

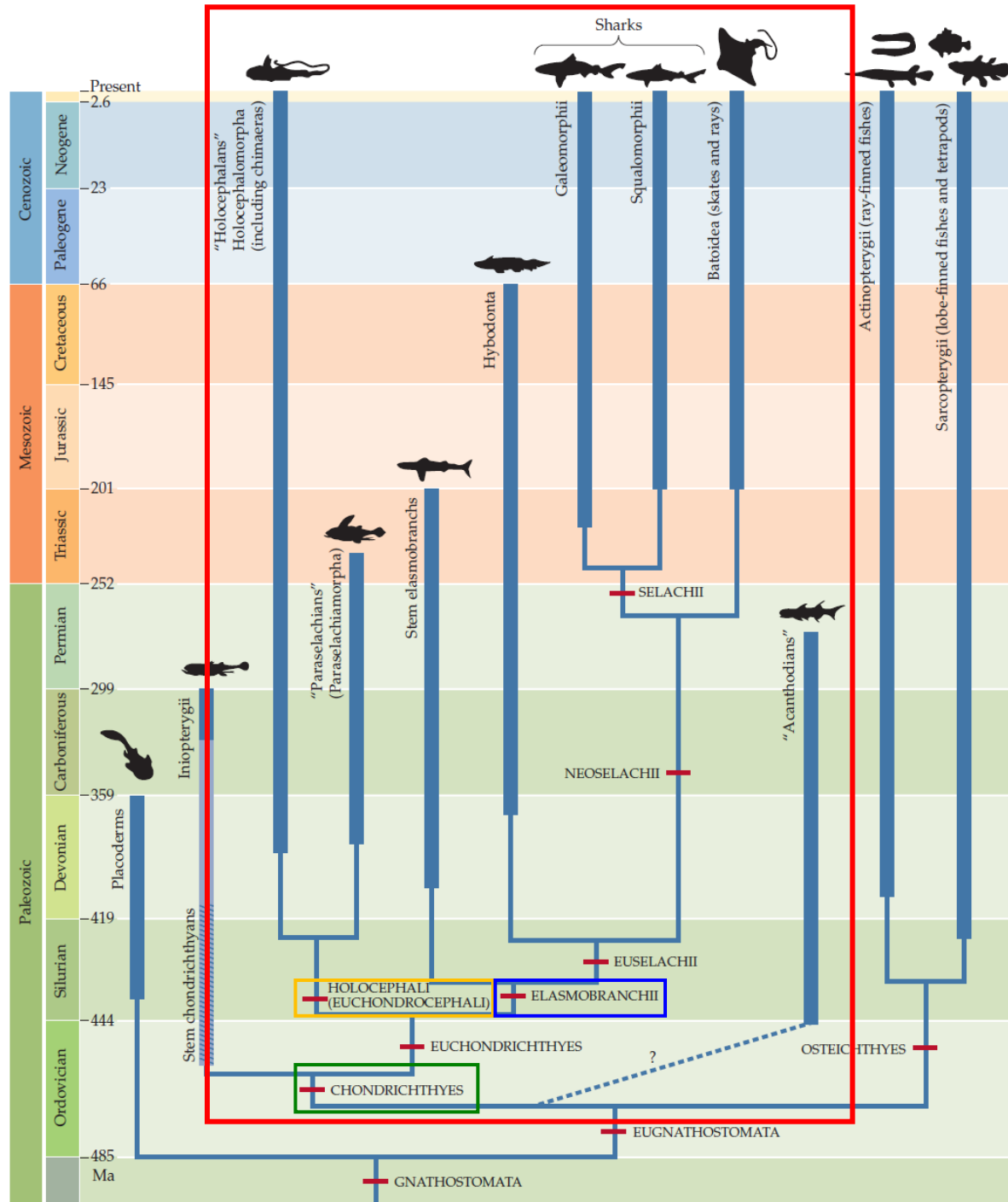
Clase Chondrichthyes

Peces cartilagosos



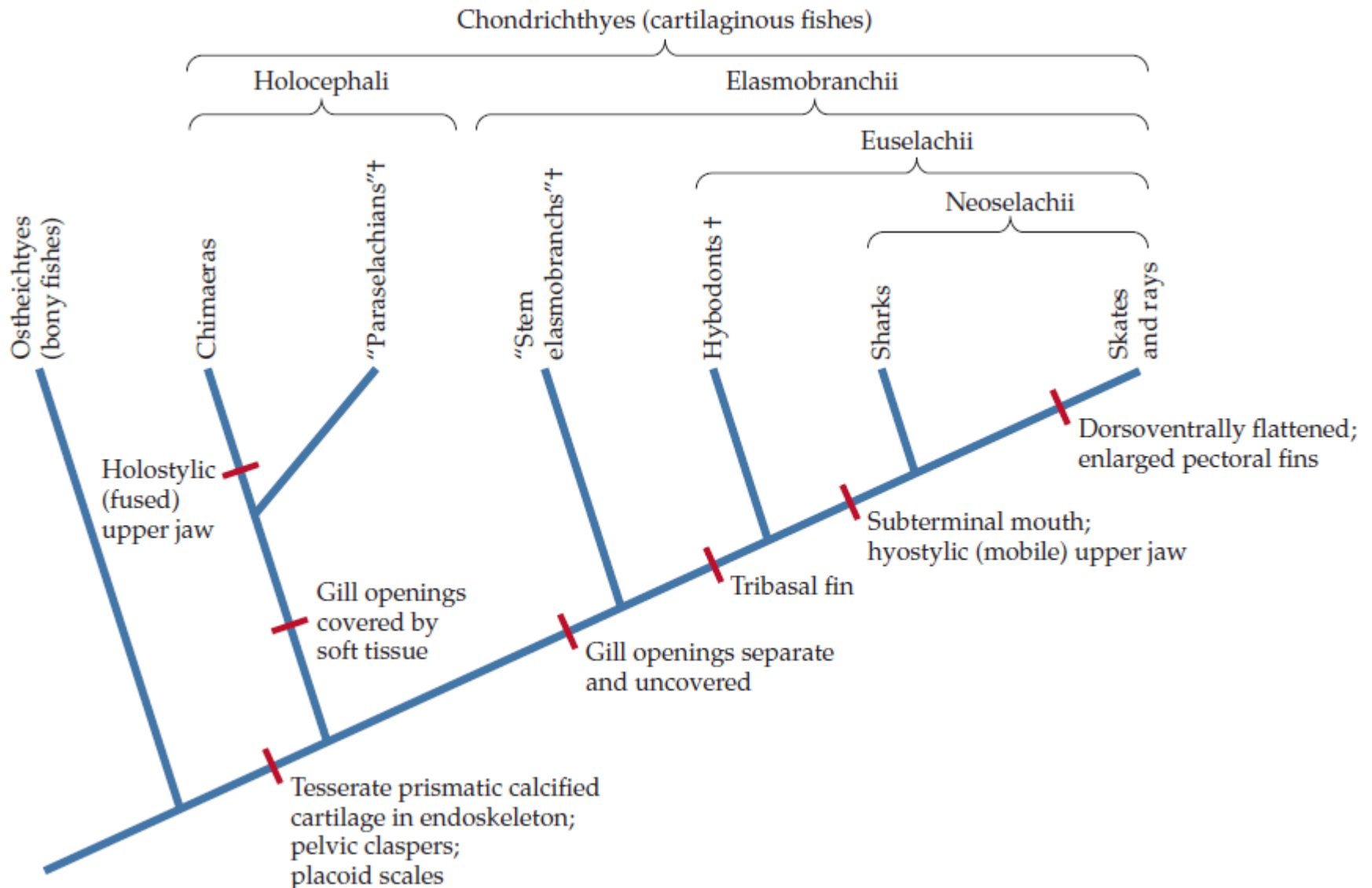
TEMA 5.4

Relaciones filogenéticas



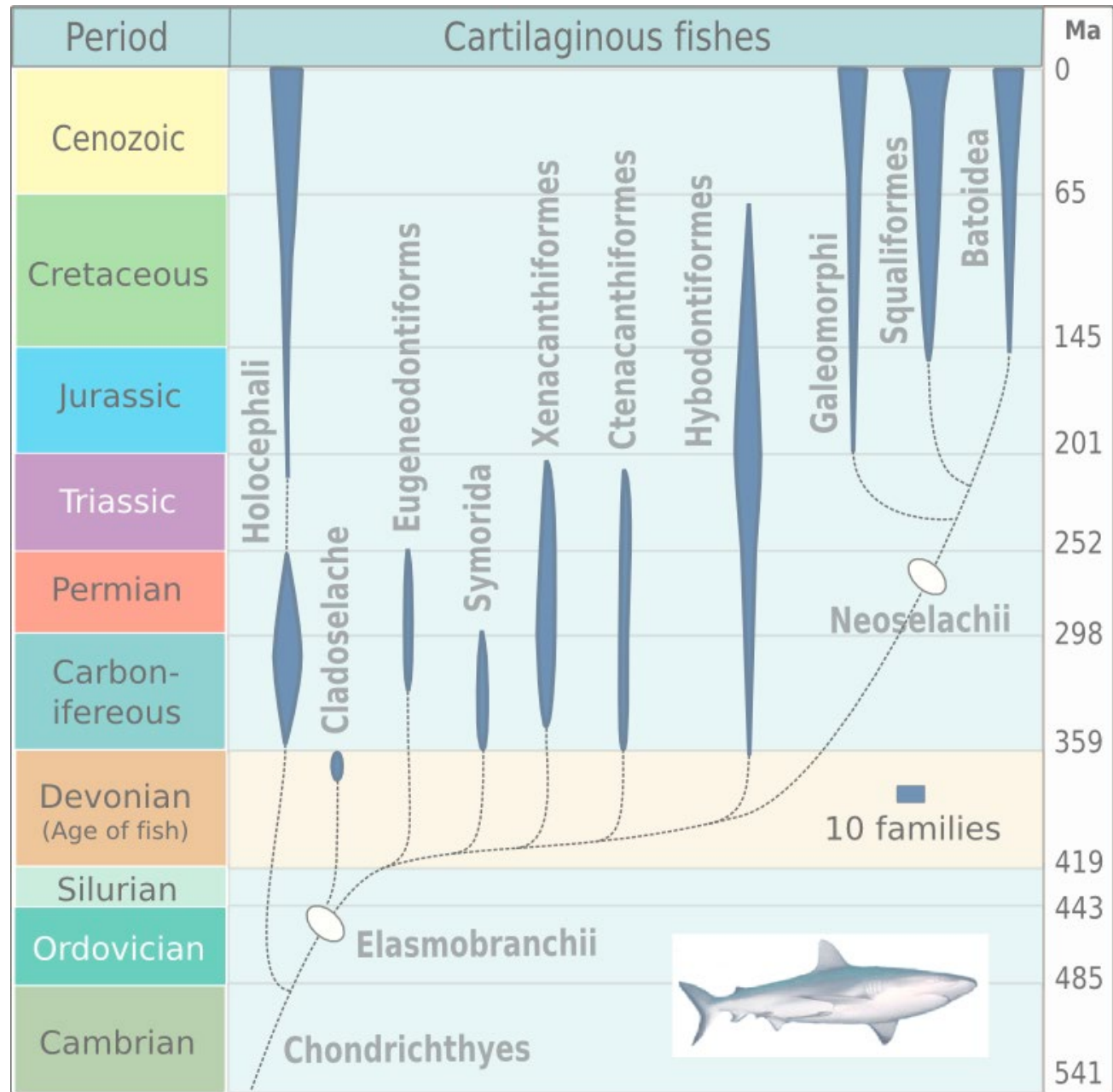
Pough, F.H. & Janis, C.M. 2019. Vertebrate life. Tenth edition. Oxford University Press, New Jersey. 552 pp.

Sinapomorfías de grupos de condriktios actuales



Mezcla de caracteres ancestrales y derivados

- Pérdida del hueso
 - ✓ Reducción del peso corporal y aumento de maniobrabilidad
- Órganos y fisiología muy avanzada actualmente (en comparación con otros vertebrados)



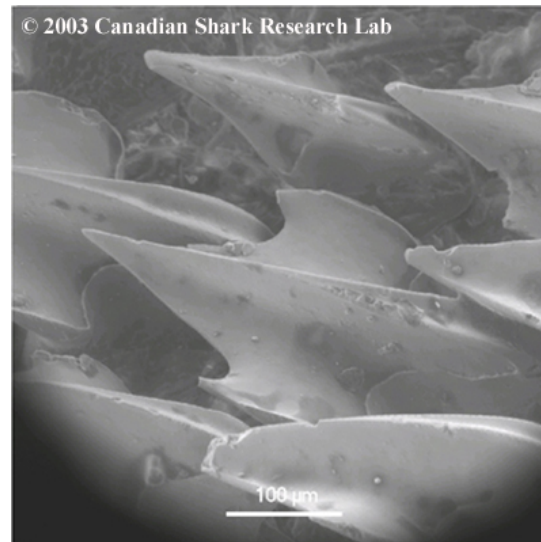
Qué son Chondrichthyes?

- Grupos morfológicamente muy diferentes (algunos sistemáticos los consideran grupos independientes)
 - ✓ Las características anatómicas que presentan cada uno son similares entre ellos
 - Estructura similar de las aletas
 - Escamas placoideas
 - Esqueleto cartilaginoso
 - Presencia de órganos copuladores (*claspers*) en machos

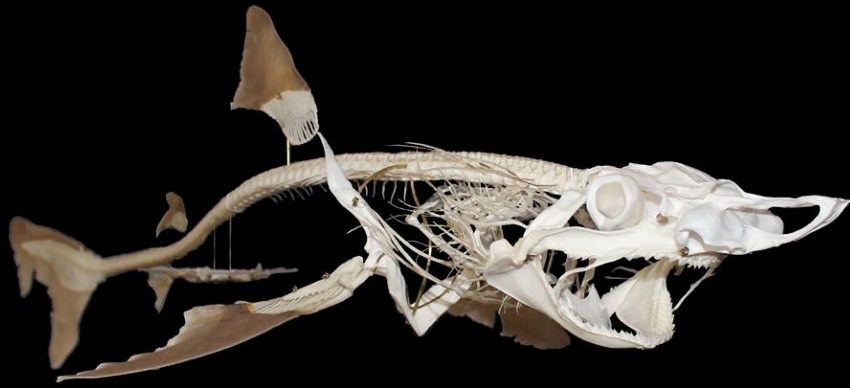
Escamas placoideas

- Forma aguda o cónica
- Sin líneas de crecimiento
- Origen subdermal y luego emergen

Escama placoidea



Escama cicloidea
(osteíctio)



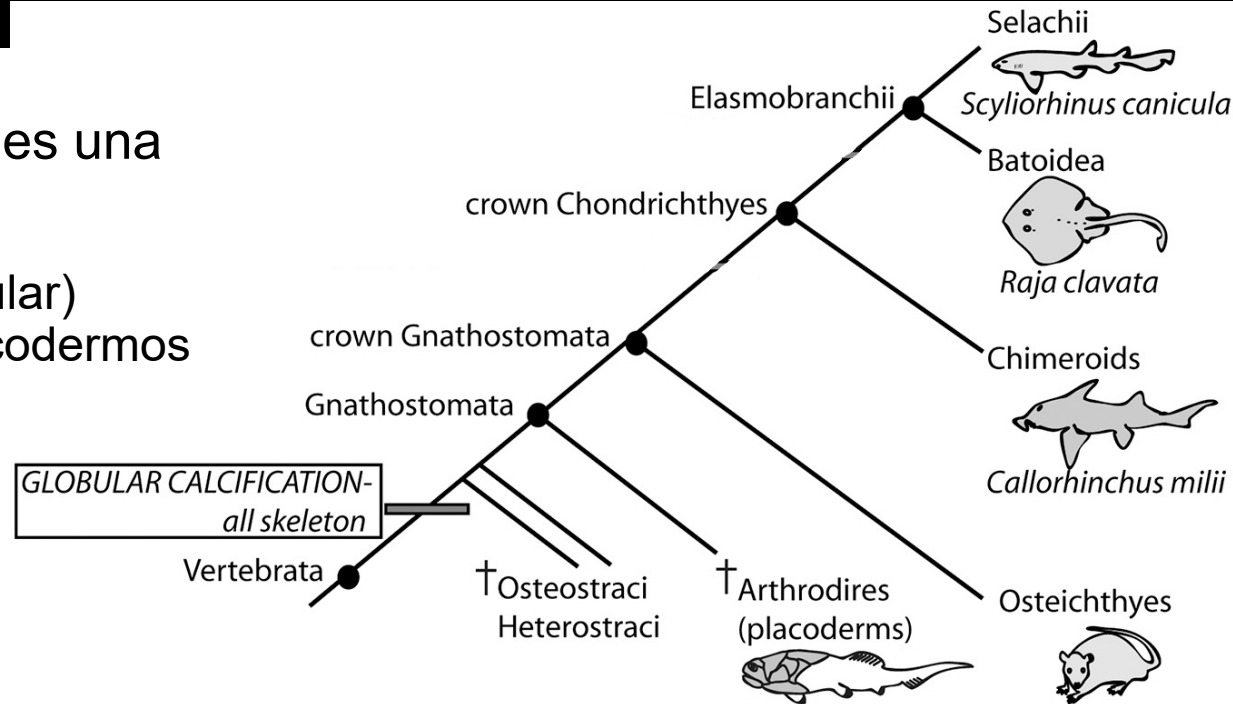
Condrictios

peces con esqueleto predominantemente cartilagenoso

Condición cartilaginosa es una **condición derivada**

- **Exoesqueleto óseo** (globular) presente en agnatos ostracodermos

- ✓ **Perdida secundaria de hueso dérmico** (ancestral a vertebrados gnatostomados)

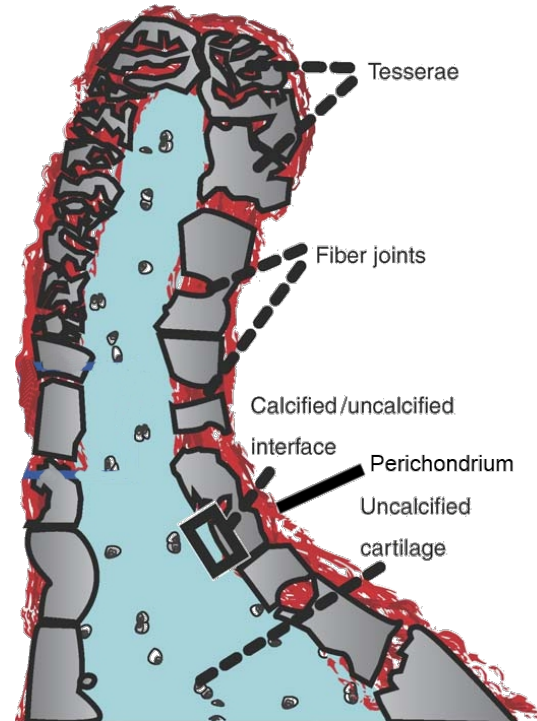
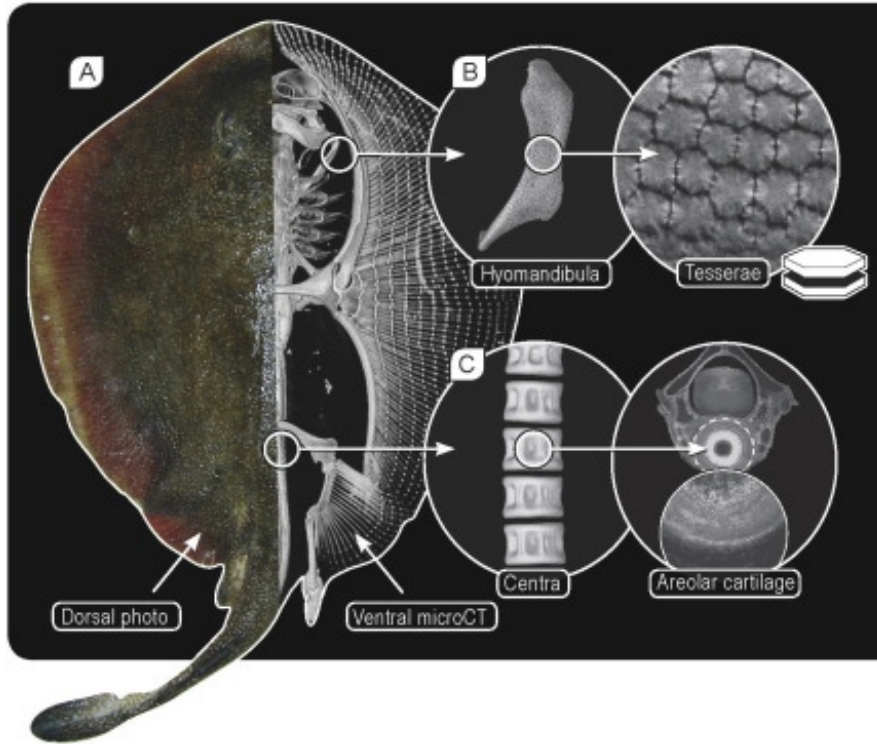
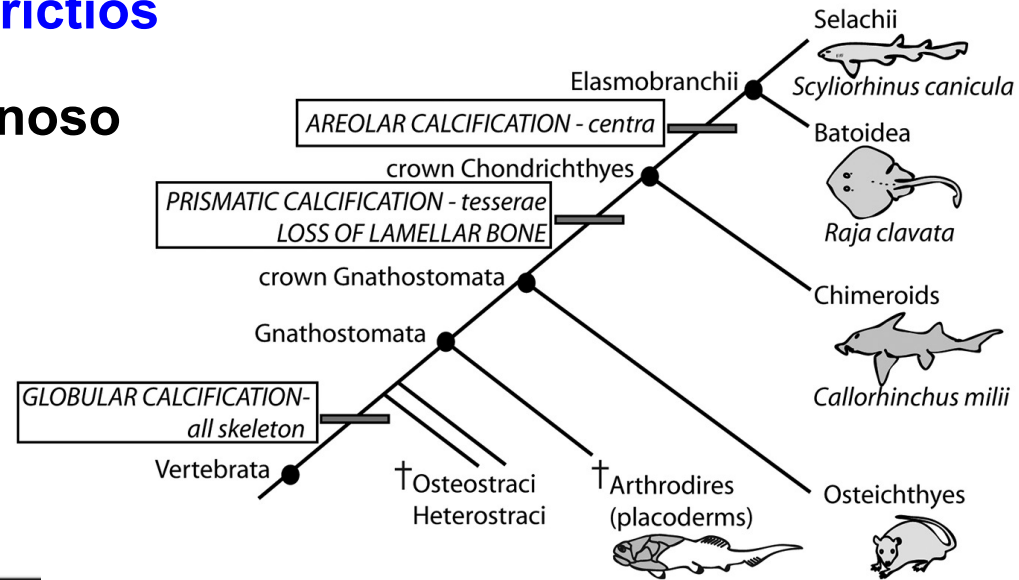


- Trazas de hueso en escamas placoideas y dientes (impregnados con calcio)
 - ✓ Evidencia fósil (Pérmico) en mandíbula inferior
 - ✓ Evidencia actual en algunas vertebras

Estructura del esqueleto en condriictos

Dos tipos de esqueleto cartilaginoso

1. Esqueleto **prismático** o esqueleto en azulejos mineralizados (*tesserae*) – **sinapomorfía de condriictos**
2. Esqueleto **areolar** en esqueleto axial– sinapomorfía de Neoselachii (tiburones y rayas)



Microfotografía electrónica de esqueleto prismático de la mandíbula inferior de la raya *Urobatis halleri*

Especializaciones evolutivas

Buen registro fósil, pero filogenia no clara

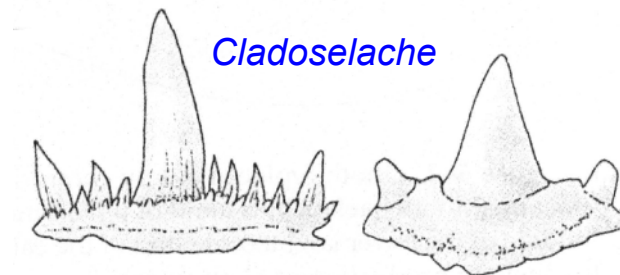
- Desde el principio de su historia
 - ✓ Alta diversidad en forma y ecología
 - ✓ Final del Devónico = mayoría dulceacuícolas
 - Actualmente: GRUPO MARINO
- **Radiación de los condríctios** (basada en mosaicos de caracteres ancestrales y derivados)
 - ✓ Cambios en los dientes y en las aletas
 - ❖ Cambios a diferentes tasas en los distintos linajes
 - Linajes con dentición derivada, pero aletas con condiciones ancestrales
 - Linajes con dentición ancestral y aletas en condición derivada

Triple radiación de los tiburones

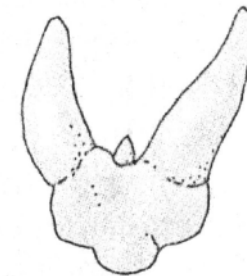
- Paleozoico
- Mesozoico temprano (grupos antiguos y actuales)
 - ✓ Enfoque en forma y estructura de aletas y mandíbulas

Radiación de tiburones en el Paleozoico

- Dientes tricúspidos (con **enameloides**), con poco desarrollo de la raíz (con hueso alrededor de la base)
 - ✓ Cúspide central mas alta en *Cladoselache*
 - ✓ Cúspide central baja en *Xenacanthus*



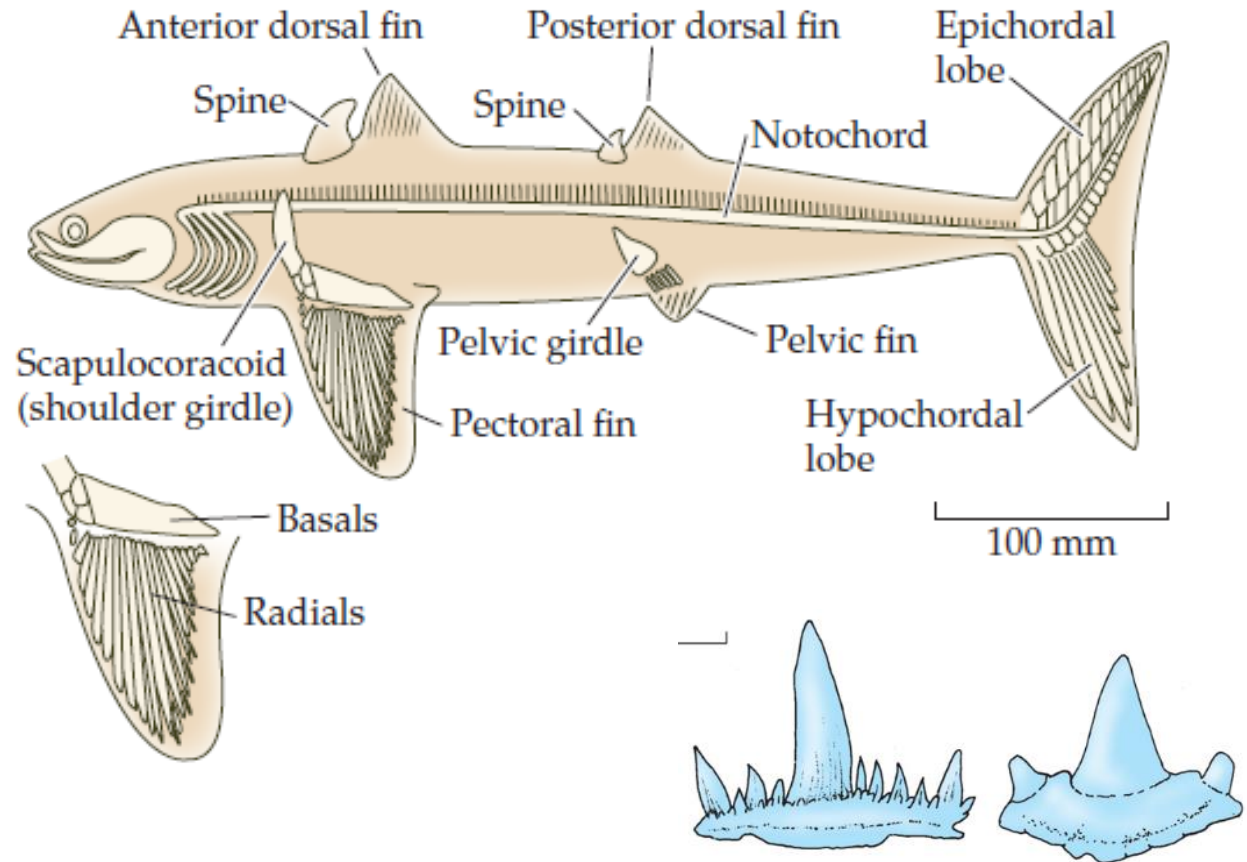
Cladoselache



Xenacanthus

Cladoselache

(A) *Cladoselache*

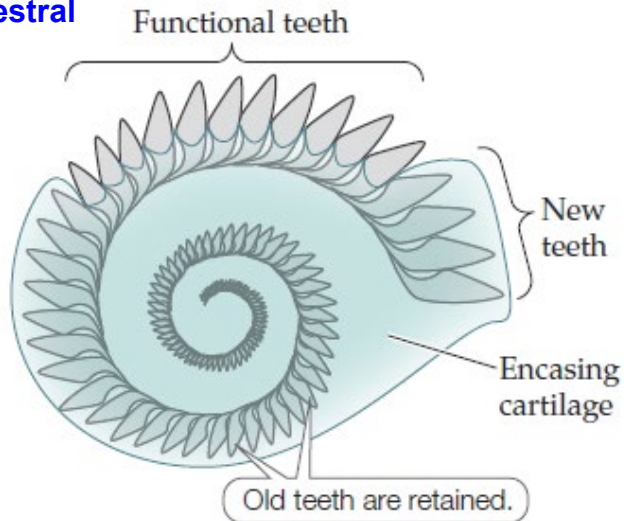


- 2 m de longitud
- Aletas y boca grandes
- 5 aberturas branquiales a cada lado de la cabeza
- Boca terminal (región frontal)
- Mandíbula anfistílico (condición ancestral)
 - ✓ Mandíbula unida al cráneo por ligamentos (no fusionada)

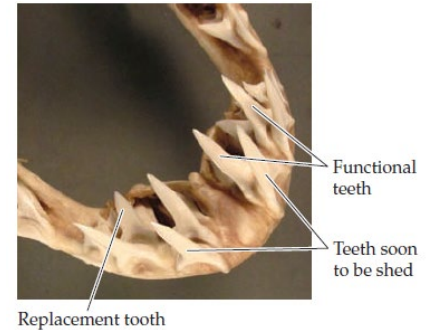
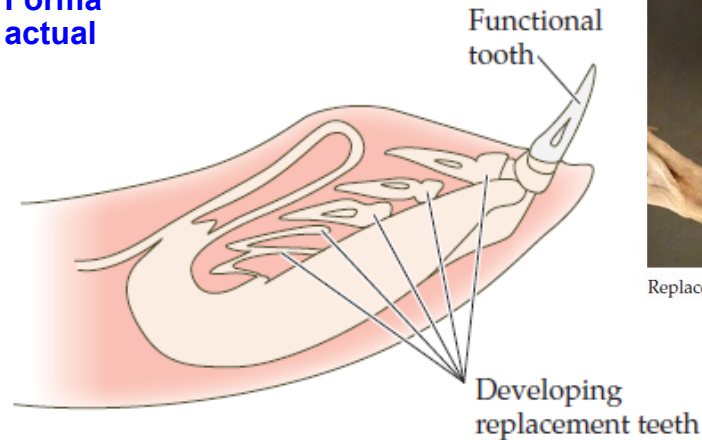
- Desde el principio: dientes en cinta con reemplazo serial

- ✓ Enfoque en forma y estructura de aletas y mandíbulas

Forma ancestral



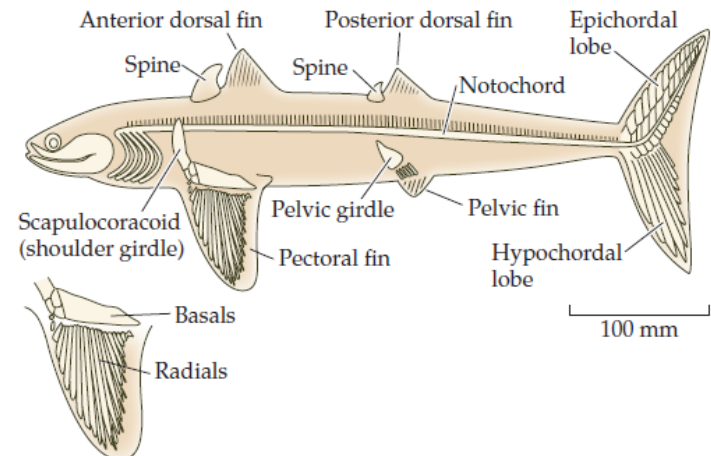
Forma actual



- Aletas no maniobrables

- ✓ No modifican su ángulo respecto al cuerpo
- ✓ Presencia de claspers (fertilización interna)
- ✓ Aleta caudal simétrica

(A) *Cladoselache*

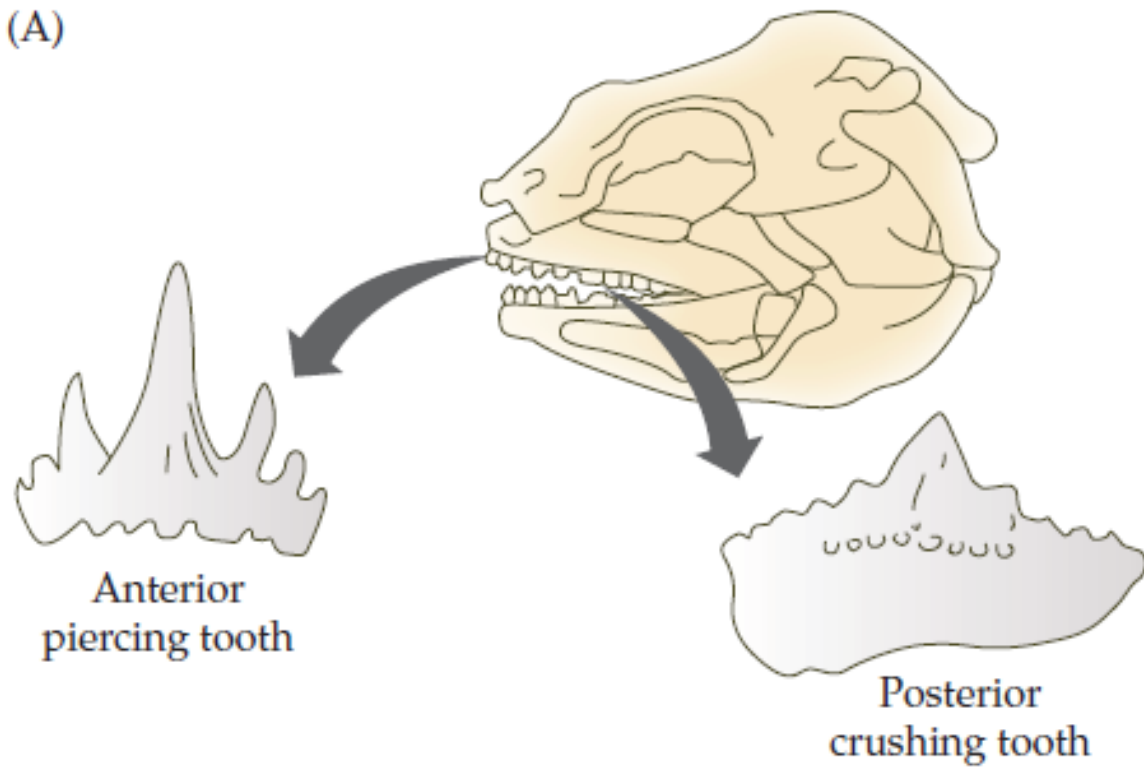


Radiación de tiburones en el Mesozoico

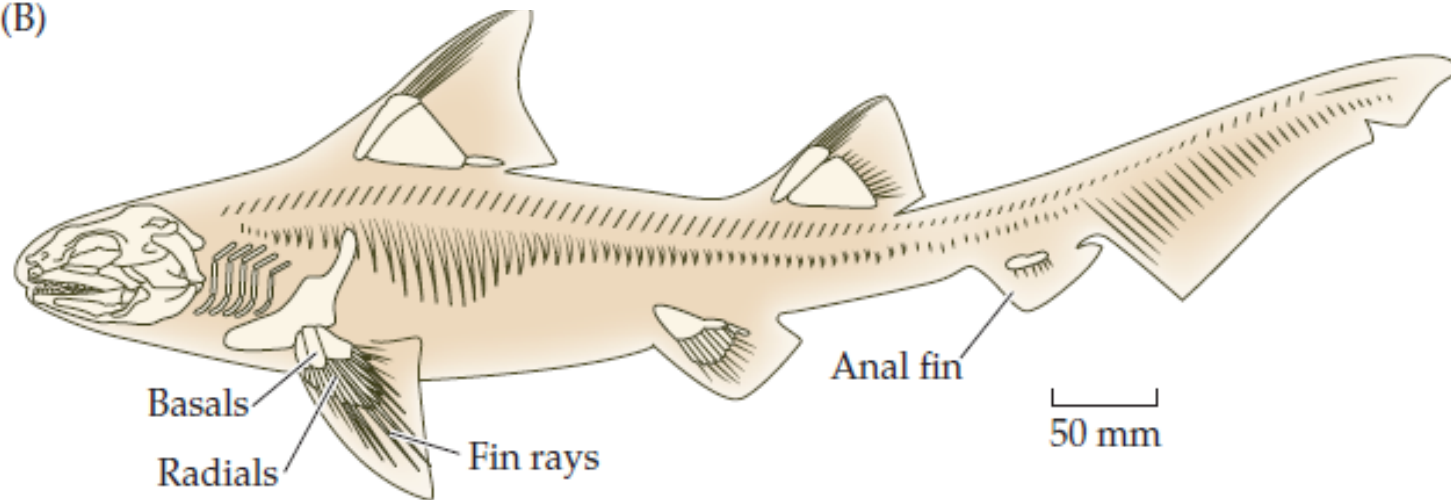
- Cambios en la forma de alimentación y de locomoción
 - ✓ Dientes de forma diferente a los paleozoicos
 - ✓ Dentición heterodonta
 - Dientes anteriores con cúspides filudas (cortar y sostener)
 - Dientes posteriores mas robustos y no filudos (triturar)
 - ✓ Aletas pectorales y pélvicas mas maniobrables
 - ✓ Aleta caudal heterocerca
 - ✓ Claspers

Hybodus

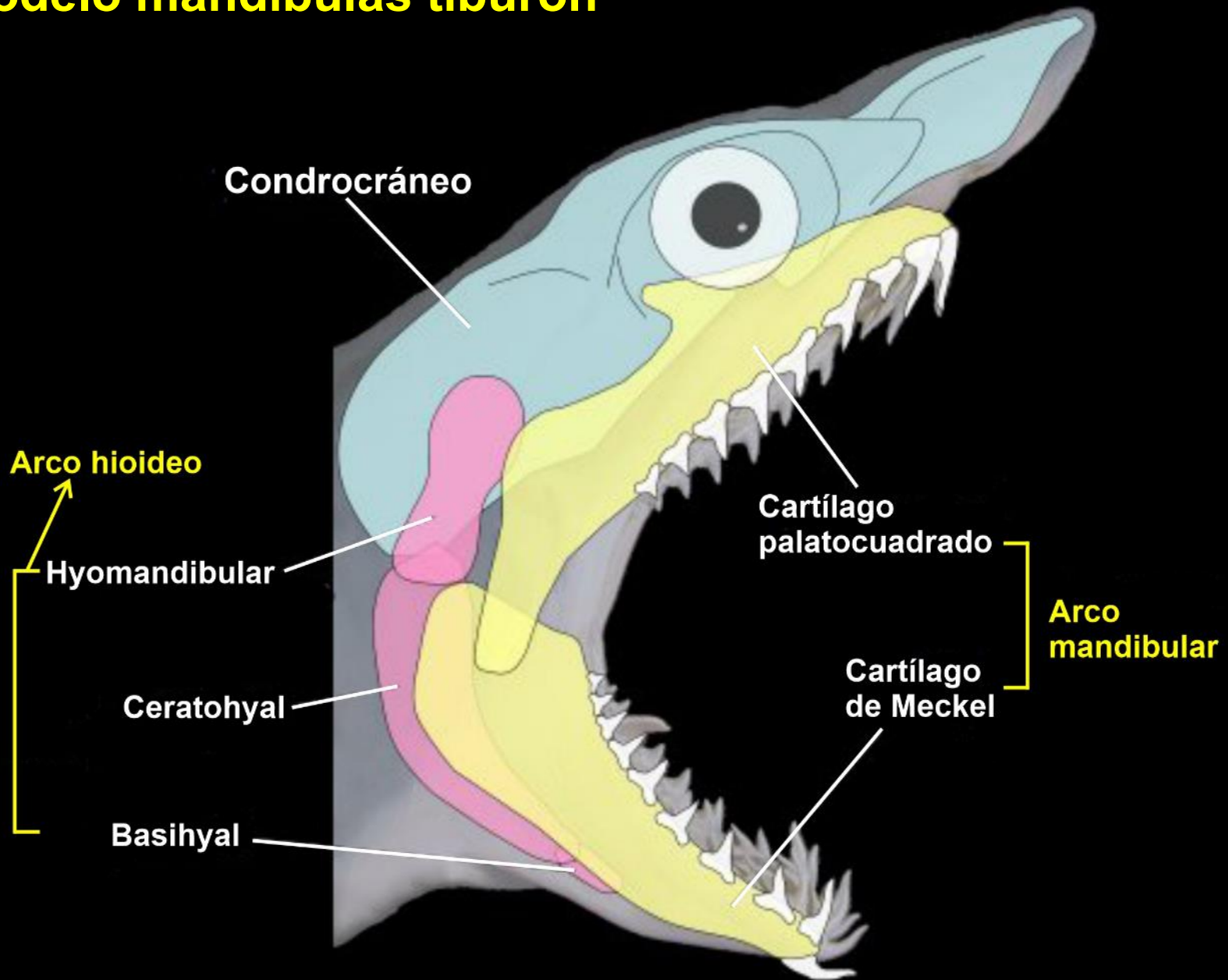
(A)



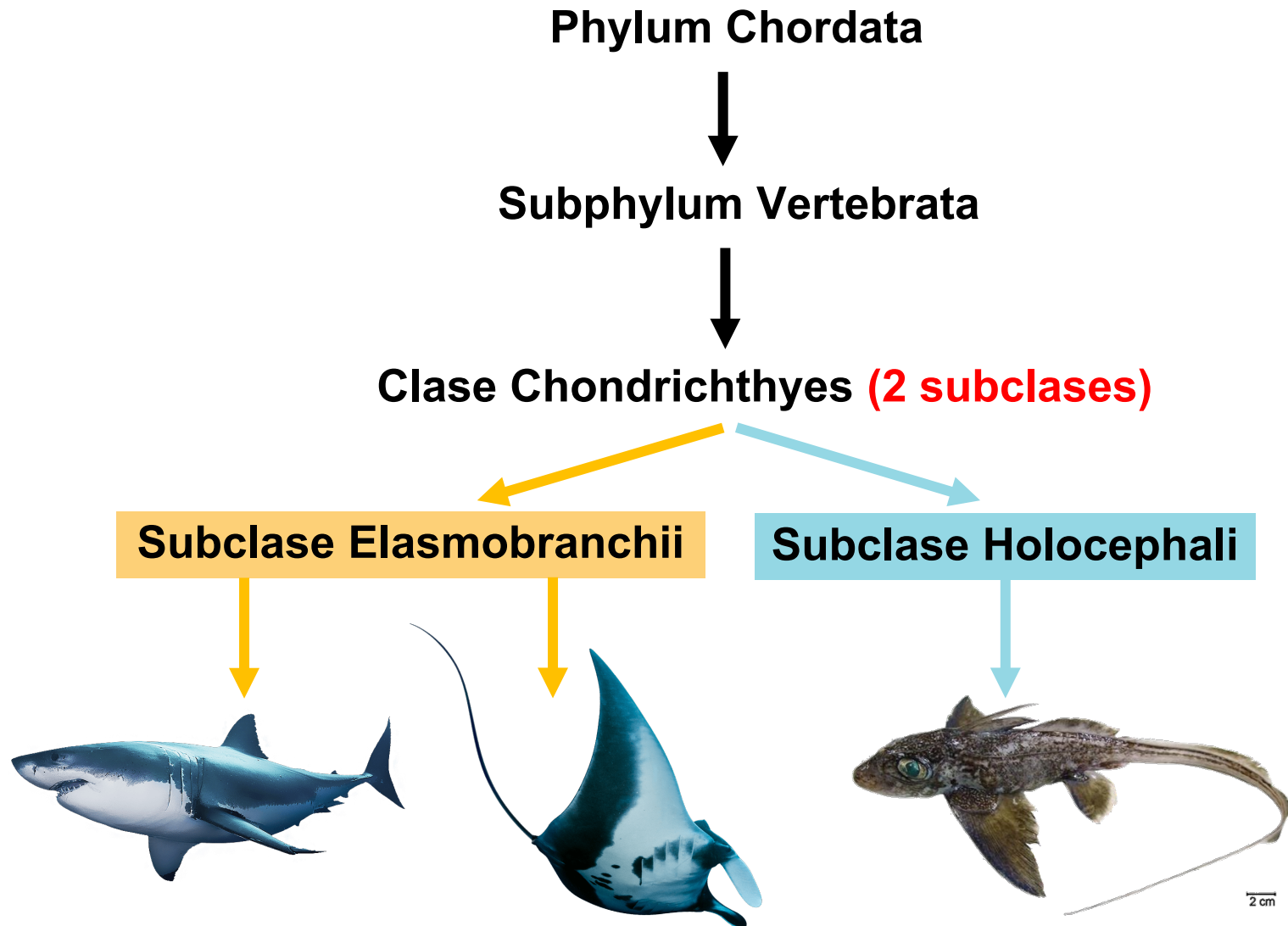
(B)



Modelo mandíbulas tiburón



Resumen taxonómico Chondrichthyes existentes



Subclase Elasmobranchii

- ✓ Infraclasse Euselachii
 - División Neoselachii
 - ❖ Subdivisión Selachii
 - Superorden Galeomorphii
 - Superorden Squalomorphii
 - ❖ Subdivisión Batoidea



Subclase Holocephali

- Superorden Holocephalimorpha

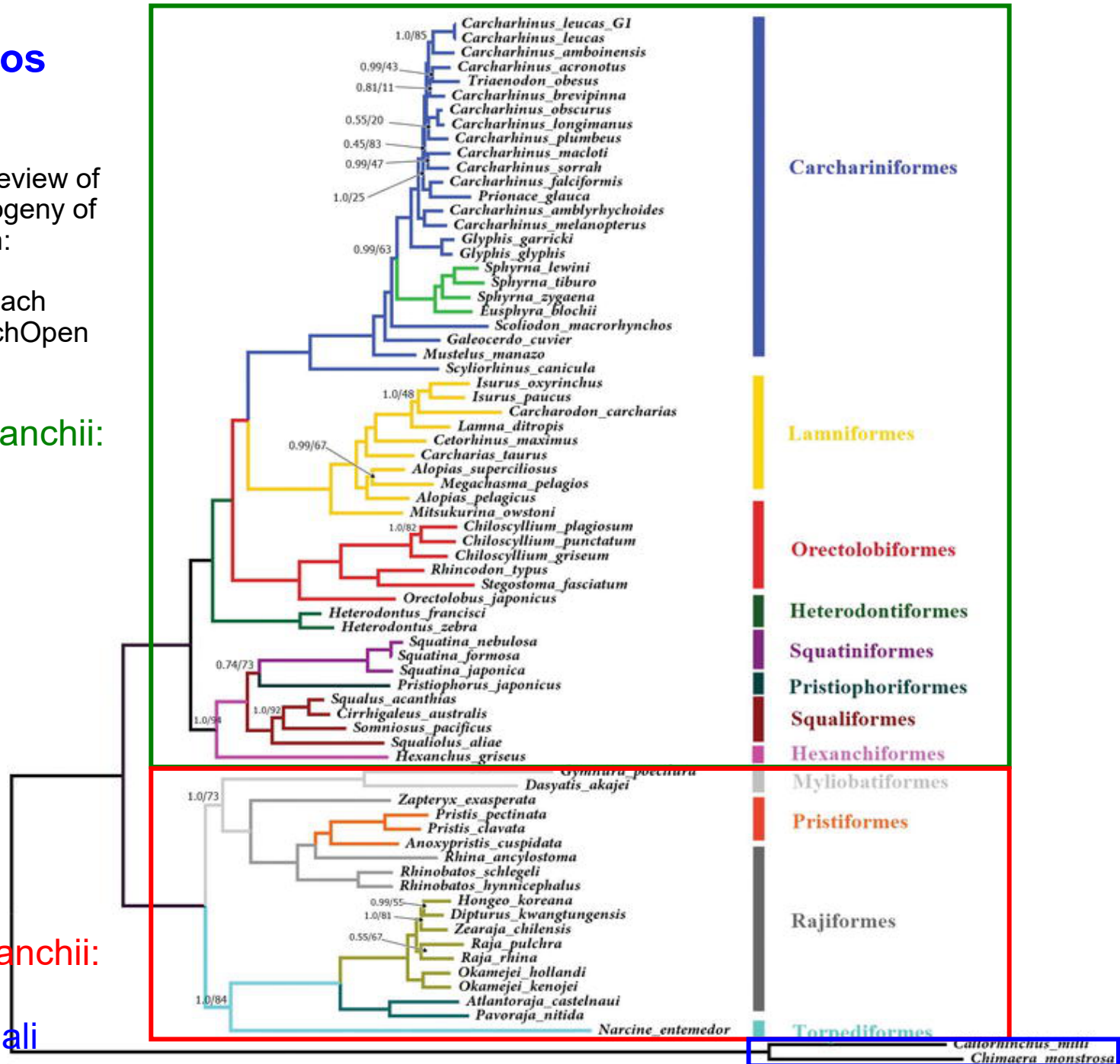


Filogenia grupos existentes

Cunha et al. 2017. A review of the mitogenomic phylogeny of the Chondrichthyes. In: Chondrichthyes: multidisciplinary approach (Silva et al. Eds). IntechOpen

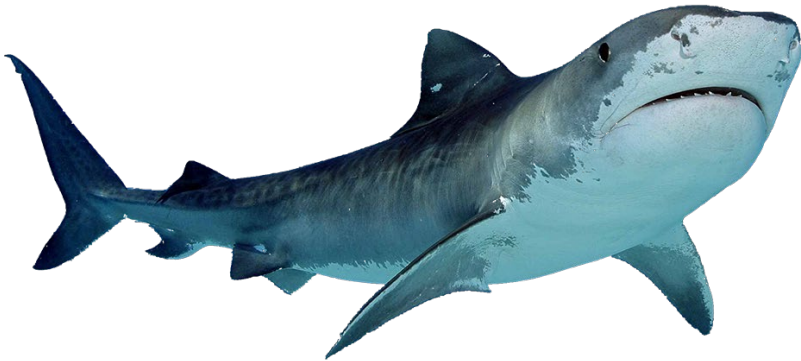
Elasmobranchii:
Selachi

Elasmobranchii:
Batoidea
Holocephali

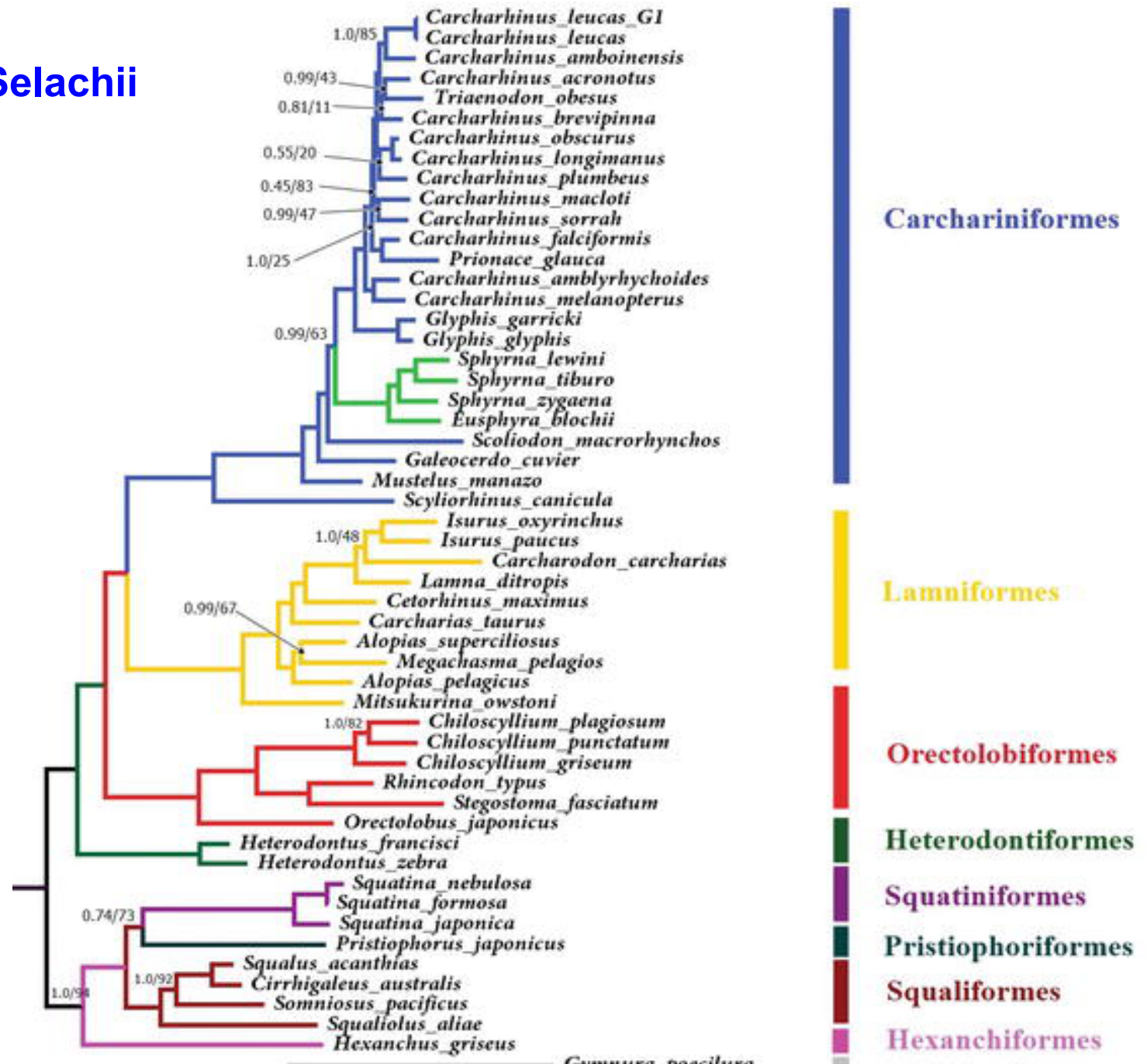


Subclase Elasmobranchii (*Gr.*, *elasma* = placa; *branchi* = branquia):

- Con múltiples aberturas branquiales a cada lado de la cabeza
- Tiburones (cuerpos cilíndricos fusiformes) y rayas (cuerpos planos dorsoventralmente)



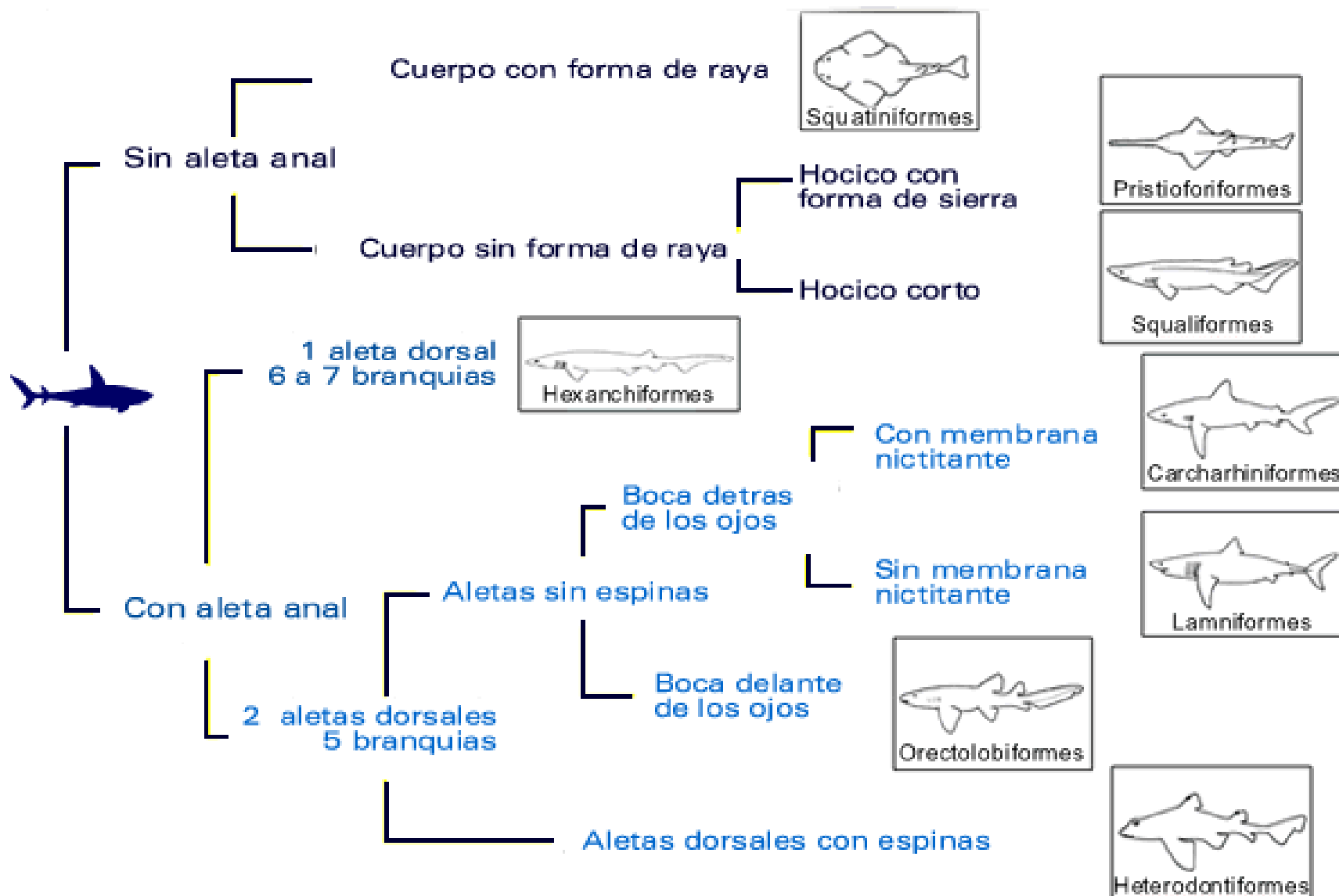
Subdivisión Selachii existentes



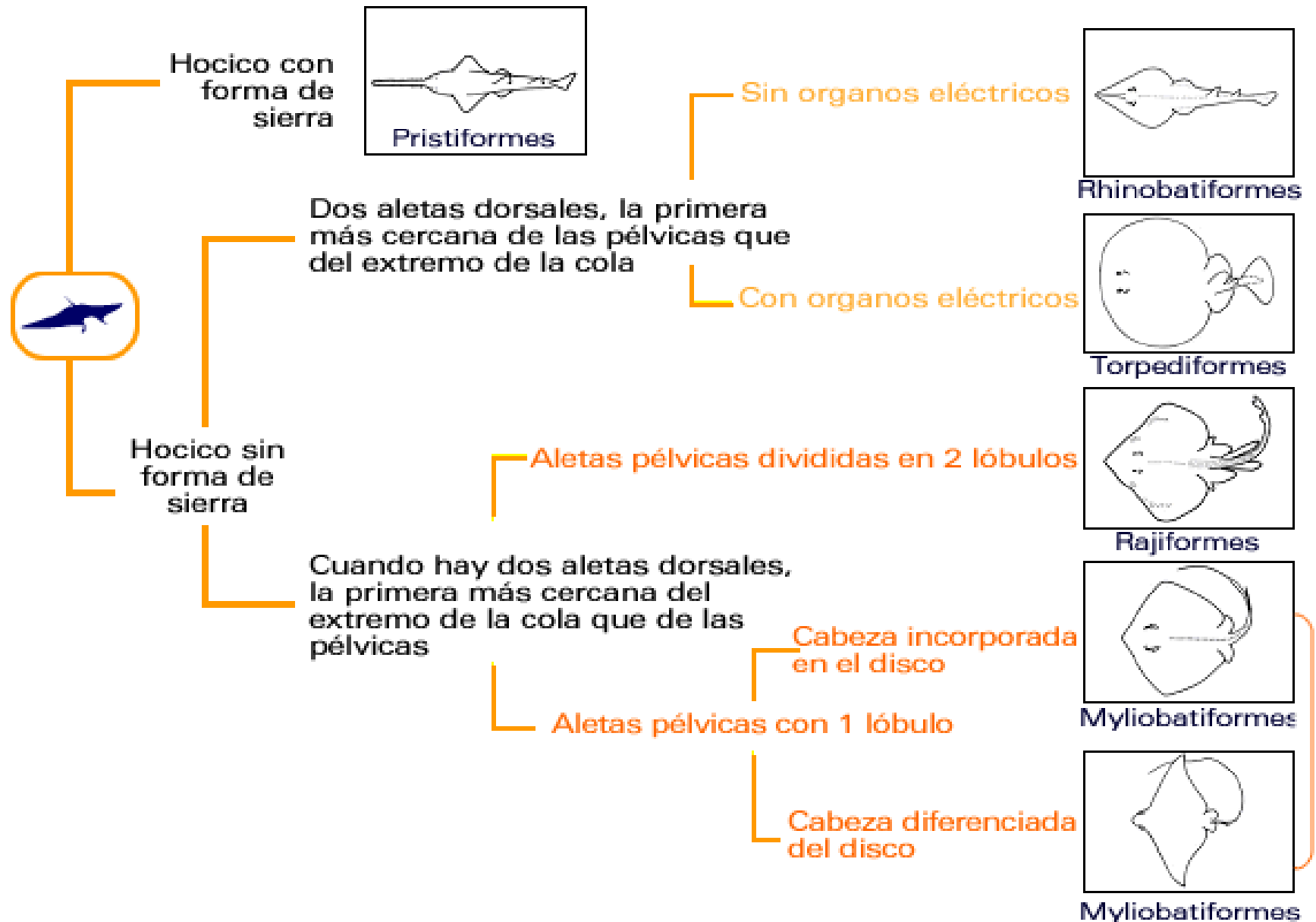
Subdivisión Batoidea existentes



Resumen morfológico Subdivisión Selachii (tiburones)



Resumen morfológico Subdivisión Batoidea (rayas y mantas)



Elasmobranquios existentes

- Principios del Triásico
 - ✓ Primeros representantes de los grupos modernos

Elasmobranquios modernos

- Jurásico
 - ✓ Formas modernas
 - ✓ Rostro proyectado en la porción superior
 - ✓ Vertebras solidificadas
 - ✓ Dientes con “esmalte”



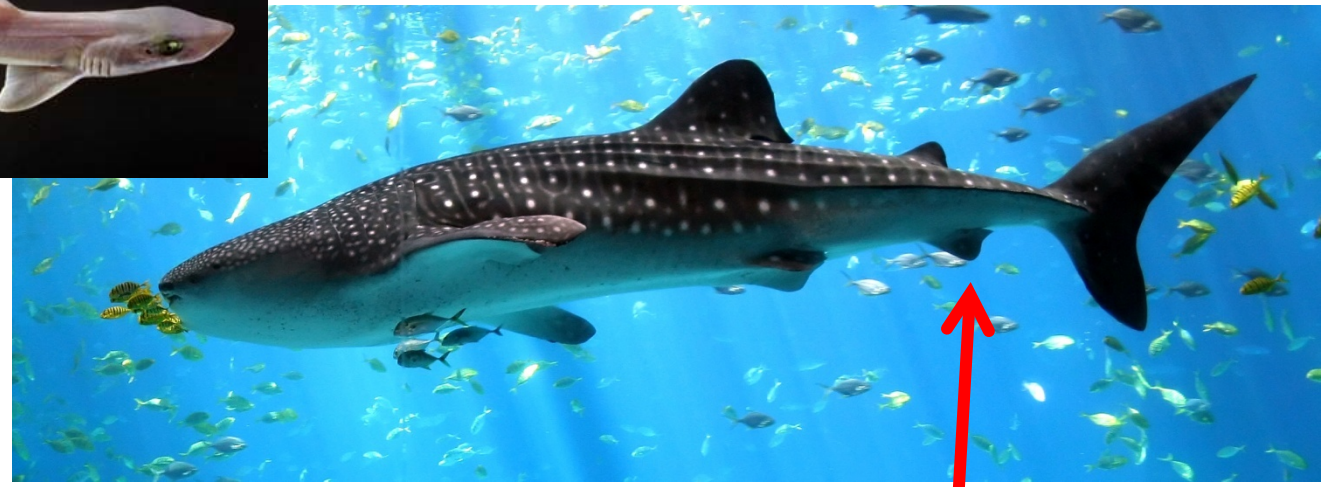
Grupos de elasmobranquios modernos

Subclase Elasmobranchii

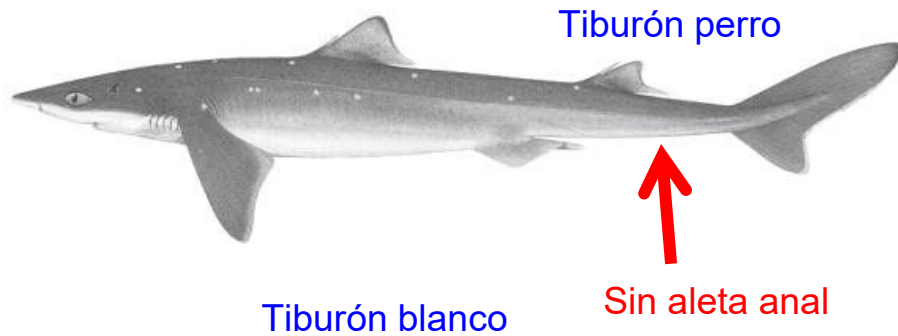
- ✓ Infraclasse Euselachii
 - ✓ División Neoselachii
 - ✓ **Superorden Galeomorphii**: tiburones con aleta anal
 - ✓ Tiburones de arena, tiburón ballena



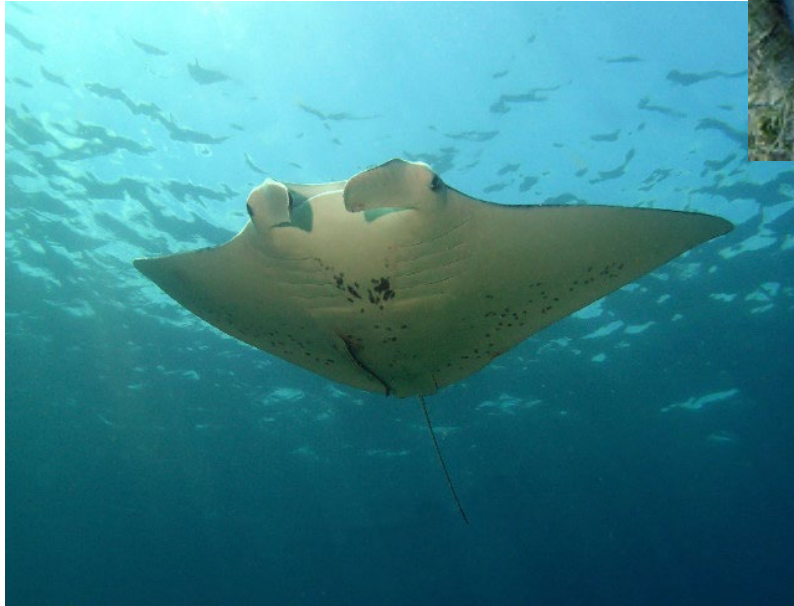
Con aleta anal



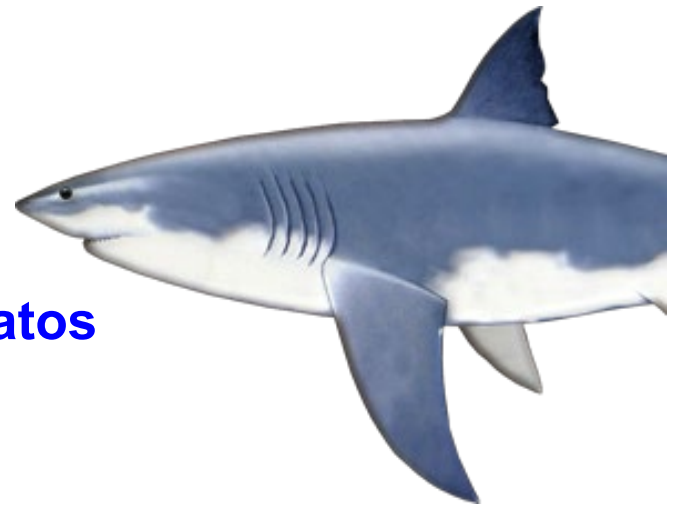
- ✓ **Superorden Squalomorphii:** tiburones sin aleta anal
 - ✓ Tiburones perro, tiburón ángel, tiburón blanco, tiburón martillo



- ✓ **Subdivisión Batoidea:** peces con cuerpo deprimido dorsoventralmente
 - ✓ Rayas y mantas



Tiburones



- También conocidos como **pleurotrematos** (*Gr.*, *pleura* = lado; *trema* = hoyo)

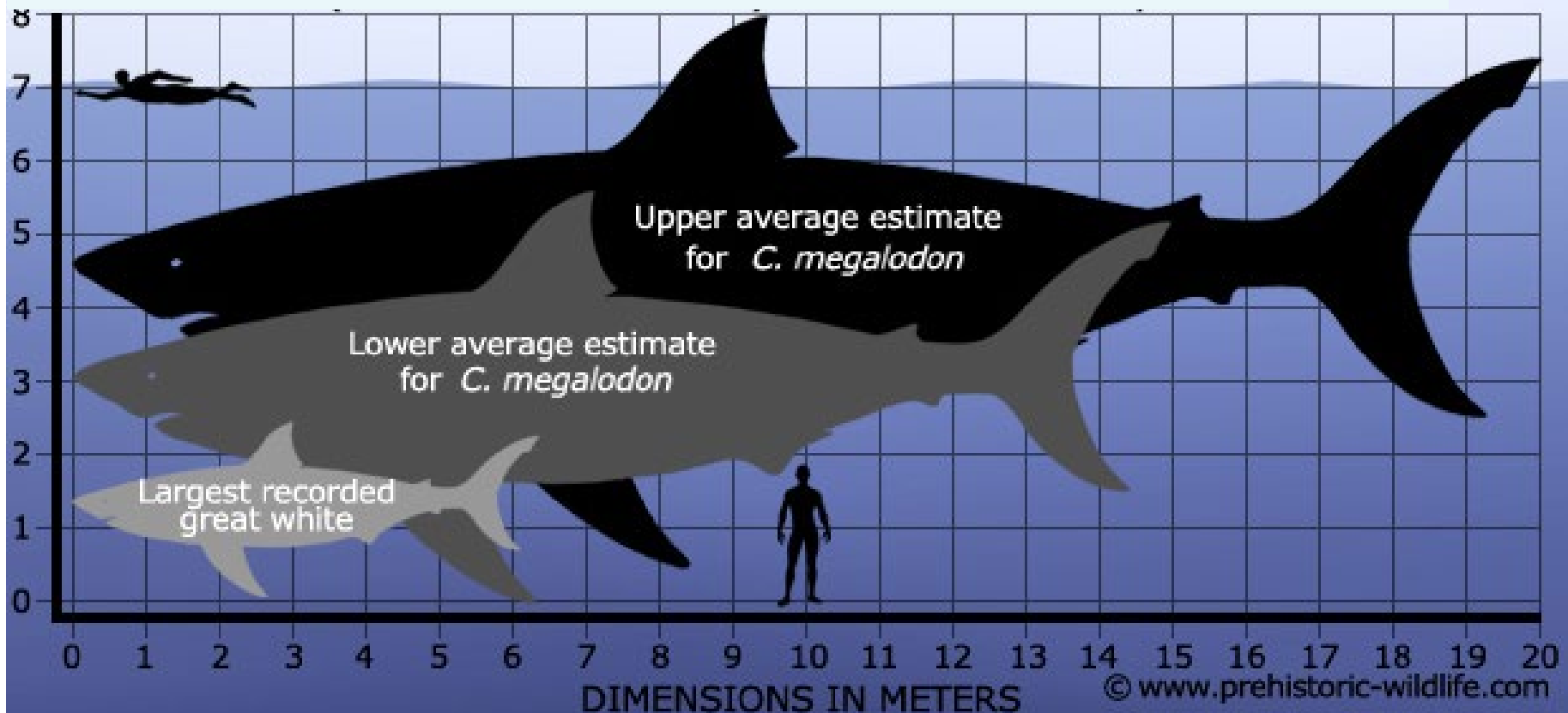
- ✓ Carnívoros
- ✓ Características que los hacen animales dominantes en el medio marino

- ✓ Tamaños variables (25 cm → 18 m [promedio 2 m])
 - ✓ Tiburón ballena (hasta 13 m)



Carcharocles megalodon[‡]: tiburón más grande que haya existido
(máximo 18 m)

Estimados de tamaño de ***C. megalodon*** comparado con el gran tiburón blanco (***C. carcharias***) más grande hasta ahora registrado y con una humano promedio de 1.8.m de alto)

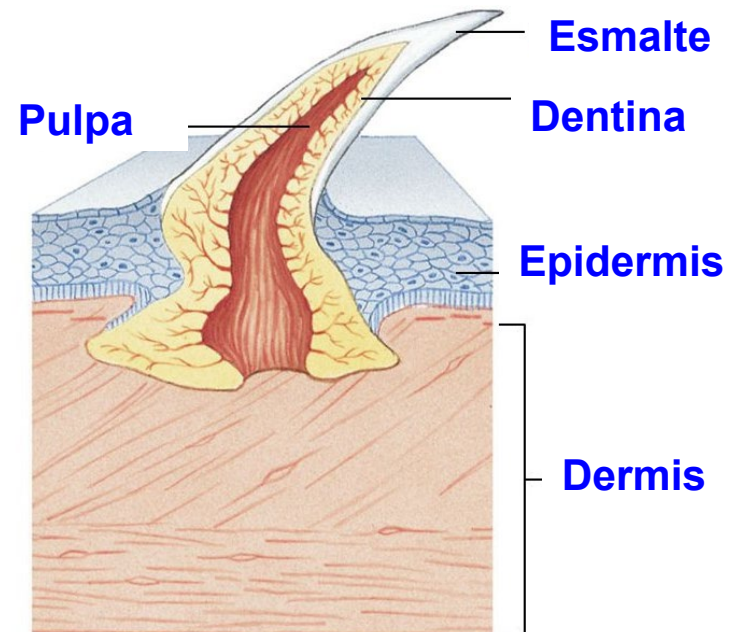


Carcharocles megalodon



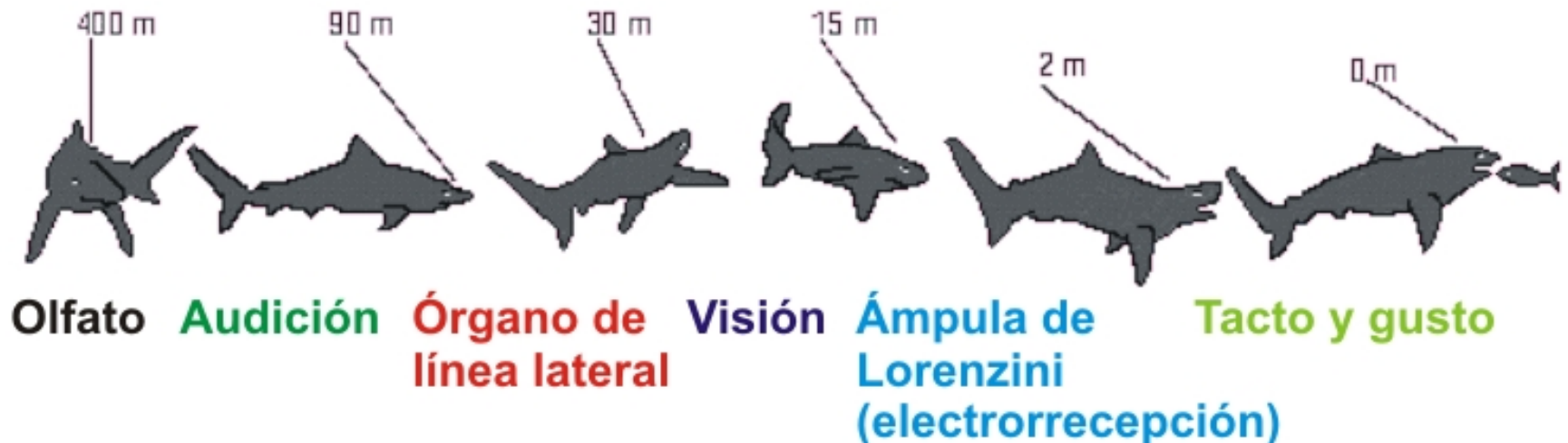
Escamas placoideas

- Reducción de tamaño
 - ✓ No forman placas como en los grupos antiguos
 - ✓ Una cúspide con dentina
 - ✓ Cavidad pulposa
- ✓ Por su forma
 - ✓ Reducción de la turbulencia en el flujo de agua
 - ✓ Eficiencia natatoria



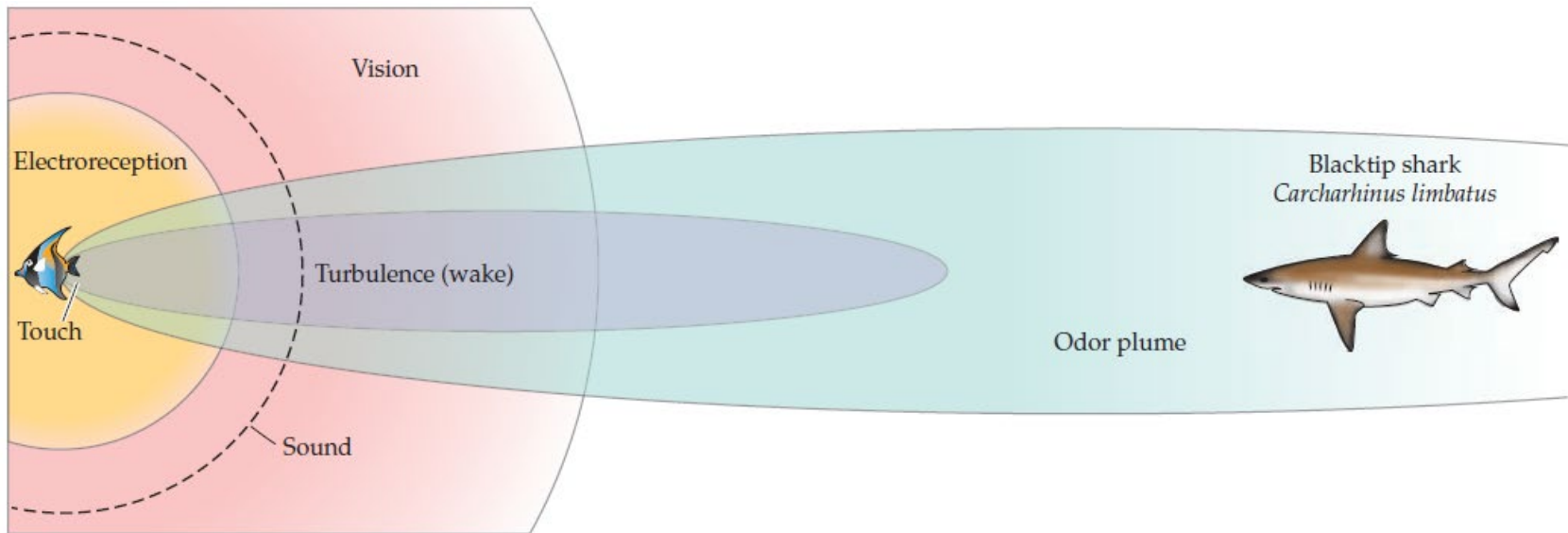
Sistemas sensoriales y detección de la presa

- Sistemas refinados y especializados
 - ✓ Uso secuencial de los sistemas sensoriales térmico, táctil eléctrico

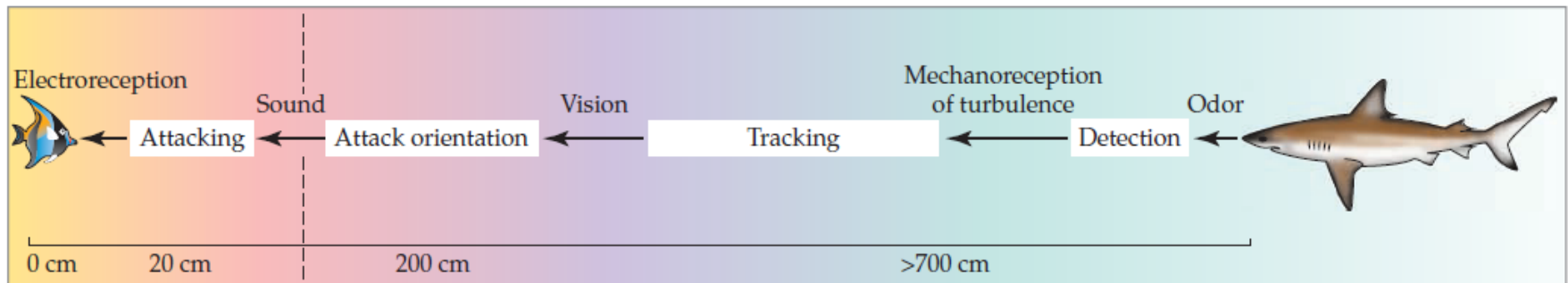


Sistemas sensoriales y detección de la presa

- Sistemas refinados y especializados



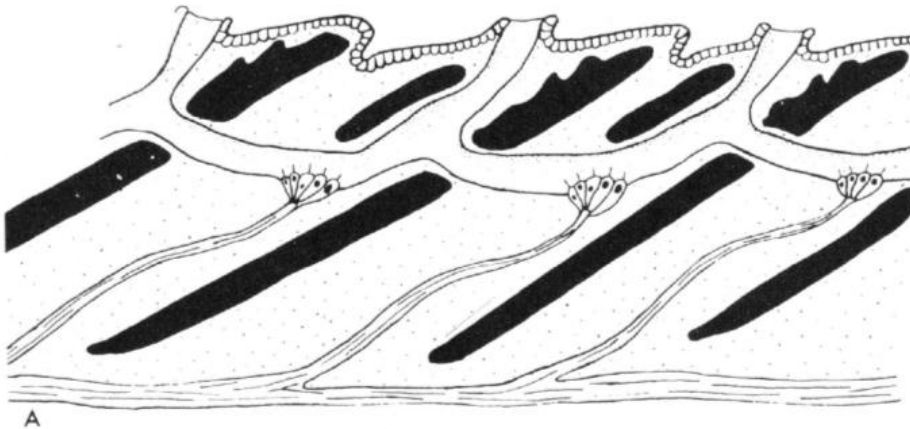
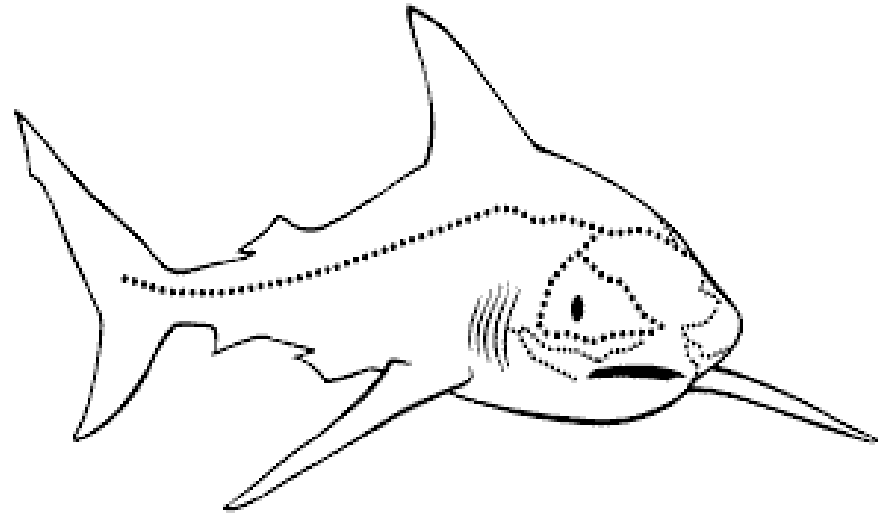
✓ Uso secuencial de los sistemas sensoriales térmico, táctil eléctrico



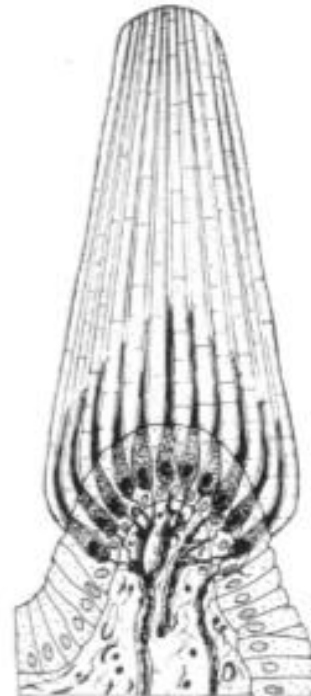
1A. Quimiorrecepción (olfato)

1B. Recepción táctil (vibraciones)

- ✓ Órganos (neuromastos) en la línea lateral



Sistema de línea lateral



Neuromasto

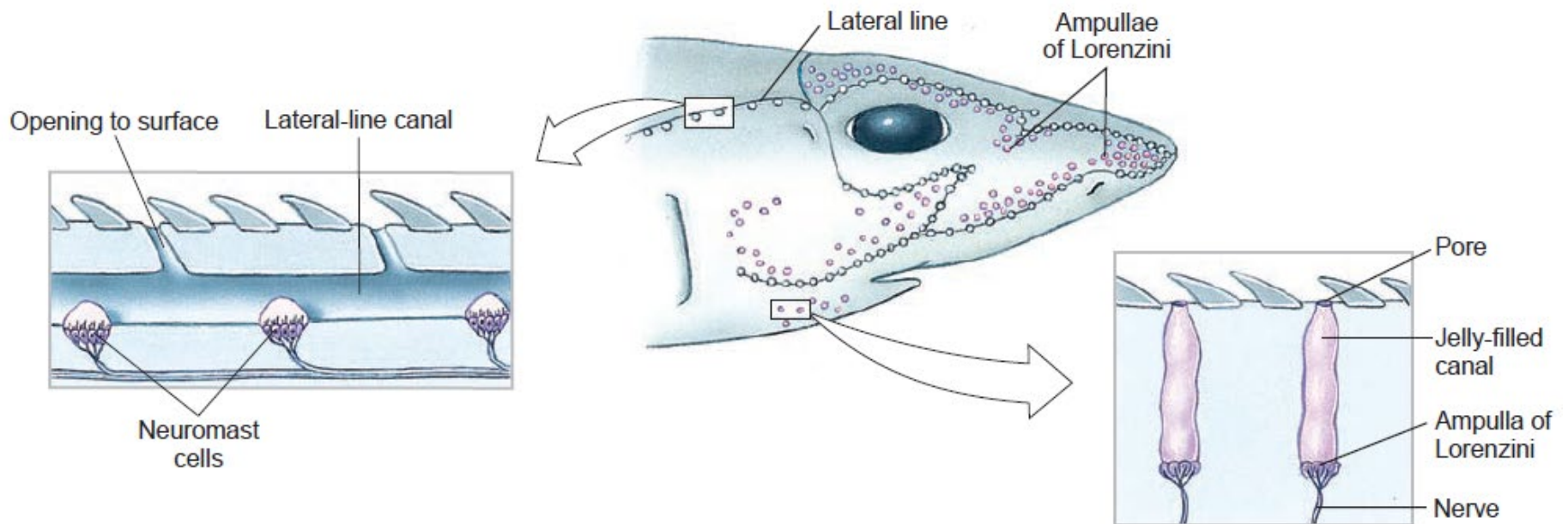
2. Visión

- ✓ No son ciegos

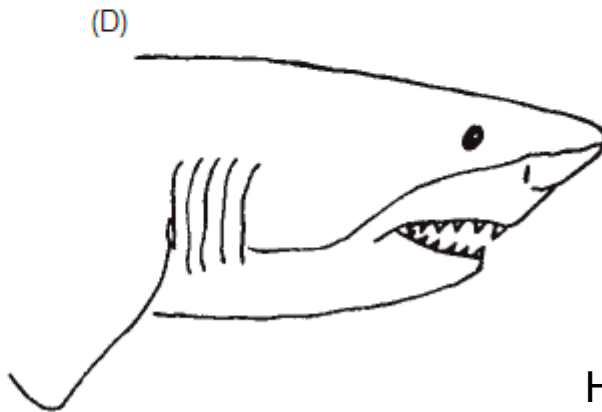
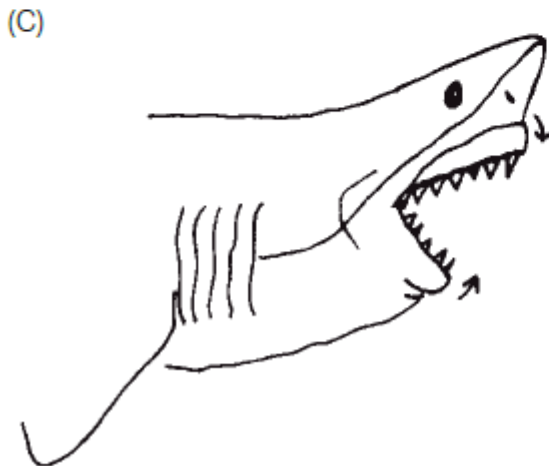
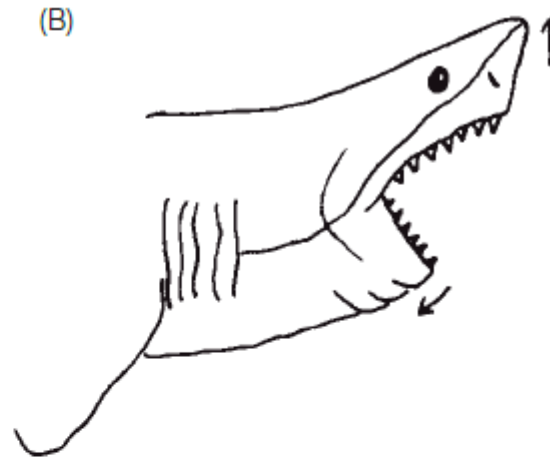
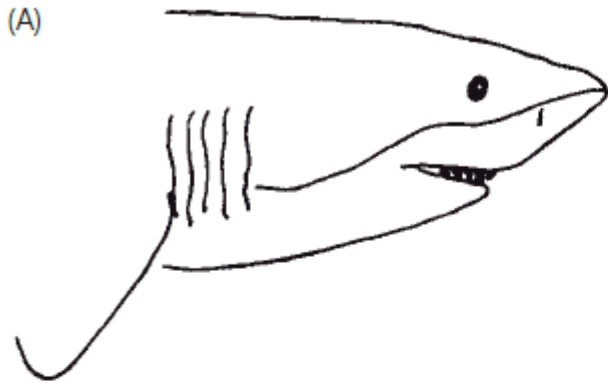
3. Recepción eléctrica

- ✓ Ámpulas de Lorenzini

© 2003 Canadian Shark Research Lab



- Ataque y captura de presas
 - ✓ Maxilar se proyecta hacia adelante
 - “boca mas grande” = captura y tragado de presas grandes



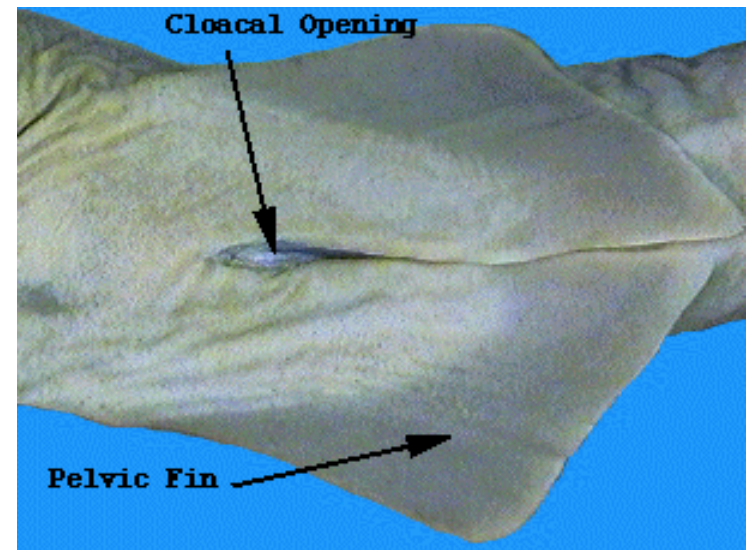
Helfman et al. (2009)

Reproducción

- Sofisticados mecanismos reproductivos
 - ✓ Los claspers (con estructura esquelética solida) aumenta eficiencia

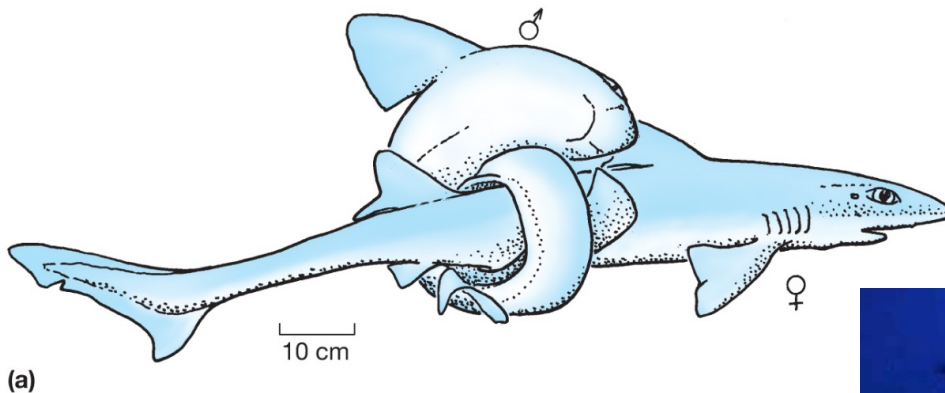


Macho



Hembra

- ✓ Movimiento y orientación del clasper para conducir espermio al interior de la cloaca de la hembra
- ✓ Tiburones pequeños se enrollan sobre la hembra
- ✓ Tiburones grandes y sostienen a la hembra mordiendo en las aletas



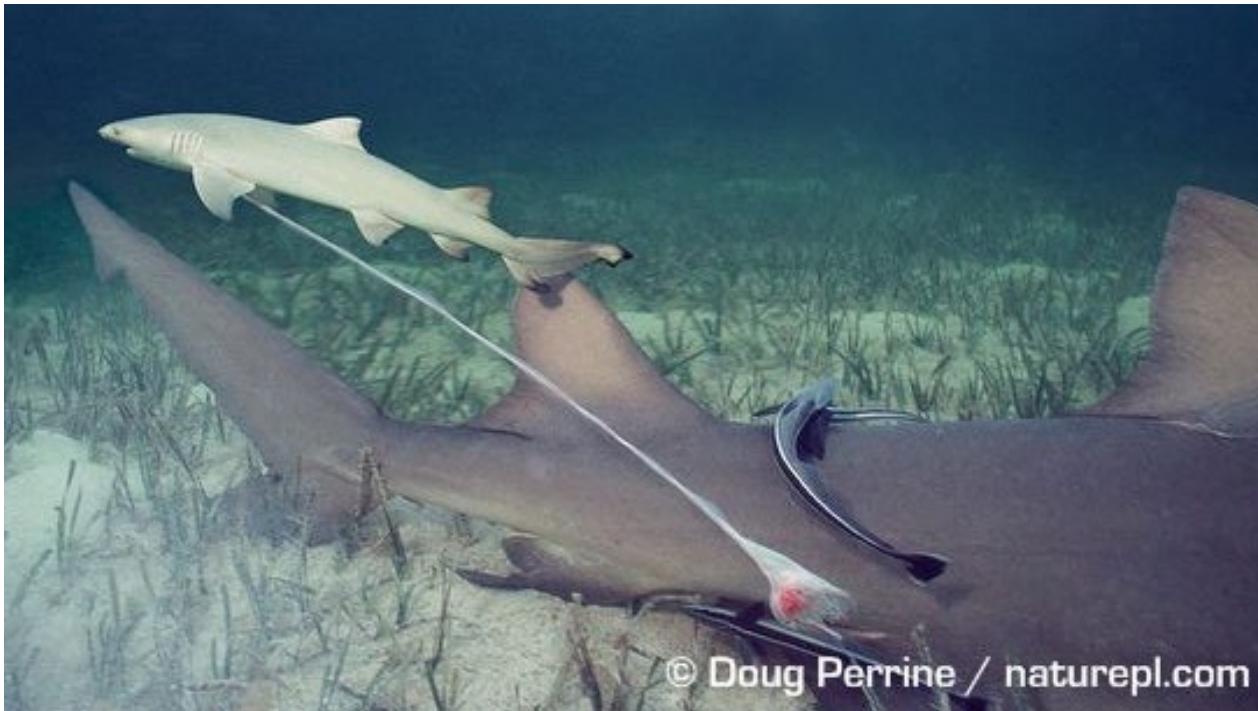
(a)

© 2013 Pearson Education, Inc.

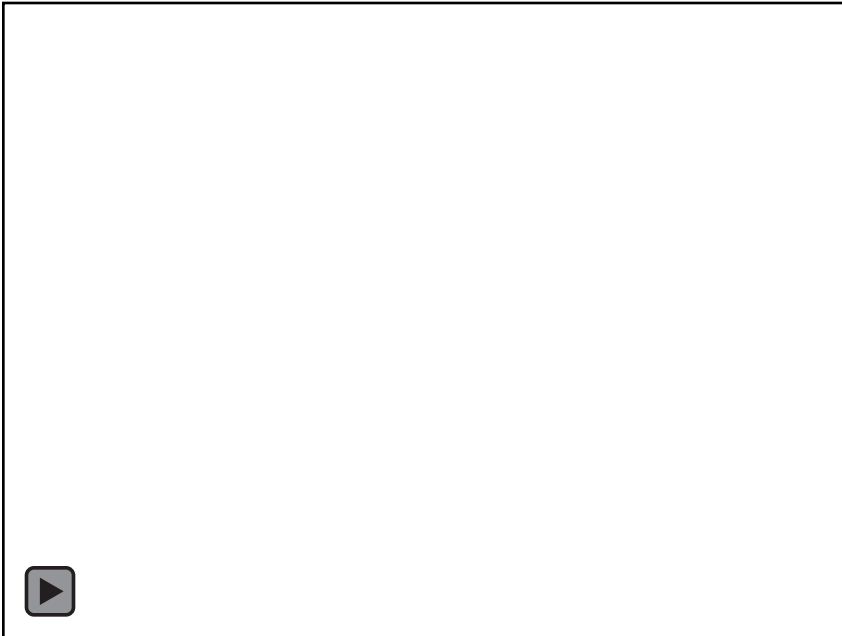


Reproducción interna y huevos

- Poca progenie
 - ✓ Desarrollo en el útero (vivíparas y matrotrofía)
 - ✓ Favorece mejor desarrollo del embrión y aumento de expectativas de vida



Videos parto



Tiburón limón (*Negaprion brevirostris*)

<https://www.youtube.com/watch?v=LfQgRCg1bNA>



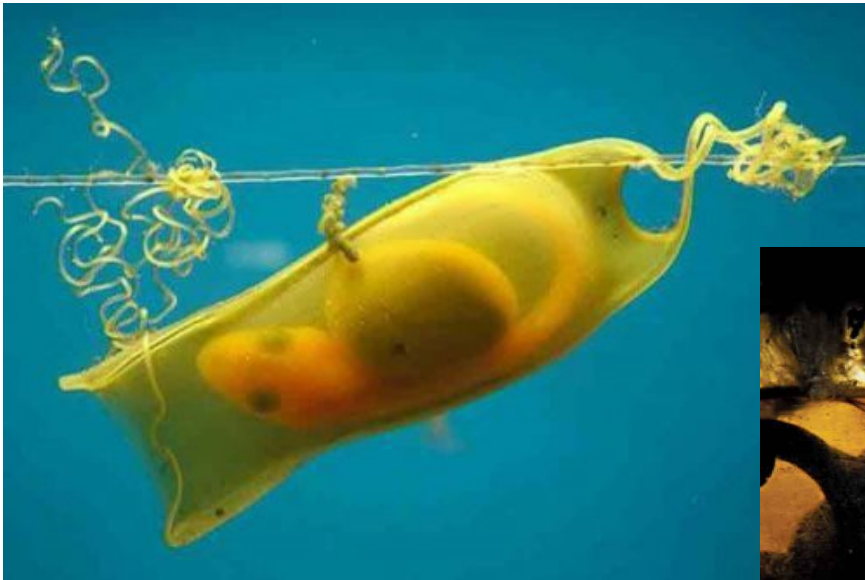
Crías de tiburón en el útero

<https://www.youtube.com/watch?v=XtqGBYXNLZc>

Oviparismo

Huevos desarrollados en medio exterior

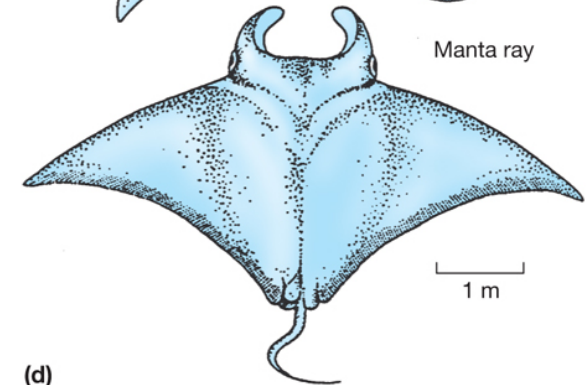
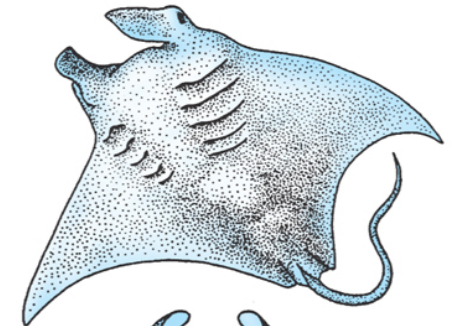
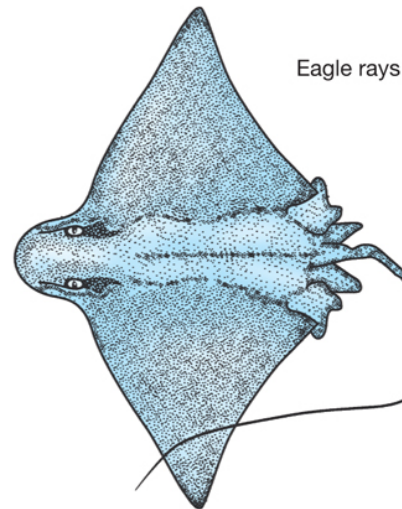
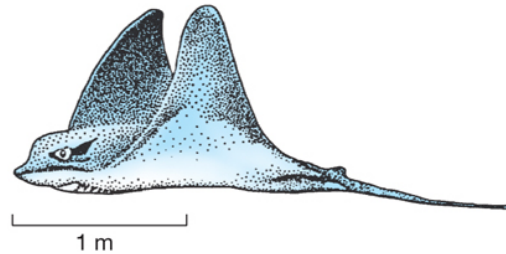
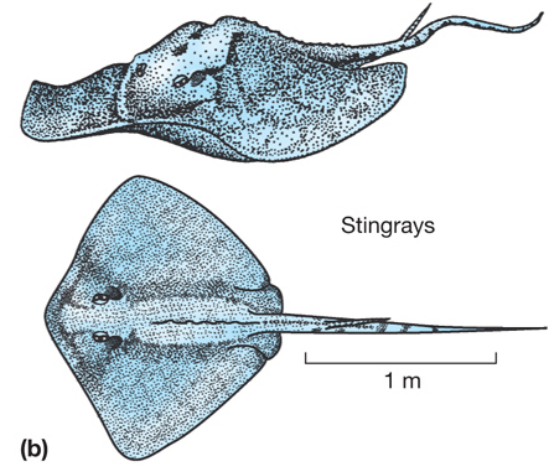
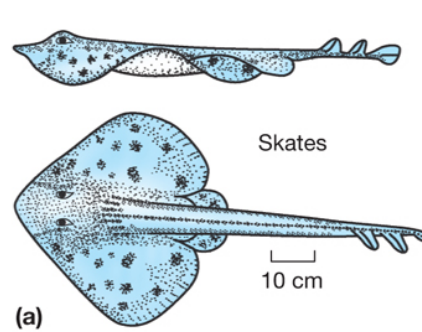
- ✓ Producción de huevos con yema (alimento)
- ✓ **lecitotrofía**



Rayas y mantas (Batoidea)

- También conocidos como **hipotrematos** (Gr., *hypo* = abajo; *trema* = hoyo)

- ✓ Bentónicas
- ✓ Pelágicas



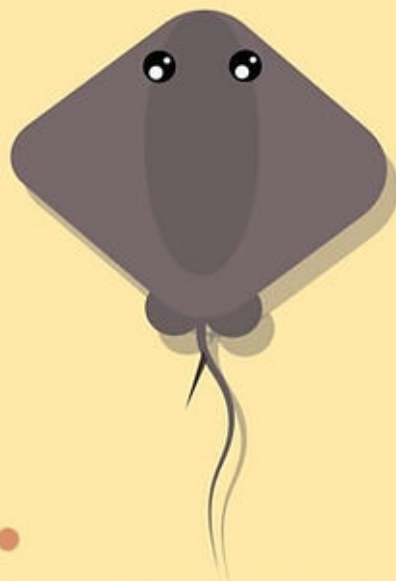
DIFERENCIA ENTRE MANTARRAYA Y RAYA

MANTARRAYA

- ★ Aletas diferenciadas del cuerpo
- ★ Boca localizada en parte frontal
- ★ Miden hasta 8 metros
- ★ Son planctívoros
- ★ Nadan cerca de la superficie
- ★ No poseen aguijón venenoso



 MedioAmbienteParaTodos



RAYA

- ★ Cuerpo en forma de rombo
- ★ Boca localizada en parte inferior
- ★ Miden hasta 2 metros
- ★ Se alimentan de crustáceos
- ★ Nadan pegadas al fondo marino
- ★ Poseen aguijón venenoso

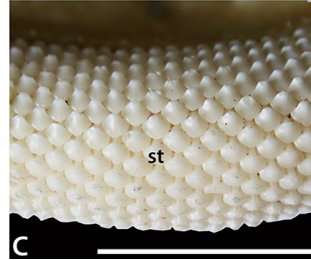
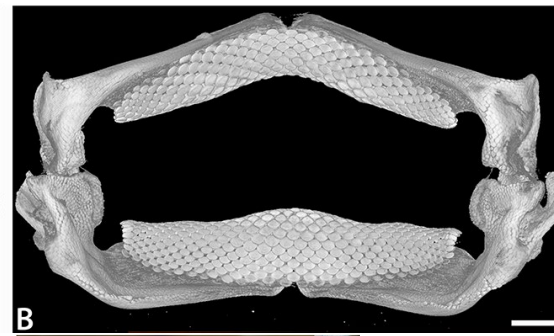


"Descubre las diferencias entre rayas marinas y mantarrayas" (2020) – Acuario Michin Guadalajara
"Anatomía de las Mantarrayas" – Mantaray World



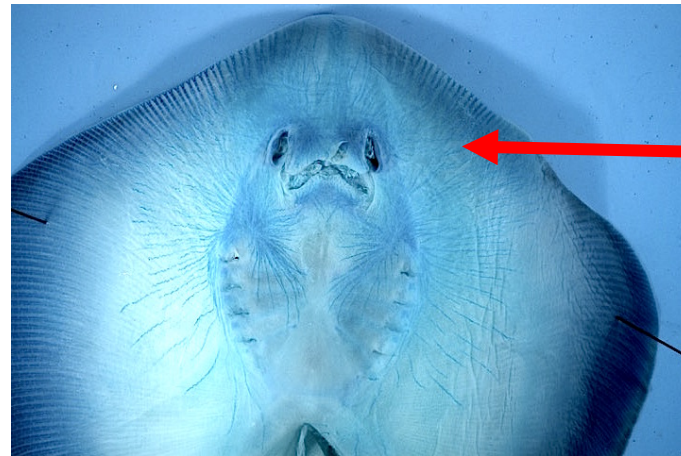
✓ Durófago (consumen moluscos del bentos)

- Dientes planos formando placas
- Algunas especies son filtradoras

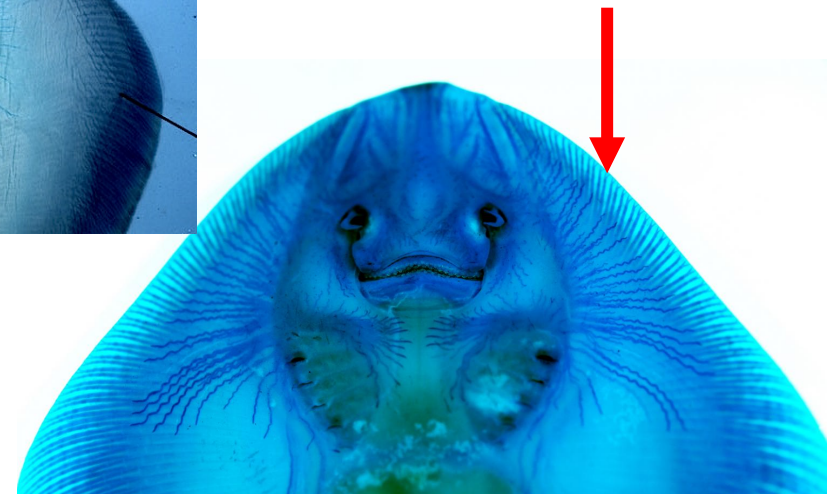


✓ Ámpulas de Lorenzini

- Superficie ventral del cuerpo



Canales de
órganos ampularios



Defensa

- Cola larga con aletas dorsales y caudal
 - ✓ Presencia de aguijón (escamas placoides modificadas) en la punta de la cola
- Torpedinidae: presencia de órganos eléctricos
 - ✓ Músculos branquiales modificados

Reproducción

- ✓ Rayas: Ovíparas
- ✓ Mantas: vivíparas

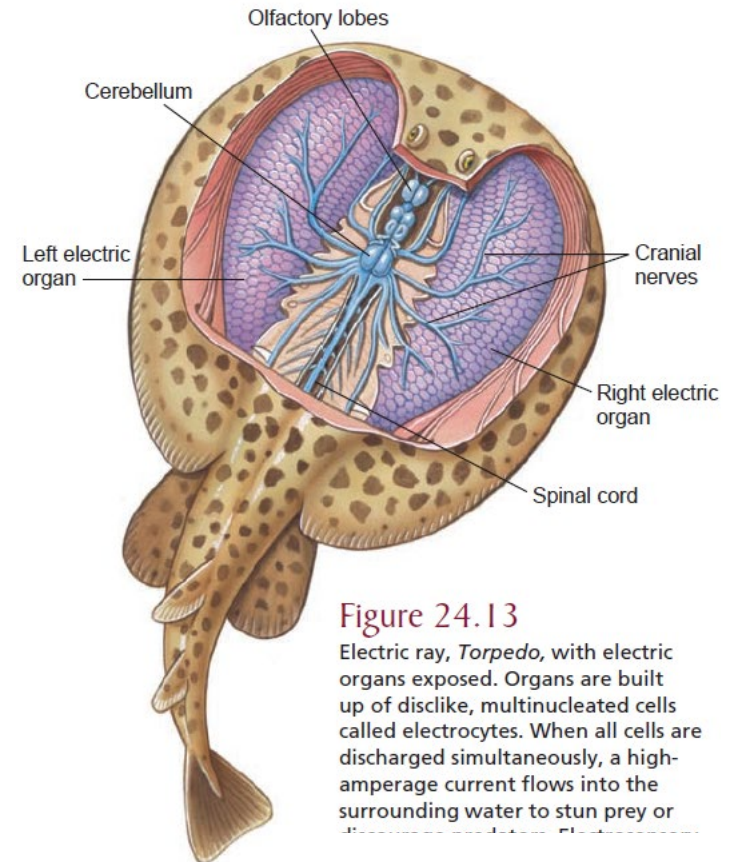
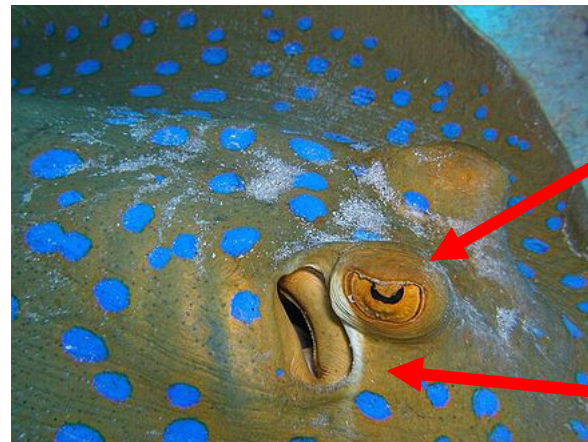
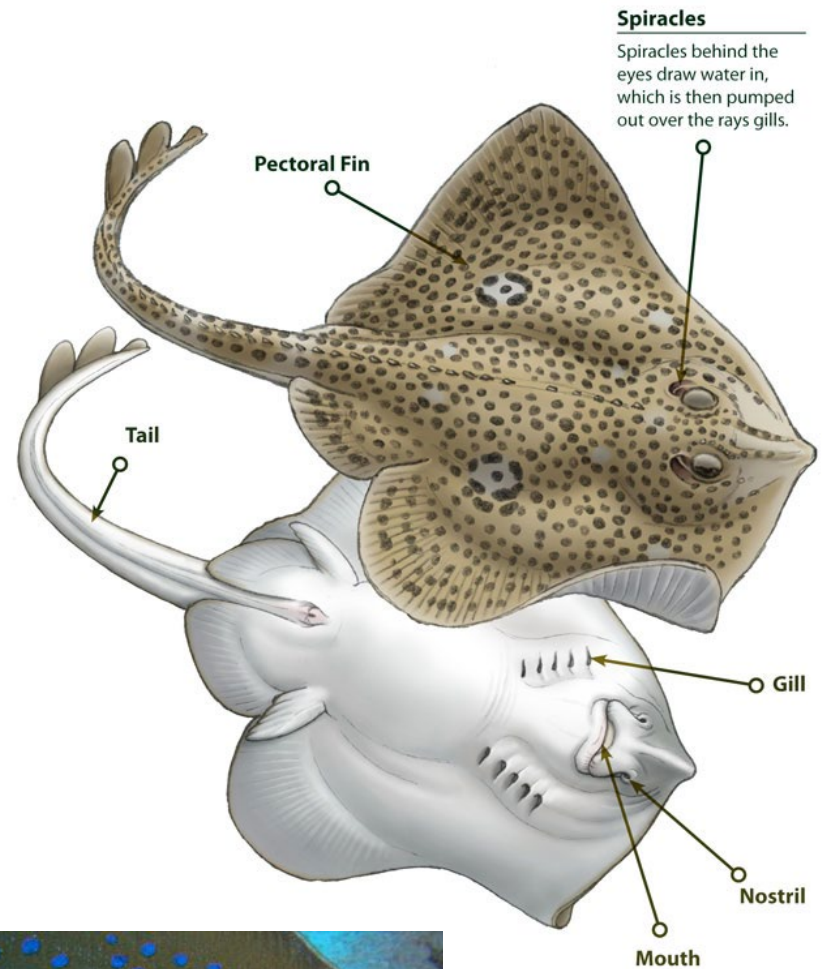


Figure 24.13

Electric ray, *Torpedo*, with electric organs exposed. Organs are built up of disc-like, multinucleated cells called electrocytes. When all cells are discharged simultaneously, a high-amperage current flows into the surrounding water to stun prey or

Ventilación

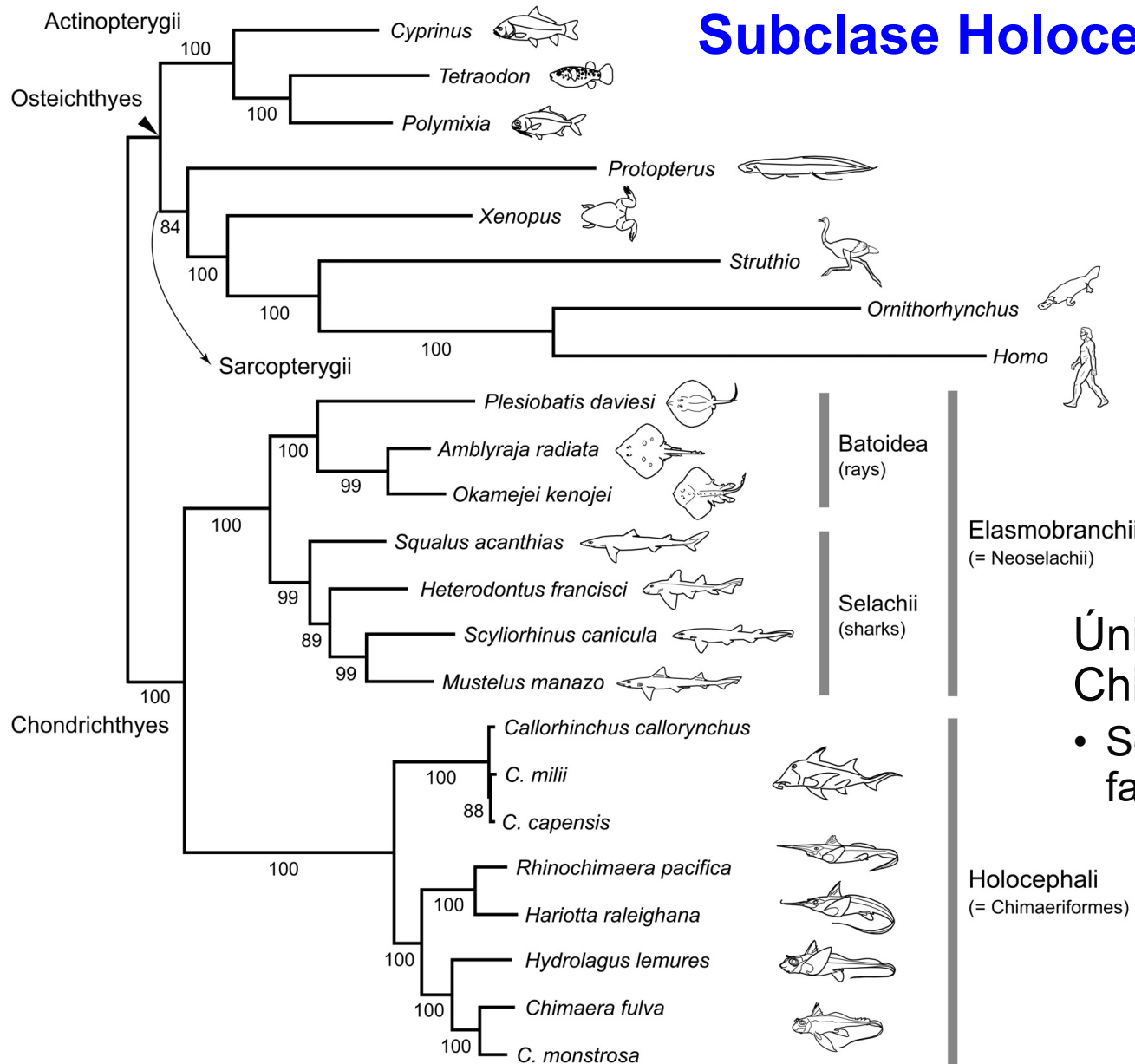
- Debido a su habito bentónico
 - ✓ Agua para intercambio gaseoso no entra por la boca
 - Agua entra a cámara branquial por el **espiráculo dorsal** (atrás de los ojos)
- ✓ **Mantas (animales pelágicos)**
 - Ventilación es igual en todos los batoideos



Ojo

Espiráculo

Subclase Holocephali: quimeras



Único orden existente:
Chimaeriformes

- Seis géneros en tres familias

Subclase Holocephali

(Gr., *holo* = completo; *cephalo* = cabeza)



- Una abertura branquial a cada lado de la cabeza
 - ✓ Da apariencia de una cabeza no dividida (por eso el nombre)
- Peces rata y quimeras
 - ✓ Cuerpos de pez, con colas largas, dientes robustos

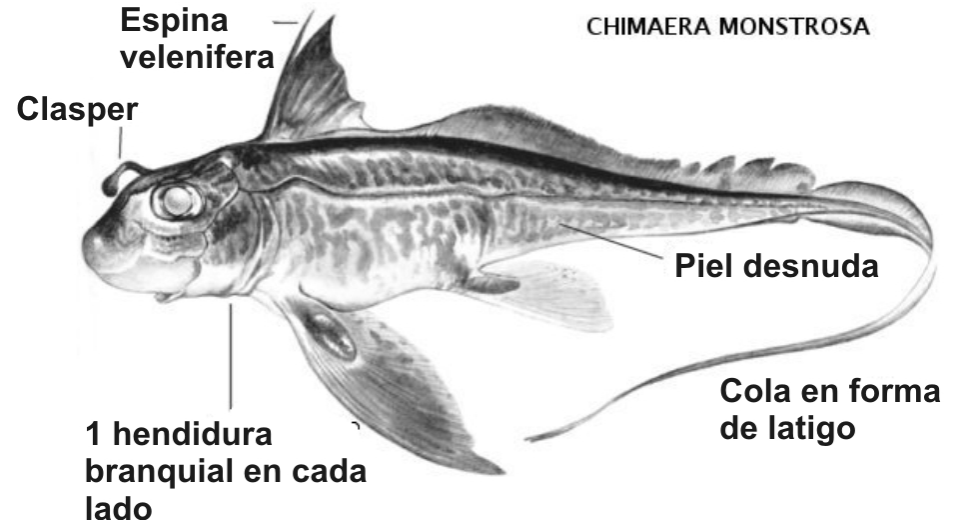


Hydrolagus coliei



- Animales raros ($\leq 1\text{m}$ longitud)

- ✓ Profundidades ($< 80\text{ m}$ de profundidad)
- ✓ Huevos coráceos liberados en zonas mas **superficiales**
- ✓ Natación por ondulación
 - Empuje de la larga cola



- Mandíbula fusionada al cráneo (holostética)
- Única abertura branquial protegida por un opérculo

