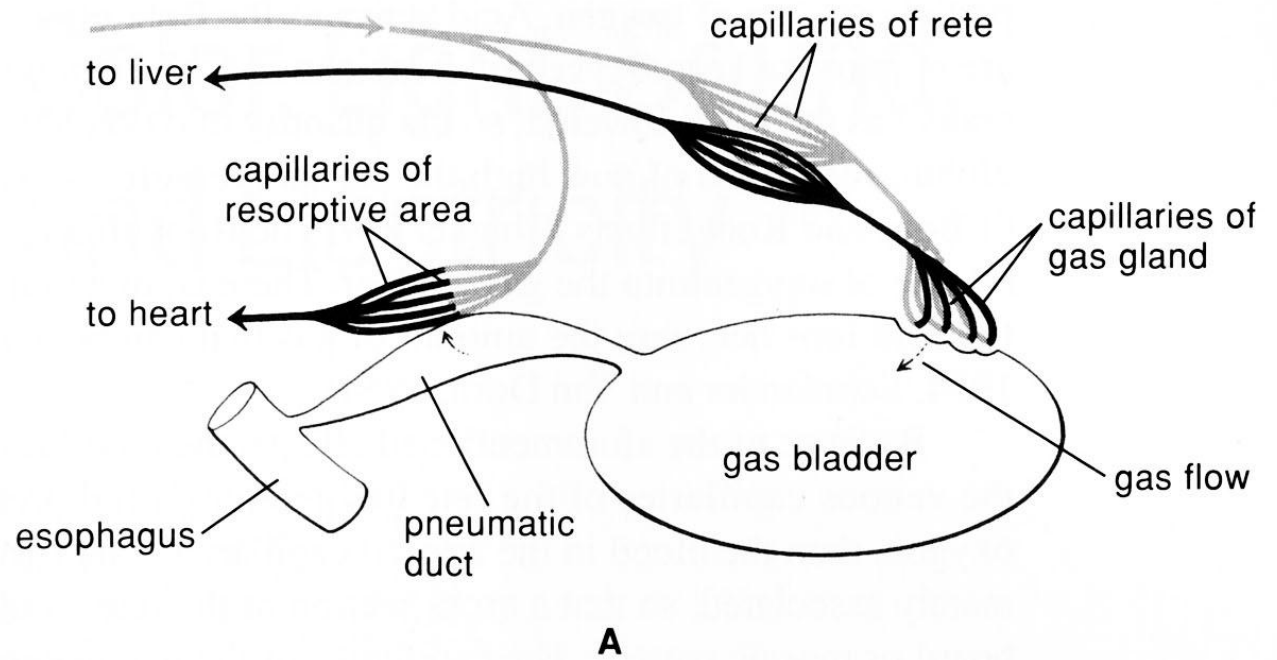
Nado constante: atunes, peces espada, marlines, muchos condricios

Flotación: vejiga natatoria (Teleósteos)  
ser un grasa (Condríctios)

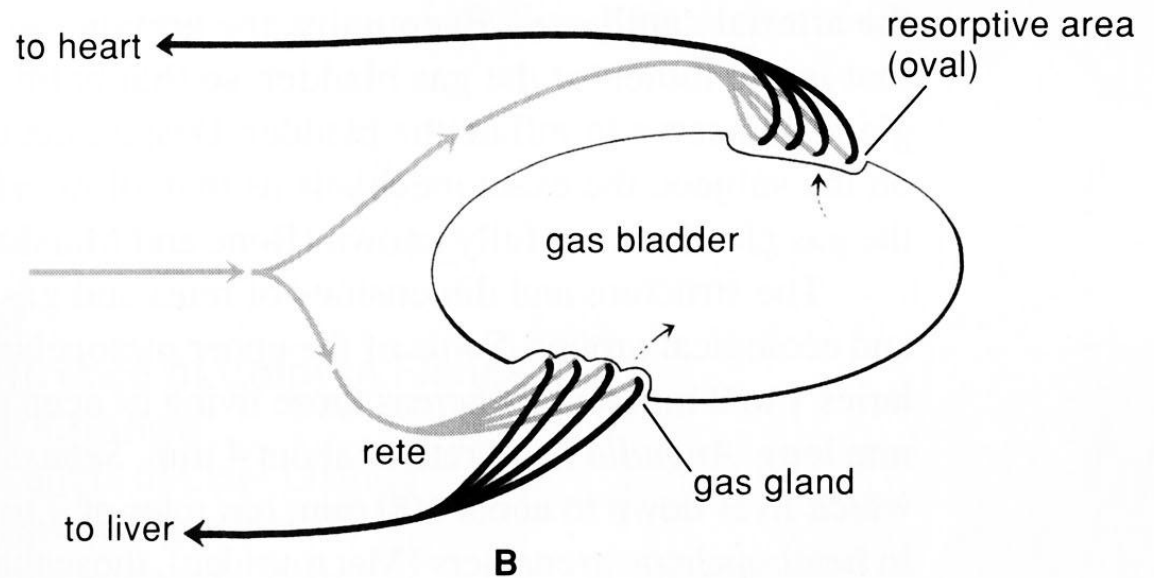




## Fisóstomos



## Fisoclistos



## Minimización de la resistencia

Resistencia Viscosa (cuerpo-agua).

Resistencia Inérgica (diferencias de presión creadas por el desplazamiento de agua creado por el pez).

RV relativamente constante.

RI baja a baja velocidad, aumenta al aumentar la misma.

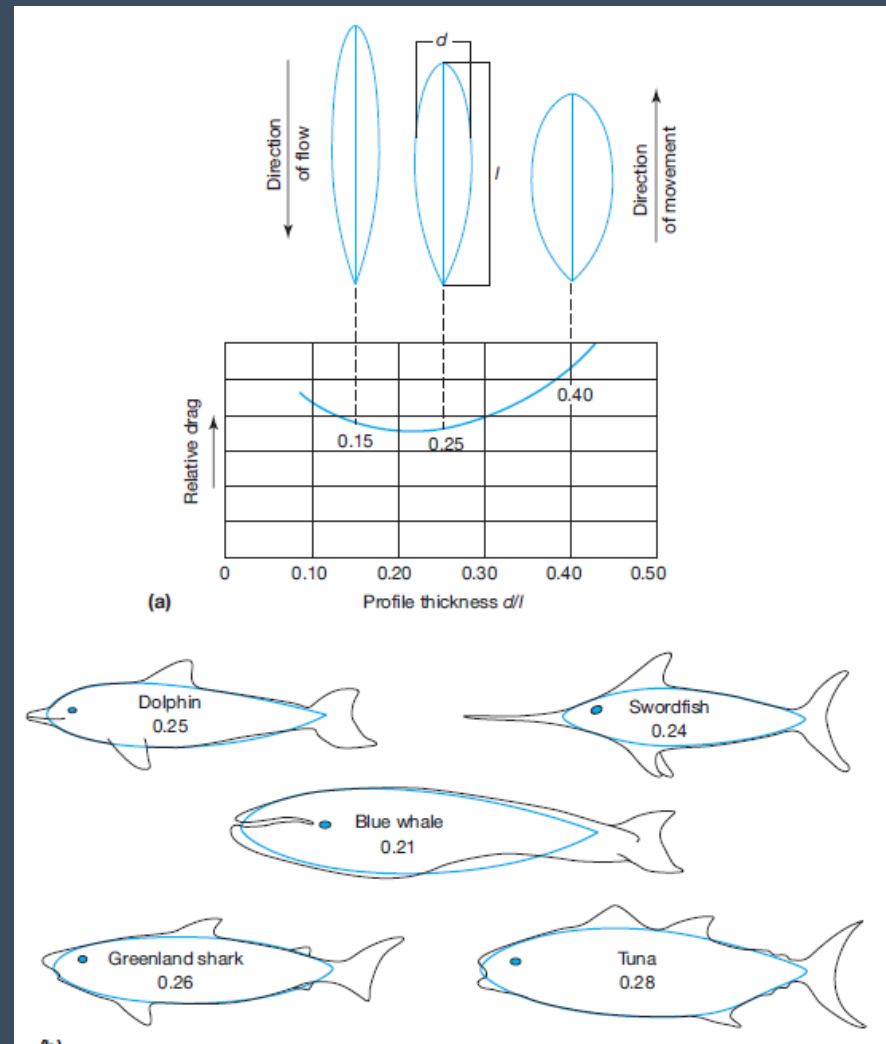
RV es afectada por la suavidad de la superficie.

RI por la forma del cuerpo.

Formas lacrimosas producen RI mínima cuando ancho máximo es cerca de 1/4 del largo y el mismo está situado en el primer tercio del pez.

Un cuerpo fino tiene RV alta porque tienen mayor superficie en comparación con la masa muscular

Un cuerpo grueso induce alta RI ya que desplaza un gran volumen de agua a medida que avanza.



El moco contribuye a la reducción de la RV.

En los peces que nadan en cardumen, ciertas formas aumentan la eficiencia del nado.

Escamas ctenoides, reducirían la resistencia.

Generalmente los peces rápidos tienen escamas pequeñas o ausentes, con contornos de cuerpo suaves y poca resistencia.