



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

Facultad de Ciencias del Mar

MÉTODOS EN INVESTIGACIÓN PESQUERA

**TAXONOMÍA, MORFOLOGÍA, ANATOMÍA Y
MUESTREO BIOLÓGICO DE
ELASMOBRANQUIOS**

Dr. José M. González Pajuelo
Departamento de Biología
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

OBJETIVO:

La presente práctica tiene por objetivo que el estudiante desarrolle las habilidades necesarias para el análisis, identificación y muestreo de elasmobranquios.

EJERCICIO:

Clasificar taxonómicamente, identificar las características morfológicas básicas, localizar las estructuras anatómicas internas más relevantes y realizar el muestreo biológico de los ejemplares analizados, tomando de cada uno de ellos los datos fundamentales: longitud total, longitud furcal, longitud estándar, peso total, peso eviscerado, sexo y estado de madurez.

Fundamentos teóricos

SUBFILO VERTEBRADOS

Superclase Gnathostomata (-con mandíbulas-)

Clase Chondrichthyes (-esqueleto cartilaginoso)

Subclase Elasmobranchii (-tiburones y rayas)

Elasmobranquios

Los elasmobranquios son peces de esqueleto cartilaginoso. Las especies más representativas son los tiburones, las rayas y los torpedos. Los peces elasmobranquios comprenden unas 800 especies vivas de tiburones y rayas. El esqueleto de estos peces se compone principalmente de cartílago, un material de soporte ligero y flexible. Los tiburones componen unas 350 especies. Las rayas y otras especies afines denominadas batoideos componen unas 450 especies. El tamaño de estos peces varía desde el de las pequeñas pastinacas del género *Urolophus*, que a veces no supera el de una mano, hasta lo más de 6 m de envergadura de las enormes mantas que nadan en los océanos abiertos.

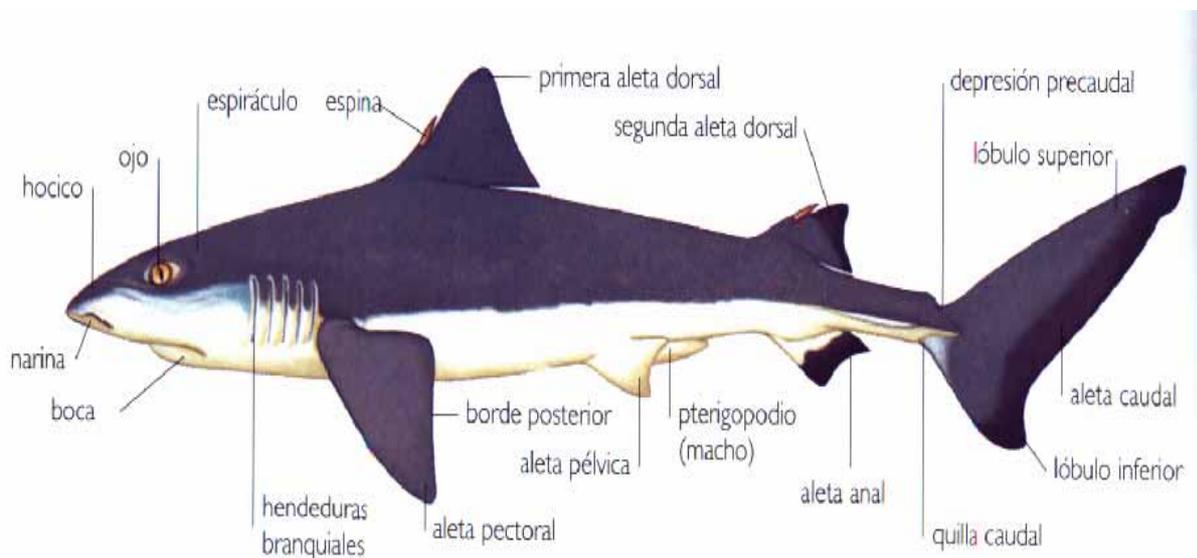


En el caso de los tiburones la talla varía desde unos pocos centímetros hasta los 12-14 metros del tiburón ballena.



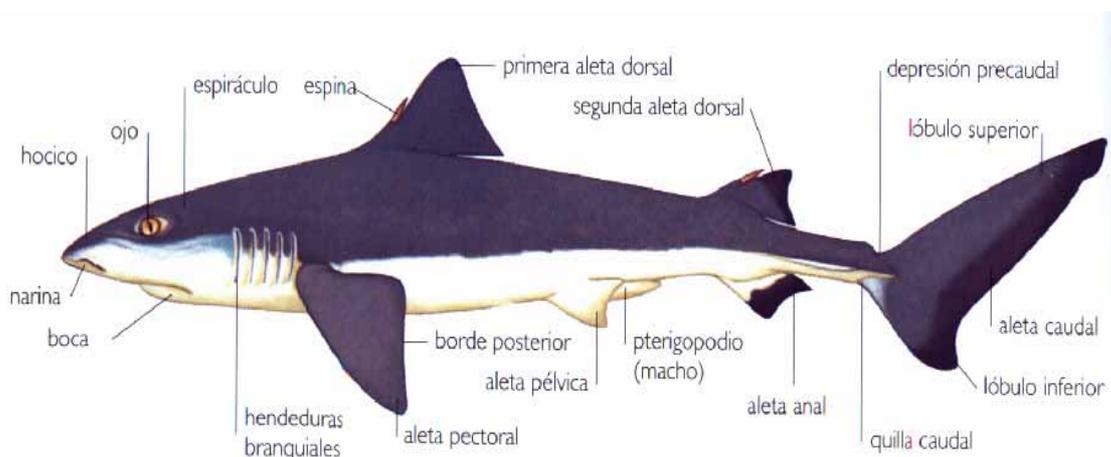
Morfología

En el cuerpo de los elasmobranquios, aunque no se presentan regiones bien separadas, sí se pueden distinguir tres partes, la cabeza, el tronco y la región caudal.



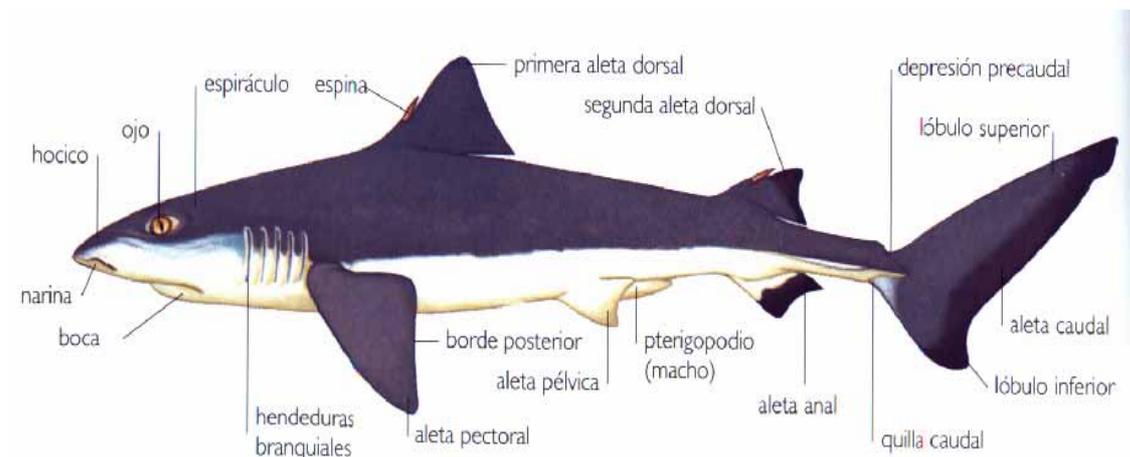
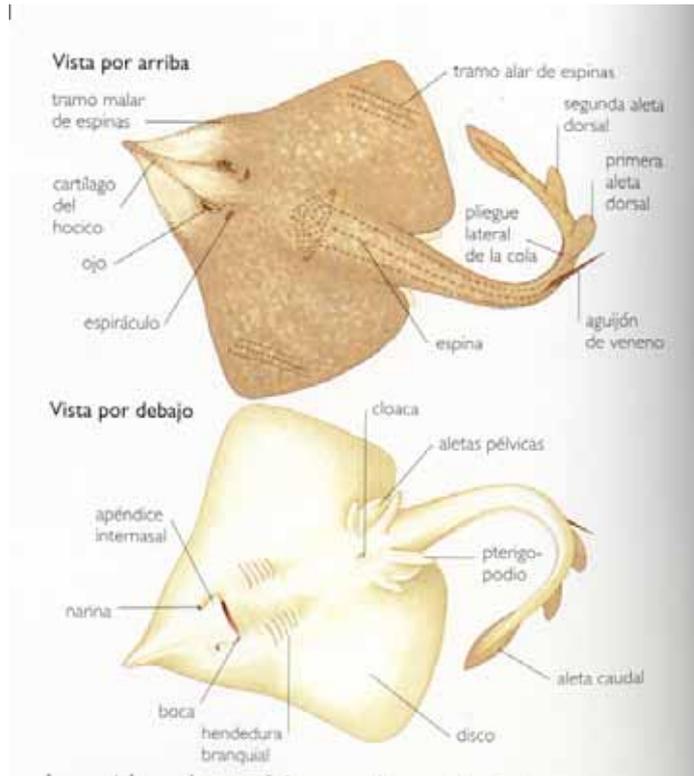
La cabeza se extiende desde el rostro hasta la última hendidura branquial; el tronco desde la parte posterior de la cabeza hasta el pedúnculo caudal (región más estrecha del cuerpo); y la cola desde esa región hasta el extremo posterior de la aleta caudal.

En la cabeza hay una ancha boca situada en posición ínfera o ventral, en la mayoría de los casos, con dientes cubiertos de esmalte; una o dos aberturas nasales no comunicadas con la cavidad bucal denominada narina. Poseen un par de ojos, laterales en tiburones y dorsales en rayas con dos párpados fijos y sólo algunos tiburones una tercera formación cutánea conocida como membrana nictitante que actúa como protectora ocular durante la depredación. Poseen de cinco a siete hendiduras branquiales. Ambos grupos presentan un par de orificios abiertos al exterior, llamados espiráculos, comunicados con las branquias, localizándose ante la primera hendidura branquial en tiburones y tras los ojos en las rayas, actuando como entrada del agua que contiene el oxígeno. Algunos grupos de tiburones carecen de ellos, principalmente los ligados a los fondos.



En el tronco, generalmente de sección transversal oval, se reconocen varias aletas, formadas por repliegues de la piel que se extienden sostenidos por radios de naturaleza cartilaginosa. Se pueden reconocer dos tipos de aletas, las pares, que son las que presentan una situación simétrica a uno y otro lado del cuerpo, y las impares, que se sitúan en la línea media del cuerpo. Entre las pares o laterales se tienen las pectorales o torácicas, situadas por detrás de la

cabeza; y las ventrales, abdominales o pélvicas, que se encuentran por debajo de las anteriores. En los machos maduros, cada aleta pélvica lleva un apéndice alargado y surcado, el pterigopodio o fórceps, que es utilizado en la copulación. Entre las impares de esta región se tienen las dorsales (dos), situadas en la región dorsal; y la anal, que se encuentra en la región ventral.



La cola está constituida por la aleta caudal, impar, que es heterocerca, es decir los dos lóbulos que la constituyen son desiguales. Esto se debe a que el extremo de la columna se curva hacia arriba. En muchos batoideos, como las pastinacas, las águilas marinas y otros tienen una cola modificada que porta afiladas espinas. Estas armas venenosas tienen una función defensiva.

Típicamente, la forma del cuerpo es hidrodinámica, fusiforme, aunque algunas especies pierden esa forma al adaptarse a situaciones ecológicas especiales (la raya que vive en contacto permanente con el fondo, por ejemplo). Así, los batoideos presentan una amplia gama de formas y de dimensiones corporales, las rayas por un cuerpo redondeado o romboidal, con una cola pequeña y musculosa que lleva dos aletas dorsales y una diminuta aleta caudal. En general, las especies bentónicas, que están poco adaptadas a la natación, presentan formas poco hidrodinámicas; las demersales, que están mejor adaptadas a la natación que las anteriores, presentan formas más hidrodinámicas; y las pelágicas, que son muy nadadoras, tienen cuerpos muy hidrodinámicos.



La piel presenta una capa interna, la dermis, en la que se forman las escamas, y otra externa, la epidermis, que cubre a la anterior y segrega una sustancia mucilaginosa que facilita los movimientos por el agua y sirve de protección contra la abrasión y la entrada de organismos patógenos. La mayor parte de las especies presentan el cuerpo recubierto por series diagonales de diminutas escamas placoideas distribuidas uniformemente. Cada una de ellas consta de una placa basal aplastada de la que destaca una espina puntiaguda que, perforando la epidermis, se orienta hacia atrás. Este tipo de escamas, también denominadas dentículos dérmicos, están formadas por dentina y dan a la piel el aspecto de lija.



El color de la piel está ligado a la presencia de pigmentos o resulta de mecanismos de orden físico (refracción, por ejemplo). Las células pigmentarias se denominan cromatóforos. La coloración de un mismo individuo puede variar según las circunstancias en las que se encuentre o de acuerdo con el ambiente que le rodee, llegando incluso algunas especies a imitar el color del fondo sobre el que se encuentran.

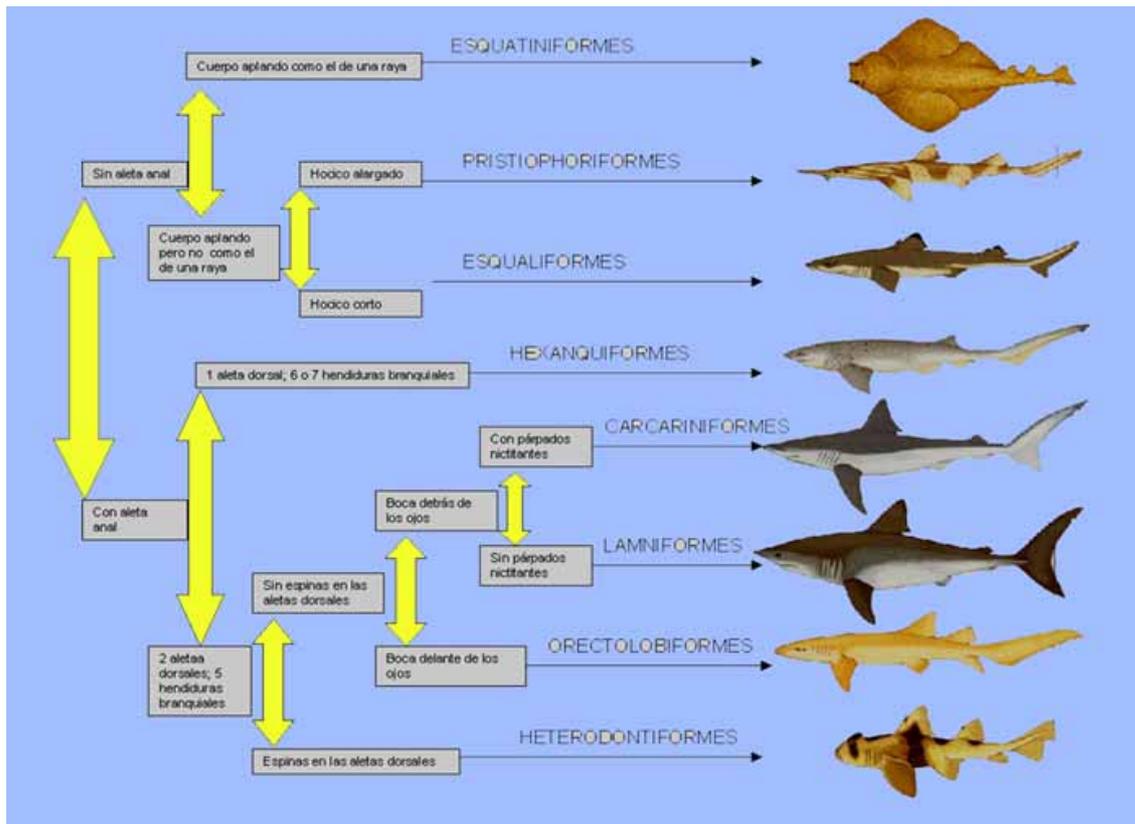
Taxonomía

Subclase Elasmobranchii (-tiburones y rayas)

TIBURONES Orden Hexanchiformes (6 y 7 hendiduras branquiales)
 Orden Squaliformes (mielgas)
 Orden Pristiophoriformes (tiburones sierra)
 Orden Squatiniformes (tiburones ángel)
 Orden Heterodontiformes (tiburones cornudos)
 Orden Orectolobiformes (tiburones de arena)
 Orden Lamniformes (marrajos y afines)
 Orden Carcharhiniformes (lamias)

RAYAS Orden Rajiformes (rayas)
 Orden Rhinobatiformes (peces guitarra)
 Orden Pristiformes (peces sierra)
 Orden Torpediformes (tremolinas)
 Orden Myliobatiformes (pastinacas)

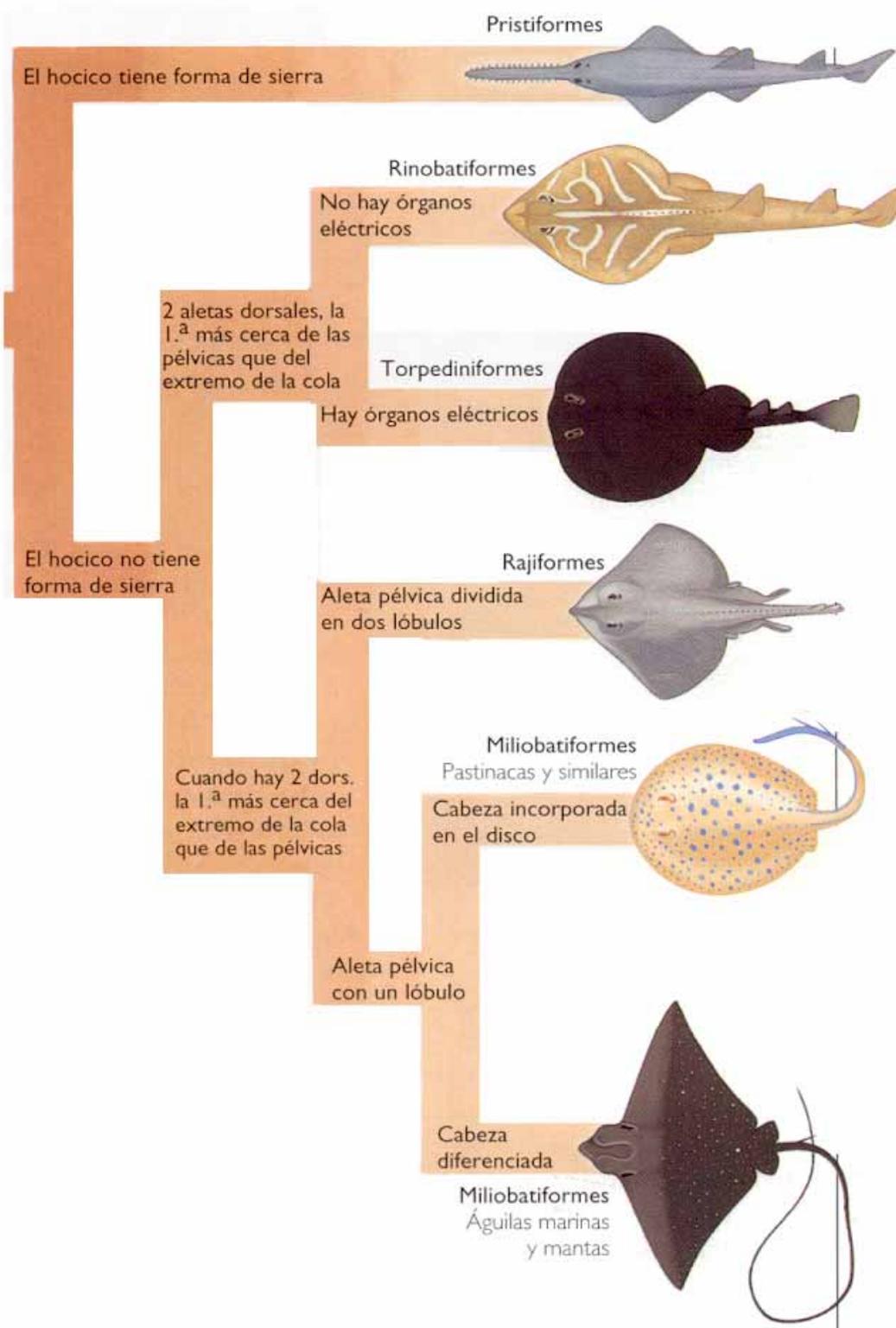
Tiburones. Los tiburones pueden clasificarse en órdenes observando los rasgos básicos. Así los angelotes (Squatiniformes), los tiburones sierra (Pristiophoriformes) y las mielgas, quelvachos y cerdos marinos (Escualiformes) se pueden identificar por la ausencia de aleta anal. Una vez conocida este rasgo es fácil diferenciar entre los tres órdenes por la forma del cuerpo y de la cabeza. Otras características importantes a nivel de identificar el orden son el número de hendiduras branquiales (6-7; Hexanchiformes), la presencia de espinas en las aletas dorsales (Heterondiformes), la posición de la boca delante de los ojos (Orectolobiformes) y la ausencia o presencia de párpados nictitantes. Otras características para profundizar en el conocimiento e identificación de las especies incluyen rasgos descriptivos tales como la presencia o ausencia de espiráculos, de un lóbulo en la aleta caudal, de una cresta interdorsal, de quillas caudales, la longitud del cuerpo y el tamaño y el número de dientes entre otras.



Algunos grupos de tiburones como los angelotes y tiburones sierra, también tienen aletas pectorales ensanchadas que recuerdan a un pequeño disco pero sus branquias se sitúan a los lados de la cabeza. Las rayas, en cambio, tienen cinco (o seis) pares de hendiduras branquiales en la superficie inferior. En muchos grupos la cabeza forma parte del disco y cuando está separada, las aletas pectorales se unen a la cabeza delante de las hendiduras branquiales. En las especies bentónicas, los ojos y los espiráculos suelen hallarse en la parte superior de la cabeza.



Las rayas pueden clasificarse en cinco órdenes observando rasgos básicos. Así, la presencia de un hocico que parece una sierra (Pristiformes) la posición de las aletas dorsales (2 aletas dorsales la primera más cerca de las pélvicas que de la cola, Rhinobatiformes) y la presencia o ausencia de órganos eléctricos (Torpediniformes), la forma de las aletas pélvicas (divididas en dos lóbulos, Rajiformes; con un lóbulo, Miliobatiformes) y la forma de la cabeza.



Heterodontus Blainville, 1816

Genus: Subgenus *Heterodontus* Blainville, 1816 (Genus *Squalus* Linnaeus, 1758), *Bull. Sci. Soc. Philomat. Paris*, (8): 121.

Type Species: *Philippus = Squalus philippi* Bloch and Schneider, 1801, by monotypy; a junior synonym of *Squalus portus Jacksoni* Meyer, 1793.

Number of Recognized Species: 9.

Synonyms: Genus *Cestracion* Oken, 1817, 1183. Latinization of 'Les Cestracions. Cuv.' Cuvier, 1816: 129. Type species: *Squalus philippi* Bloch and Schneider, 1801, by monotypy? Genus *Cestracion* Gray, 1831: 5. Type species: *Cestracion zebra* Gray, 1831, by monotypy? Error or emendation of *Cestracion* Oken, 1817? Genus *Cestracion* Müller and Henle, 1838: 85. Probable error for *Cestracion* Oken, 1817? Genus *Heterodontus* Gill, 1862: 403. Obvious error for *Heterodontus* Blainville, 1816, as name is spelled correctly on same page. Genus *Gyrepleurodon* Gill, 1863: 331. Type species: *Cestracion francisci* Girard, 1854, by monotypy (or original designation). Genus *Tropidodus* Gill, 1863: 489. Type species: *Cestracion pantherinus* Valenciennes, 1846, by original designation. Genus *Molochophrys* Whitley, 1931: 310. Type species: *Cestracion galatras* Günther, 1870, by original designation. Subgenus *Hais* Fowler, 1934: 233 (Genus *Heterodontus* Blainville, 1816). Type species: *Cestracion zebra* Gray, 1831, by original designation. Genus *Tropidodus* Beebe and Tee-Van, 1941: 118. Apparent error for *Tropidodus* Gill, 1863. Genus *Cestracion* Fowler, 1941: 17. Apparent error for *Cestracion* Oken, 1817. Genus *Cestracion* Fowler, 1941: 17. Error for *Cestracion* Oken, 1817 or *Cestracion* Gray, 1831.

Diagnostic Features: See family Heterodontidae above.

Key to Species:

- 1a. Supraorbital ridges very high (Fig. 24) *Heterodontus galatras*
- 1b. Supraorbital ridges moderate to low (Fig. 25) → 2

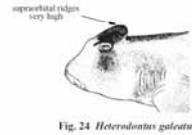


Fig. 24 *Heterodontus galatras*

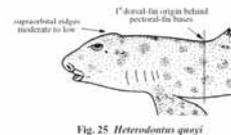


Fig. 25 *Heterodontus quoyi*

- 2a. First dorsal-fin origin behind pectoral-fin bases (Fig. 25) *Heterodontus quoyi*
- 2b. First dorsal-fin origin over pectoral-fin bases (Fig. 26) → 3
- 3a. Body and fins spotted (Fig. 26) → 4
- 3b. Body and fins striped or banded (Fig. 27) → 6

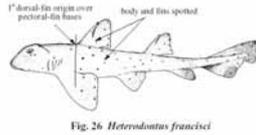


Fig. 26 *Heterodontus francisci*

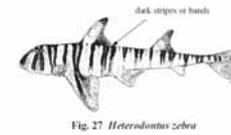


Fig. 27 *Heterodontus zebra*

Heterodontus francisci (Girard, 1854)

Fig. 33

Cestracion francisci Girard, 1854. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 7(6): 196. Holotype: U.S. National Museum of Natural History, apparently lost according to Taylor (1972, Rev. shark fam., Heterodontidae: 47). Type locality, Monterey Bay, California. Not listed in catalogue of USNM shark types by Howe and Springer (1993, *Smiths. Contr. Zool.*, [540]: 1-119). Syntypes possibly USNM 933 (2) according to Eschmeyer (1998, *Cat. Fish.* CD-ROM).

Synonyms: *Heterodontus californicus* Herald, 1961: 49. Apparent error for *H. francisci*, which was cited correctly by Herald on p. 32.

Other Combinations: *Gyrepleurodon francisci* (Girard, 1854).

FAO Names: En - Horn shark, Fr - Requin dormeur cornu; Sp - Dormición cornudo.

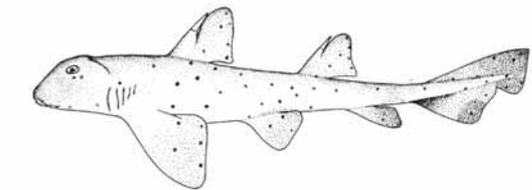


Fig. 33 *Heterodontus francisci*

Field Marks: Dorsal fins with spines, anal fin present, colour pattern of small dark spots less than one-third eye diameter on light background, no light bar on interorbital space between supraorbital ridges, first dorsal-fin origin over pectoral-fin bases.

Diagnostic Features: Supraorbital ridges moderately low, abruptly truncated posteriorly, interorbital space deeply concave, depth between ridges less than one-fourth eye length. Anterior holding teeth with a cusp and a pair of cusplets in adults, posterior molariform teeth strongly carinate and not greatly expanded and rounded. Pre-first dorsal-fin length 22 to 27%, and anal-caudal space 4 to 8% of total length. Lateral trunk denticles small and smooth, area behind first dorsal fin with about 200 denticles per cm² in adults. Propterygium separate, not fused to mesopterygium. First dorsal-fin spine directed obliquely posterodorsally in juveniles and adults; first dorsal-fin origin anterior to pectoral-fin insertions, over or slightly behind midbases of pectoral fins and well posterior to fifth gill openings; first dorsal-fin insertion well anterior to pelvic-fin origin and well behind pectoral-fin insertion; first dorsal-fin free rear tip opposite or somewhat anterior to pelvic-fin origins. First dorsal fin moderately high and semilunate in adults, height 9 to 14% of total length, slightly larger than pelvic fins. Second dorsal-fin origin over or slightly in front of pelvic-fin rear tips, second dorsal fin somewhat falcate and nearly as large as first dorsal fin. Anal fin subangular and weakly falcate, with apex reaching lower caudal-fin origin when laid back; anal-caudal space about equal to anal-fin base. Total vertebral count 103 to 123, precaudal count 65 to 76, monospondylous precaudal count 30 to 38, diplospondylous precaudal count 32 to 46, pre-first dorsal-fin spine count 12 to 16, count from diplospondylous transition to second dorsal-fin spine 7 to 16. Egg cases with fat thin spiral flanges diagonal to case axis and no tendrils on case apices; flanges with five laminae. A large species, mature between 59 and 122 cm. Colour: background colour of dorsal surface dark to light grey or brown with dark brown or black spots on body and fins, spots generally less than one-third eye diameter; body without a dark harness pattern; head without a light bar on interorbital surface; small dark spots present below eye on dusky patch; fins without abrupt dark tips and white dorsal-fin apices; hatchlings without whorls on fins and body, colour pattern as in adults although brighter.

- 4a. Body and fins with white spots in adults and subadults (Fig. 28); hatchlings with thin curved parallel lines on body *Heterodontus ramalheira*
- 4b. Body and fins with dark spots and (particularly in young), darker saddles (Fig. 29) → 5



Fig. 28 *Heterodontus ramalheira*

- 5a. Back and sides with small dark spots less than a third of eye diameter (Fig. 25); no light-coloured bar on interorbital surface of head *Heterodontus francisci*
- 5b. Back and sides with larger dark spots a half eye diameter or more (Fig. 29); a light-coloured bar on interorbital surface of head *Heterodontus mexicanus*

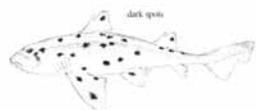


Fig. 29 *Heterodontus mexicanus*

- 6a. Body with a harness pattern of dark stripes (Fig. 30) *Heterodontus portusjacksoni*
- 6b. Body with vertical dark bands or saddles, not arranged in a harness pattern (Fig. 27) → 7

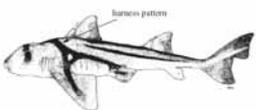


Fig. 30 *Heterodontus portusjacksoni*

- 7a. Background colour of dorsal surface white or cream with a zebra pattern of 22 to 36 narrow dark markings from snout to origin of caudal fin; anal-caudal space over twice anal-fin base (Fig. 27) *Heterodontus zebra*
- 7b. Background colour of dorsal surface tan to brown with 5 to 14 broad or narrow, diffuse-edged markings from snout to origin of caudal fin; anal-caudal space less than twice anal-fin base (Fig. 31) → 8



Fig. 31 *Heterodontus japonicus*

- 8a. Dorsal, pectoral and caudal fins without abruptly black tips or white apical spots; about 11 to 14 dark markings from snout to origin of caudal fin, including broad dark saddles and narrow bands between them *Heterodontus japonicus*
- 8b. Dorsal and pectoral fins, and ventral caudal-fin lobe, with abruptly black tips, dorsal fins with white apical spots; 4 or 5 broad dark saddles from snout tip to origin of caudal fin, without narrow dark bands between them (Fig. 32) *Heterodontus* sp. A (Oman)

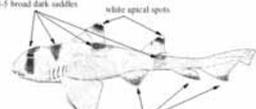


Fig. 32 *Heterodontus* sp. A

Distribution: Warm-temperate and subtropical waters of the eastern Pacific: USA (Central and southern California), Mexico (Baja California, Gulf of California), and probably Ecuador and Peru. Off the USA it is most common off southern California but ranges to Monterey Bay and may occasionally penetrate as far north as San Francisco Bay (where it is not resident) during northern inflows of warm water.



Habitat: A common benthic and epibenthic shark, found on the eastern Pacific continental shelf most abundantly at depths from 2 to 11 m but ranging from the intertidal zone to at least 150 m. Found on rocky bottoms including reefs, kelp beds, sandy dunes between rocks, and on sand flats. On rocks it often occurs in deep crevices and small caves, and ventures far into large underwater caverns. Juveniles shelter on sandy bottom, often near algae, rocks, detritus, or in feeding holes excavated by bat rays (*Myliobatis californica*).

Biology: The horn shark is sluggish, nocturnal, and mostly solitary, though small aggregations have been seen by divers. It is seldom seen moving during the daytime but commonly has its head in a crevice. Shortly after dusk this shark becomes active and apparently feeds mostly at night, but ceases activity after dawn. Adults tend to return to the same resting place every day, but range at night over a small home range of roughly 0.1 hectare. According to Michael (1993) these sharks migrate into deeper water in winter, but it is uncertain if this occurs in the tropical part of their range. Experimentation with captive horn sharks indicates that their diel activity pattern is controlled by light intensity. The broad, muscular paired fins of the horn shark are used as limbs for clambering on the bottom, and are highly mobile and flexible. Swimming is slow and sporadic.

Courtship and copulation have been observed in captivity. The male horn shark chases the female until the latter is ready, then both drop to the bottom. The male grabs the female's pectoral fin with his teeth and inserts a single clasper in her cloaca; copulation lasts 30 to 40 min. One to two weeks later eggs are laid by captive females, one of which laid two eggs per day at 11 to 14 day intervals for four months. In nature these sharks mate in December or January and females drop eggs in February to April. Females normally deposit eggs under rocks or in crevices between them. In captivity they drop eggs on the bottom where the contents of egg cases may be subsequently sucked out and eaten by these sharks. Eggs can be readily hatched in aquaria and take 7 to 9 months to hatch; the young begin to take a month after hatching.

The horn shark feeds on benthic invertebrates, including sea urchins (echinoids), crabs, shrimp, isopods, sipunculid worms, anemones, bivalves, gastropods (possibly abalone), cephalopods (octopuses), but less commonly on small fish including pipefish (Syngnathidae) and blacksmith (*Chromis punctipinnis*, Pomacentridae). According to Michael (1993), the active diurnal blacksmith is eaten at night by the horn shark while it is resting on the bottom. Predators are little known: a Pacific angelshark (*Squatina californica*) has been filmed as swallowing small horn sharks and spitting them out alive, possibly because of their strong spines.

Size: Maximum 122 cm but most adults are below 97 cm. Egg cases 10 to 12 cm long and 3 to 4 cm wide at broad end (not over flanges); length at hatching 15 to 16 cm; males maturing at about 58 to 59 cm and adult at 59 to 84 cm; females mature over 58 cm.

Interest to Fisheries and Human Impact: Interest to fisheries minimal, probably utilized or formerly utilized for fishmeal as a bycatch of the shrimp fishery and other bottom-trawling operations in Pacific Mexican waters. It has been captured by divers for sport and for its large fin spines, which are made into jewellery; decreases in numbers of horn sharks have been noted in areas with intense diver activity in southern California. Horn sharks are often harassed and grabbed by divers, but when provoked may swim after their assailants and bite them. These sharks are kept in many public aquaria in the United States. They are hardy, attractive, readily maintained, will breed in captivity, and have been displayed for many years.

Local Names: California bull-head shark, Bullhead shark, Horned shark.

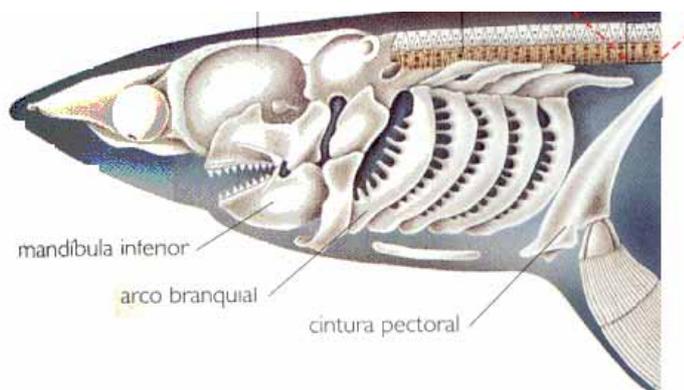
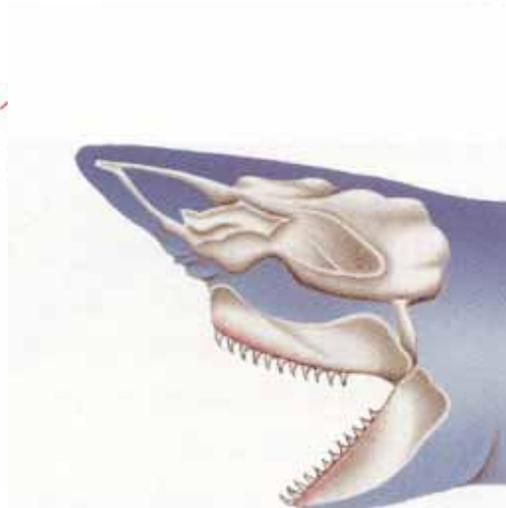
Remarks: Michael (1993) had a photograph and brief account of what may be an undescribed bullhead shark in the southern Gulf of California, which he termed the Cortez bullhead shark (*Heterodontus* sp.). According to Michael it is similar to *H. francisci* and *H. mexicanus* but differs from both species in having higher, more falcate dorsal fins, no dark spots, a lighter abdomen, and no light line on the interorbital space. It has low supraorbital ridges as in *H. mexicanus*. The species has not, to the writer's knowledge, been collected, so its status is treated as uncertain here pending detailed comparison of material with the sympatric *H. mexicanus* and *H. francisci*.

Literature: Daniel (1928); Beebe and Tee-Van (1941); Smith (1942); Roedel and Ripley (1950); Limbaugh (1963); Nelson and Johnson (1970); Miller and Lea (1972); Taylor (1972); Feder, Turner and Limbaugh (1974); Applegate et al. (1979); Chirchigo (1980); Compagno (1983, 1984); Michael (1993); Compagno, Krupp and Schneider (1995); Sagara-Zarosa, Abitia-Cárdenas and Galván-Magaña (1997).

Anatomía

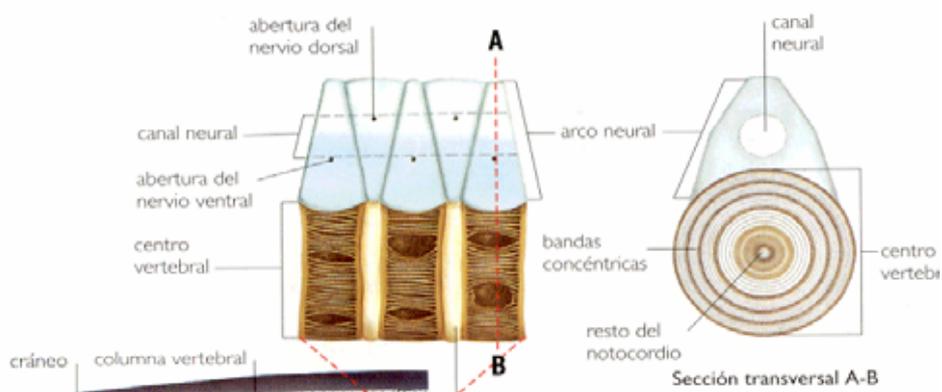
El esqueleto es, esencialmente, cartilaginoso, sin verdaderos huesos, y está más o menos reforzado por depósitos calcáreos. El esqueleto comprende un condocráneo, un esqueleto visceral, una columna vertebral y un esqueleto apendicular. El condocráneo, que se encuentra en la cabeza, está formado por el cráneo o neurocráneo, que aloja al encéfalo, y las cápsulas pares para los órganos olfatorios, ópticos y auditivos. El esqueleto visceral o esplanocráneo, que se encuentra en la cabeza en posición ventral con respecto al anterior, consta del arco mandibular, el arco hioideo y los pares de arcos branquiales, de cinco a siete.

Las mandíbulas, móviles, están articuladas con el cráneo. La mandíbula superior lleva una serie completa de dientes y deriva directamente de los cartílagos palatocuadrados que se forman durante el desarrollo a partir del arco mandibular superior. La mandíbula inferior de los elasmobranquios, que recibe el nombre de cartílago de Meckel, se forma durante el desarrollo a partir de la posición inferior del arco mandibular y también lleva una serie completa de dientes en el adulto. En la mayoría de las especies la mandíbula superior descansa



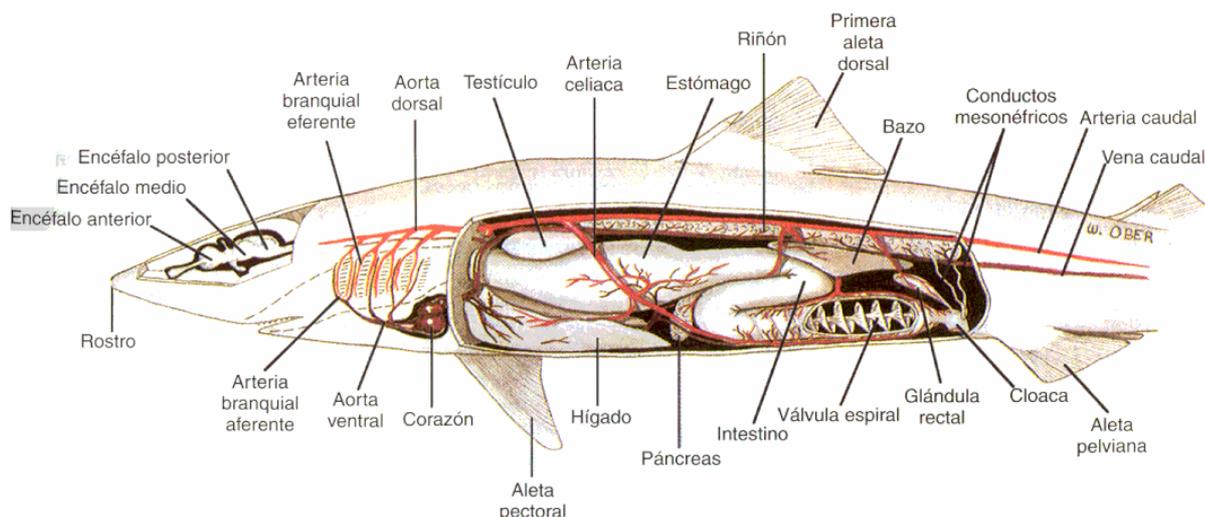
sobre la cara inferior del cráneo donde forma una unión laxa mediante ligamentos y tejido conectivo. Queda suspendida del cráneo por el cartílago hioides, que se une cerca el vértice posterior de la mandíbula. Esta disposición permite que la mandíbula inferior se proyecte fuera del cráneo durante la alimentación.

La columna vertebral, que recorre el cuerpo, es segmentada. Cada vértebra consta de un cuerpo vertebral, cóncavo en ambos extremos (anficélica), de un par de arcos dorsales o neurales y de un par de arcos ventrales o hemales. Los arcos neurales delimitan con el cuerpo vertebral un espacio donde se alberga la médula espinal; en la región caudal, los arcos hemales forman con el cuerpo vertebral un espacio por donde pasan la aorta y la vena caudales. El número de vértebras es característico de cada especie, pudiendo variar para cada una de ellas de acuerdo con las condiciones en que viven las distintas poblaciones. El esqueleto apendicular comprende la cintura escapular, que sostiene las aletas pectorales, la cintura pélvica, en la que se articulan las aletas pélvicas, y numerosos pequeños cartílagos articulados que existen dentro de cada aleta lateral y que le sirven de sostén. Las aletas medias están sostenidas por radios dérmicos.



Sistema digestivo. En la cabeza, generalmente en posición ventral, se abre la boca, ancha, que presenta numerosos dientes cubiertos de esmalte en las mandíbulas y una estructura lingüiforme plana no muscular en el suelo. Existen varias filas de dientes, formadas por dientes funcionales y de sustitución. A la boca le sigue la faringe, también ancha, a cuyos lados se localizan las aberturas que conducen a las hendiduras branquiales y a los espiráculos. A continuación, un corto y ancho esófago conduce al estómago, que es tubular y contiene un ciego. Luego, sigue el intestino, donde se ---

encuentra una válvula espiral que hace más lento el paso del alimento y ofrece mayor superficie de absorción. El intestino comunica directamente con la



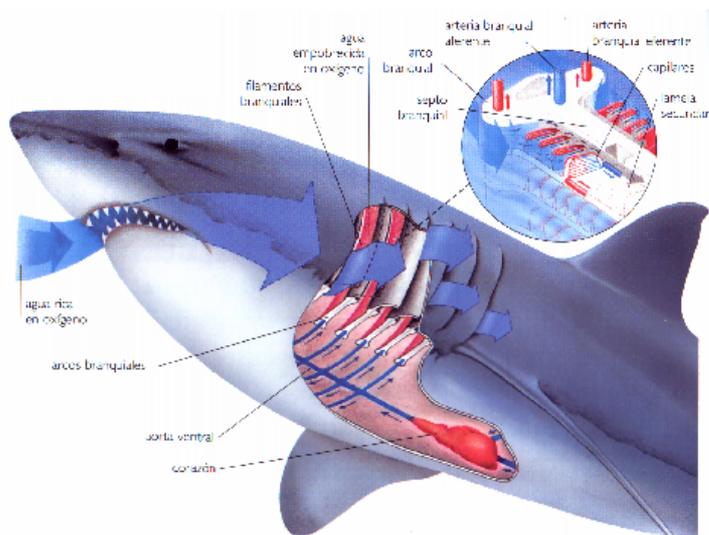
cloaca y el ano, que se halla entre las aletas pélvicas. Están provistos de una glándula rectal. En muchas especies existen ciegos pilóricos, de misión glandular, al comienzo del intestino. Adherido al extremo anterior de la cavidad del cuerpo hay un gran hígado, una vesícula biliar y el conducto biliar, que va al intestino. Entre el estómago y el intestino se encuentra el páncreas, bilobulado.



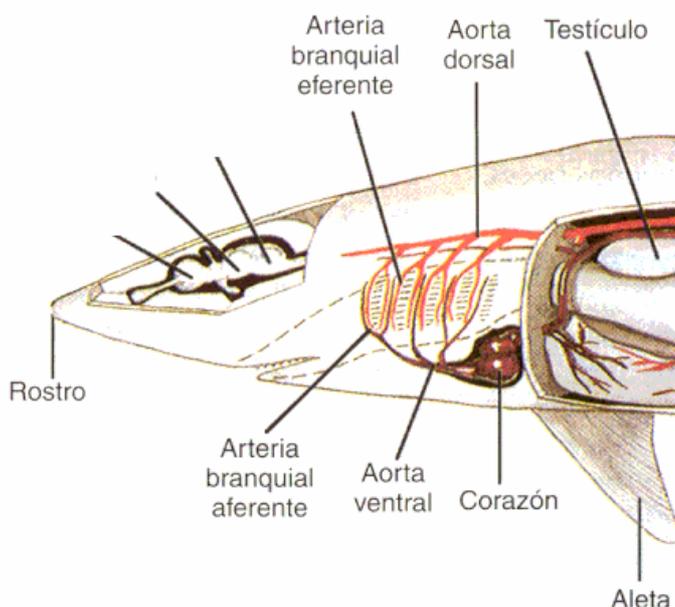
Mientras que los peces óseos poseen una vejiga natatoria llena de gas para mantener la flotabilidad, los tiburones han desarrollado un hígado muy rico en aceite (escualeno) junto con otras estrategias para mantener un control de su posición en el agua (ingestión de aire atmosférico, modificación de los denticulos, etc.).

Sistema circulatorio. Debajo de la región branquial, en un saco denominado pericardio, se localiza el corazón, órgano central del sistema, que consta de dos cámaras, una aurícula y un ventrículo, un seno venoso y un cono arterioso.

La sangre venosa procedente de todo el cuerpo es recogida en el seno venoso, pasa a la aurícula, de ahí al ventrículo y desde el cono arterioso es enviada a las branquias para que, una vez oxigenada, sea distribuida a todo el cuerpo. La sangre pasa por el corazón, pero sólo una vez en cada circuito. Toda la sangre del corazón es venosa. Los glóbulos rojos son nucleados y ovals.



Sistema respiratorio. En la parte posterior de la cabeza, a cada lado, situadas en el interior de varias cámaras, de cinco a siete, comunicadas cada una con el exterior mediante una hendidura, se localizan las branquias, una por cámara. En las rayas las aberturas branquiales se localizan en la superficie inferior, disponiendo de espiráculos bien desarrollados detrás de los ojos con los que aspiran agua para respirar mientras descansan sobre el fondo o mientras utilizan la boca para comer. Las branquias, órganos que permiten captar el oxígeno disuelto en el agua y expulsar los gases nocivos resultantes del proceso respiratorio, están formadas por numerosos filamentos alargados y paralelos. Esos filamentos o laminillas, que van insertos sobre los arcos branquiales, son ricos en vasos sanguíneos. La sangre de la aorta ventral pasa por esos capilares, descarga anhídrido carbónico y absorbe el oxígeno disuelto en el agua, continuando seguidamente por la aorta dorsal.

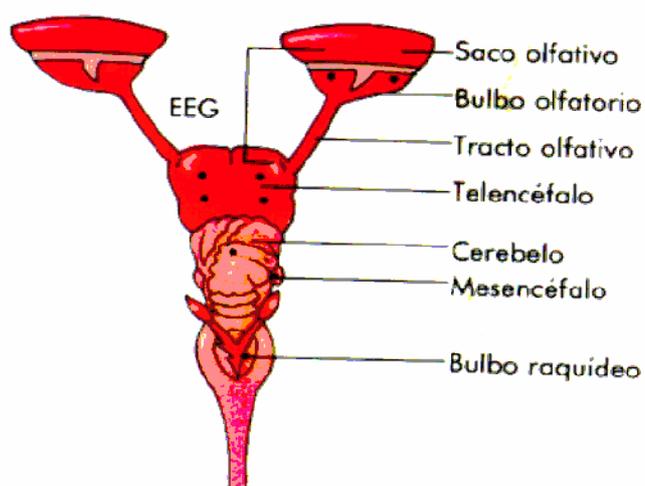


Sistema excretor. En la cavidad del cuerpo, situados dorsalmente, se localizan dos riñones mesonéfricos, que son alargados. La orina de cada uno de ellos es recogida en una serie de conductillos segmentarios que desembocan en el conducto de Wolf (uréter), que se dirige hacia atrás. Los dos uréteres vierten su contenido por la pupila urogenital única, situada dorsalmente en la cloaca. Una glándula rectal alargada se inserta en la unión del intestino y la cloaca y colabora con los riñones en la eliminación del exceso de sales de la sangre. Los riñones juegan un importante papel

como reguladores de la presión osmótica, variando la cantidad y concentración de orina según la salinidad del agua. Los Condrictios mantienen su presión osmótica interior de una manera particular.

Como la concentración de sus líquidos fisiológicos equivale casi a $1/3$ de la del agua de marina, se encuentra en constante peligro de deshidratación. Para evitar esto, retienen activamente su orina en el cuerpo, gracias a la cual igualan su presión a la del medio.

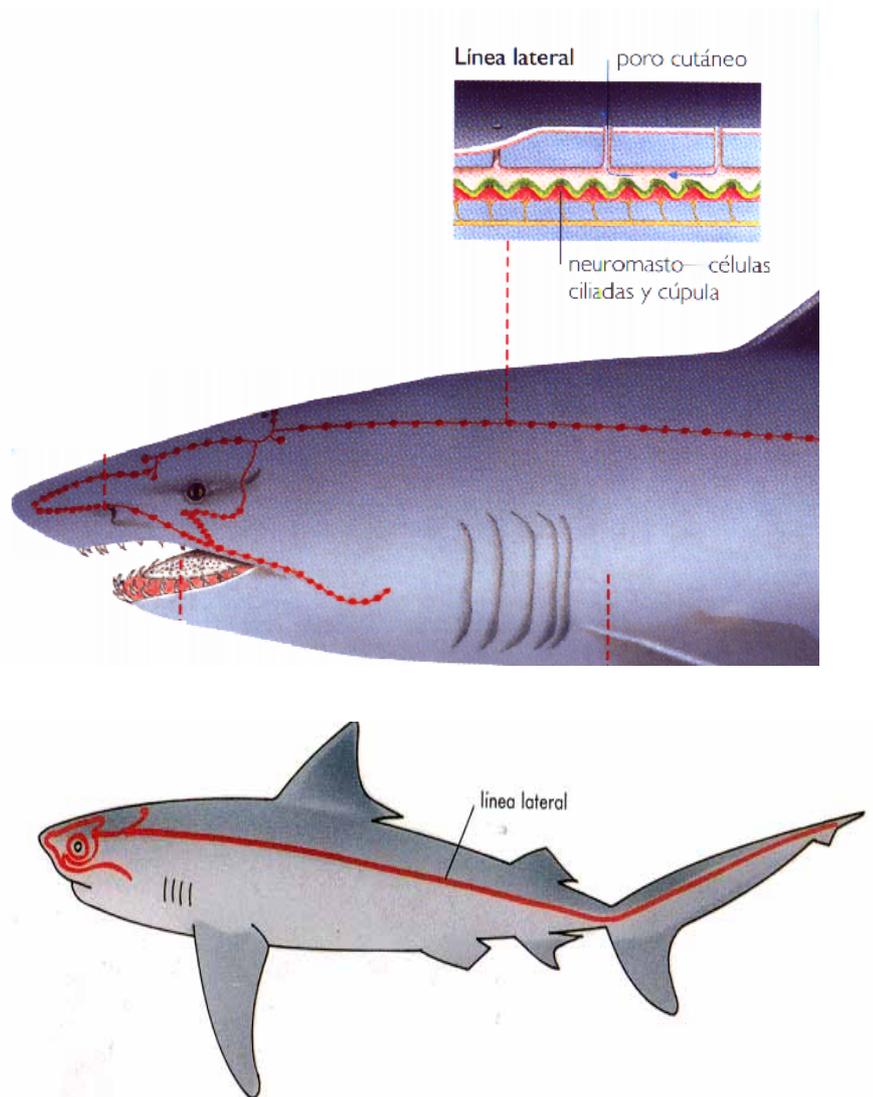
Sistema nervioso. El encéfalo, órgano central del sistema, se encuentra en la cabeza. En él se distinguen tres regiones, el cerebro anterior o prosencéfalo, el medio o mesencéfalo y el posterior o rombencéfalo. En el prosencéfalo se localizan los lóbulos olfatorios, los cuales conectan mediante dos grandes conductos con los bulbos olfatorios, el cuerpo pineal y el infundíbulo, al cual se inserta la hipófisis.



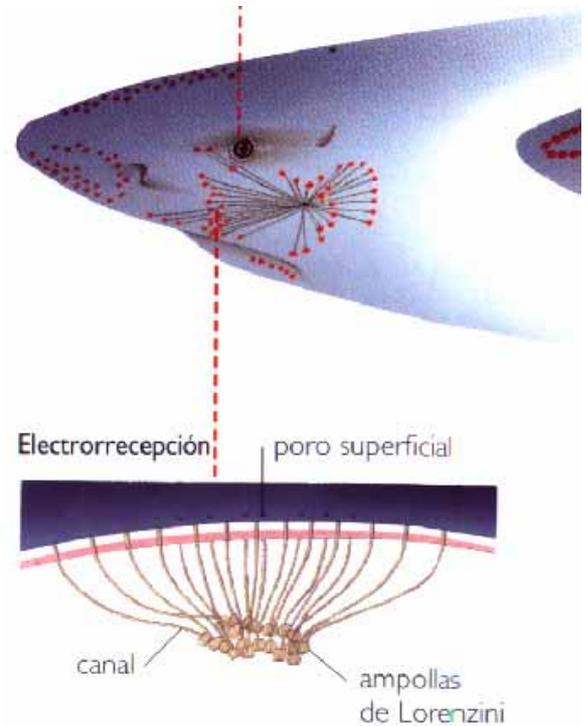
Los lóbulos y los bulbos olfatorios están muy desarrollados. Sobre el cerebro medio, dorsalmente, hay dos lóbulos ópticos redondeados. El cerebro posterior comprende el cerebelo, que está muy desarrollado, cubriendo en gran parte los lóbulos ópticos. Hay diez pares de nervios craneales que inervan a los distintos órganos, principalmente de la cabeza. El cordón nervioso espinal está protegido por los arcos neurales de las vértebras, entre los cuales emergen nervios espinales pares que van a cada segmento del cuerpo. El sistema nervioso simpático comprende una serie de ganglios más o menos segmentarios.

Órganos de los sentidos. A menudo se presentan a los elasmobranquios como animales instintivos y nada astutos que poseen unos sistemas sensoriales poco desarrollados y un cerebro rudimentario.

El conjunto sensorial más importante reside en la línea lateral, surco cutáneo que se extiende a lo largo del tronco y la cola y que contiene células sensitivas. El sistema lateral, que está en relación con el laberinto del oído interno, transmite sensaciones de variación de presión del medio acuático, así como vibraciones. Está compuesto por un sistema canicular que se extiende a lo largo del cuerpo. En su interior se encuentran órganos receptores especiales (neuromastos) que son extremadamente sensibles a las vibraciones y corrientes de agua.

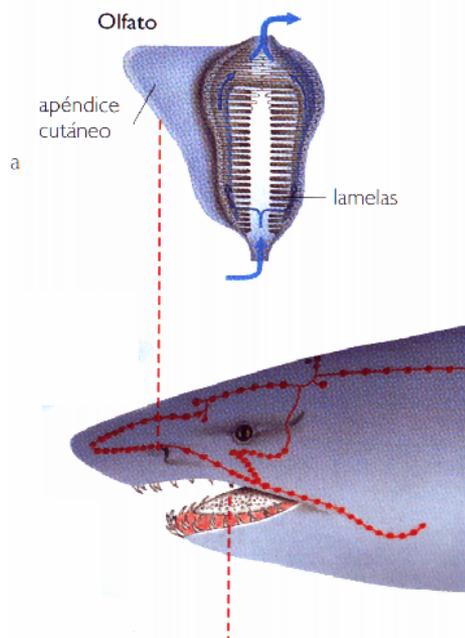


Estos animales poseen en la cabeza, además, unos órganos receptores de campos eléctricos, las ampollas de Lorenzini, mediante los cuales pueden detectar y dirigir sus ataques a las presas (en torno de todos los animales hay campos eléctricos).

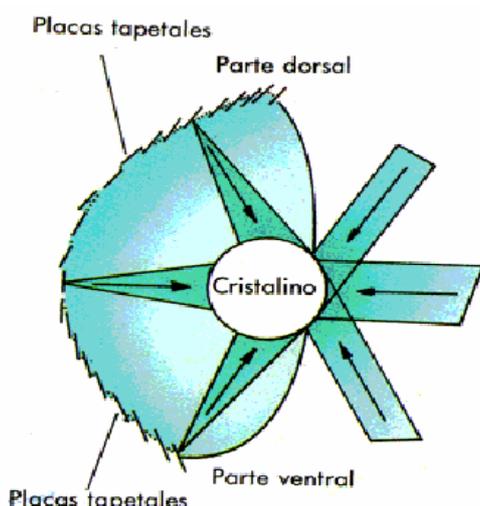


Cada uno de estos sistemas electrosensoriales consta de una pequeña cámara (la ampolla) tapizada de células pilíferas y unidas a un tubo bien aislado y lleno de una jalea conductora. Muchas ampollas se hayan agrupadas como pequeños racimos a cada lado de la cabeza y de la mandíbula inferior. A partir de ellas, los tubos radian hacia los poros en puntos separados de la piel, de tal forma que estos pequeños sensores pueden detectar potenciales eléctricos en distintas localizaciones. Los estímulos bioeléctricos débiles que son producidos por las presas se originan principalmente en sus membranas biológicas, y son detectados por el elasmobranquio aunque la presa esté enterrada.

El órgano olfativo está situado en las fosas nasales, las cuales están regadas por el agua que entra. El olfato se localiza en dos sacos olfatorios situados bajo el hocico. Cada saco está cubierto por una solapa de piel que canaliza el agua hacia el interior de la cámara y a través de las lamelas sensoriales. El agua y las partículas disueltas o en suspensión fluyen a través de unos pequeños valles situados entre las lamelas, que están tapizados de células receptoras olfativas.



La posición de los ojos, generalmente a ambos lados de la cabeza, le da a estos animales un excelente campo de visión. El glóbulo ocular es elíptico, con una córnea central esclerótica que es transparente, y la pared del glóbulo está hecha de una esclerótica fibrosa y blanca. La cantidad de luz que entra en el



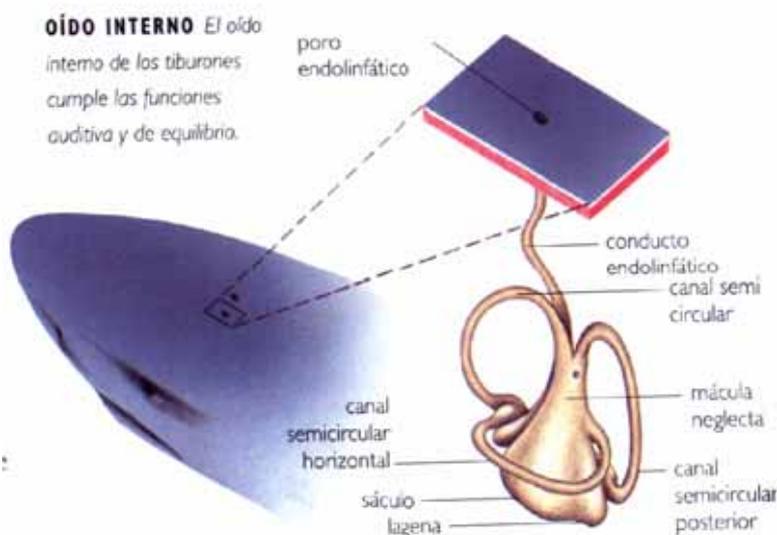
ojo es regulada por un iris bien desarrollado, que se contrae y expande para modificar el tamaño de la abertura, o pupila. Un cristalino transparente y casi esférico puede moverse detrás de la pupila para enfocar las imágenes sobre la retina que tapiza la

superficie interna del fondo del ojo. Dentro de la retina están los fotorreceptores (principalmente bastones) que permiten la visión del color y un buen detalle durante las horas diurnas. La característica más notable del ojo de los elasmobranquios es la presencia de una especie de pantalla reflectora (tapetum) justo detrás de la retina. Las células que forman esta capa actúan como espejos, reflejando hasta el 90% de la luz de determinados colores de nuevo hacia las células fotorreceptoras de la retina; esto aumenta la sensibilidad del ojo, por tanto la visión en muchas especies no tiene un papel secundario.

El sentido del gusto está especializado en la detección de compuestos biológicos. Las células receptoras del sabor se disponen sobre pequeños botones gustativos que recubren, principalmente, pequeñas protuberancias en el interior de la boca.

Los elasmobranquios disponen de unos órganos sensoriales muy precisos para el equilibrio (sistema vestibular) y para el oído (sistema auditivo). El sistema

vestibular es un conjunto de finos órganos membranosos diseñados para mantener la orientación, su equilibrio y el control de los movimientos de su cuerpo. Dentro de cada oído hay tres



canales semicirculares llenos de líquido, en ángulos rectos unos con otros y firmemente embebidos en cápsulas óticas del cráneo. Cuando el animal gira el cuerpo, o mueve la cabeza el líquido de los canales que están en el plano de rotación presiona contra una paleta de células pilíferas y estimulan impulsos nerviosos hacia el cerebro. Directamente por debajo de los canales semicirculares se unen los tres otolitos. Las células pilíferas de cada uno de estos órganos están dispuestas en una capa, la mácula, que está suspendida verticalmente (el sáculo y la lagena) o bien horizontalmente (el utrículo) dentro

del oído interno. Además, una aglomeración de granos de calcio denominados otoconio que descansan sobre la mácula, la estiran en función de la orientación del cuerpo.

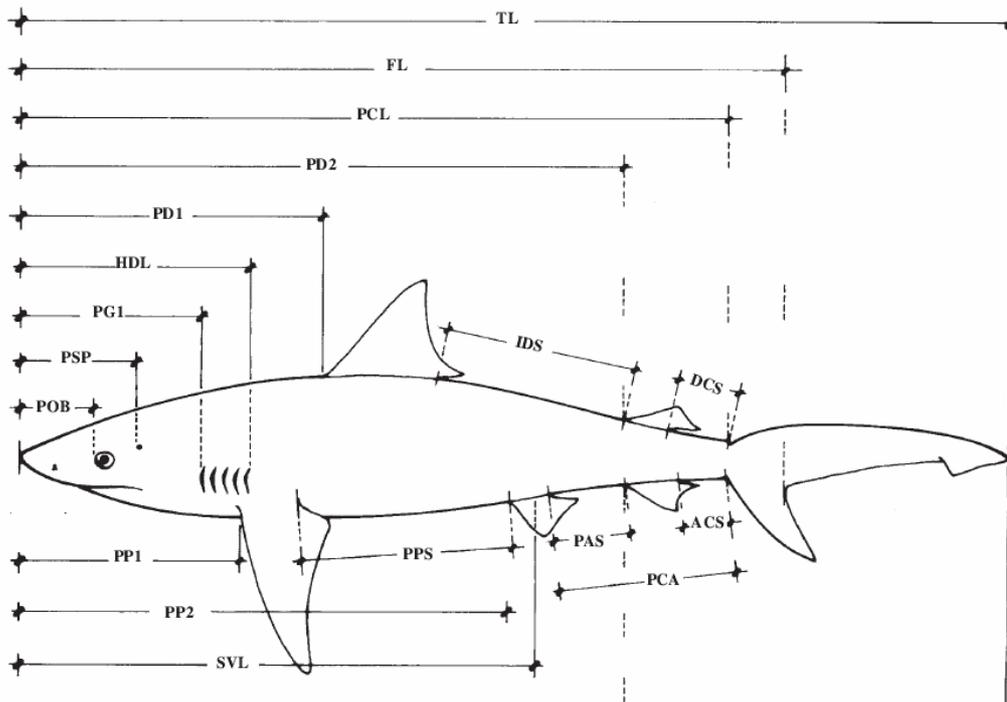
El sentido del tacto se distribuye por un entramado de terminaciones nerviosas bajo la superficie de la piel. Las terminaciones nerviosas libres son receptores del tacto simple no especializados dispuestos cerca de la superficie corporal.

Muestreo biológico

Para un estudio biológico en elasmobranquios, como mínimo hay que tomar las siguientes medidas y datos: Longitud total (Ltot), Longitud a la furca o bifurcación caudal (Lfur), Longitud estándar (Lest), Peso total (Ptot), Peso eviscerado o sin visceras (Pevi), Peso de tracto digestivo (pest) y Peso hepático (phep), Sexo (sex), Estado de madurez sexual (maduro o inmaduro).

1.2.3 Measurements Used for Sharks

TL = TOTAL LENGTH	PP2 = PREPELVIC-FIN LENGTH
FL = FORK LENGTH	SVL = SNOUT-VENT LENGTH
PCL = PRECAUDAL-FIN LENGTH	PAL = PREANAL-FIN LENGTH
PD2 = PRE-SECOND DORSAL-FIN LENGTH	IDS = INTERDORSAL SPACE
PD1 = PRE-FIRST DORSAL-FIN LENGTH	DCS = DORSAL CAUDAL-FIN SPACE
HDL = HEAD LENGTH	PPS = PECTORAL-FIN PELVIC-FIN SPACE
PG1 = PREBRANCHIAL LENGTH	PAS = PELVIC-FIN ANAL-FIN SPACE
PSP = PRESPIRACULAR LENGTH	ACS = ANAL-FIN CAUDAL-FIN SPACE
POB = PREORBITAL LENGTH	PCA = PELVIC-FIN CAUDAL-FIN SPACE
PP1 = PREPECTORAL-FIN LENGTH	VCL = VENT CAUDAL-FIN LENGTH



Además, hay que anotar el número y peso de óvulos fecundados, y el número, longitud y peso de los embriones. Por último, se extraen estructuras para determinar la edad (espinas o vértebras), tanto en los animales analizados como en los embriones.