Profundidades ancestrales: Un viaje ilustrado a través del ecosistema marino

Daniela Trespalacios Iguarán & Santiago A. Enciso Romero

Tesis o trabajo de investigación presentado(a) como requisito parcial para optar al título de:
Biólogo(a)

Director:
Juan Camilo Dumar Rodriguez

Universidad Distrital Francisco José De Caldas
Facultad de Ciencias Matemáticas y Naturales (FCMN)
Bogotá D.C.; Colombia
2025

Dedicatoria

A mi familia, por ser mi fuente de apoyo constante a lo largo de toda la carrera y en cada una de las etapas que tuve que atravesar; y a mi pareja, por su compañía, su apoyo incondicional y por creer en mí siempre en todos mis proyectos realizados.

Daniela Trespalacios Iguarán

A mi familia, por ser mi raíz y mis alas, siempre apoyándome e impulsándome, para poder alcanzar lo más alto.

Santiago Alfonso Enciso Romero

Agradecimientos

Al docente y director de tesis Juan Camilo Dumar Rodríguez, por confiar en nuestro proyecto y acompañarnos con dedicación como guía durante esta etapa; a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por brindarnos los espacios, las herramientas y los docentes necesarios para culminar nuestra formación profesional; y a mi compañero tesista Santiago Alfonso Enciso Romero por ser mi amigo y apoyo durante la carrera, por estar presente en cada proyecto, por los planes compartidos y por su acompañamiento constante que hizo que el camino fuera más llevadero y significativo.

Daniela Trespalacios Iguarán

Al profe Dumar por depositar su confianza en nosotros y acompañarnos a lo largo del desarrollo de este trabajo, a mis amigos, quienes estuvieron presentes en cada momento e hicieron de esta una experiencia increíble, y a mi familia, por ser un soporte inquebrantable a lo largo de mi carrera y mi vida.

Santiago Alfonso Enciso Romero

Tabla de contenidos

1. Introducción

1.1. Elasmobranquios ..... Pg. 9

1.2. Antecedentes .....Pg. 12

1.2.1. Origen y clasificación ..... Pg. 12

1.2.2. Evolución y adaptaciones ..... Pg. 12

1.2.3. Registro fósil ..... Pg. 13

1.3. Objetivos ..... Pg. 14

1.3.1. Objetivo general Pg.14

1.3.2. Objetivos específicos Pg.14

2. Marco teórico

2.1. Generalidades ..... Pg. 15

2.1.1. Morfología y tamaño ..... Pg. 18

2.1.2. Dientes ..... Pg. 20

2.1.3. Sentidos desarrollados ..... Pg. 22

2.1.3.1. Audición ..... Pg. 23

2.1.3.2. Olfato ..... Pg. 23

2.1.3.3. Línea lateral ..... Pg. 23

2.1.3.4. Visión ..... Pg. 24

2.1.3.5. Sexto sentido (Campo electromagnético..... Pg. 24

2.1.3.6. Tacto ..... Pg. 26

2.1.3.7. Gusto ..... Pg. 26

2.1.4. Comportamiento y hábitat ..... Pg. 27

2.1.4.1. Distribución ..... Pg. 27

2.1.4.2. Alimentación y estrategias de caza ..... Pg. 28

2.1.4.3. Respiración ..... Pg. 29

2.1.4.4. Reproducción ..... Pg. 29

2.2. Importancia ecológica y de conservación ..... Pg. 31

2.3.Origen evolutivo de los Elasmobranchii ..... Pg. 33

2.3.1. Paleozoico ..... Pg. 34

2.3.1.1. Cámbrico ..... Pg. 35

2.3.1.2. Ordovícico .... Pg. 36

2.3.1.3. Silúrico ..... Pg. 37

2.3.1.4. Devónico ..... Pg. 37
2.3.1.5. Carbonífero ..... Pg. 38
2.3.1.6. Pérmico ..... Pg. 39
2.3.2. Mesozoico ..... Pg. 40
2.3.3. Cenozoico ..... Pg. 42
2.4. Ordenes de la subclase Elasmobranchii
2.4.1. Orden Symmoriiformes ..... Pg. 43
2.4.2. Orden Xenacanthiformes ..... Pg. 46
2.4.3. Orden Synechodontiformes ..... Pg. 47
2.4.4. Orden Ctenacanthiformes ..... Pg. 49
2.4.5. Orden Hybodontiformes ..... Pg. 51
2.4.6. Orden Eugeneodontida ..... Pg. 52
2.4.7. Orden Hexanquiformes ..... Pg. 53
2.4.8. Orden Squaliformes ..... Pg. 54
2.4.9. Orden Pristiphoriformes ..... Pg. 57
2.4.10. Orden Squatiniformes ..... Pg. 58
2.4.11. Orden Heterodontiformes ..... Pg. 59
2.4.12. Orden Orectolobiformes ..... Pg. 61
2.4.13. Orden Carchahiniformes ..... Pg. 62
2.4.14. Orden Lamnniformes ..... Pg. 65
2.5. Subclase Elasmobranchii en Colombia
2.5.1. Oceanografía Colombiana ..... Pg. 69
2.5.2. Región Pacífica ..... Pg. 70
2.5.3. Región Caribe ..... Pg. 72
3. Formulación del problema y justificación ..... Pg. 73
3.1. Pregunta de investigación ..... Pg. 74
3.2. Justificación .... Pg. 74
4. Metodología ..... Pg. 75
5. Resultados y análisis
5.1. Síntesis de la revisión bibliográfica .....Pg. 77
5.2. Especies presentes en Colombia .....Pg. 80
5.3. Importancia de los medios audiovisuales en la divulgación científica ..... Pg. 129

5.4. Propuesta de la guía y prototipos de la cartilla ilustrativa
5.4.1. Diseño inicial del prototipo ..... Pg. 130
5.4.2. Uso de herramientas gráficas y digitales ..... Pg. 130
5.4.3. Revisiones y ajustes ..... Pg. 131
5.4.4. Versión final ..... Pg. 131
5.4.5. Valor como herramienta de divulgación ..... Pg. 132
5.5. Proyección de la divulgación y aplicaciones futuras ..... Pg. 132
6. Conclusiones ..... Pg. 133
7. Recomendaciones ..... Pg. 134
8. Bibliografía ..... Pg. 135
9. Anexos ..... Pg. 141
9.1. Índice de tablas ..... Pg. 141
9.2. Índice de figuras ..... Pg. 141
9.3. Glosario ..... Pg. 142

Resumen

El grupo de los peces cartilaginosos o “Elasmobranquios", que comprende tiburones, rayas y quimeras, ha habitado los océanos por más de 450 millones de años, convirtiéndose en uno de los linajes más antiguos y exitosos de la historia evolutiva. Desde su aparición en el devónico han desarrollado múltiples adaptaciones para sobrevivir en su entorno y, han tenido tal éxito, que

actualmente muchas de las especies de este grupo se desenvuelven como depredadores topes de la cadena alimenticia, convirtiéndose en uno de los mayores atractivos de estudio en el mundo marino por su gran diversificación, sin embargo, aún se encuentran grandes vacíos conceptuales en la información disponible; por lo tanto, se realizó una revisión bibliográfica con el fin de reunir datos sobre la evolución, taxonomía y morfología de este grupo, con un enfoque especial en Colombia. Tras consultar aproximadamente 130 artículos, se establecieron dos grandes ejes temáticos: inicialmente taxonomía, origen evolutivo y algunas adaptaciones, y posteriormente morfología actual, sentidos desarrollados, reproducción, su importancia ecológica y amenazas. A partir de esta información se llevó a cabo el desarrollo de una cartilla informativa que consolide los datos obtenidos en ambos ejes temáticos con el fin de crear un documento donde sea posible obtener la mayor cantidad de información posible de forma sencilla y concisa para todo tipo de público, buscando promover su conservación a través de la sensibilización de las amenazas que este grupo enfrenta y exhibiéndolos como una pieza clave del ecosistema marino.

Palabras clave: *Evolución de elasmobranquios, Tiburones en las eras geológicas, Elasmobranquios en Colombia, Ecología de los Elasmobranquios.*

Abstract

The group of cartilaginous fishes, or “Elasmobranchs,” which includes sharks, rays, and chimaeras, has inhabited the oceans for over 450 million years, making it one of the oldest and most successful evolutionary lineages in history. Since their emergence in the Devonian period, they have developed numerous adaptations that allow them to thrive in their environments. Their evolutionary success is such that many species within this group are now apex predators at the top

of the marine food chain. As a result, they have become a major focus of marine research due to their remarkable diversification. However, significant knowledge gaps remain regarding their biology and evolution. To address this, a bibliographic review was conducted to gather information on the evolution, taxonomy, and morphology of this group, with a special focus on Colombia. After reviewing approximately 130 articles, two main thematic axes were identified: first, taxonomy, evolutionary origin, and key adaptations; and second, current morphology, developed senses, reproduction, ecological importance, and threats. Based on this information, an educational booklet was developed to consolidate the findings from both thematic areas into a document that presents a broad range of information in a simple and accessible way for all audiences. The aim is to promote conservation by raising awareness about the threats faced by this group and highlighting their essential role within marine ecosystems.

Key words: *Elasmobranchii evolution*, *Sharks in the geological eras*, *Sharks*, *Elasmobranchii in Colombia*, *Elasmobranchii ecology*

1. Introducción

1.1 Elasmobranquios

Los elasmobranquios son un grupo que incluye tiburones (Superorden: Squalomorphii), rayas (Superorden: Batoidea) y quimeras (Subclase: Holocephali), han habitado los océanos por más de 450 millones de años, convirtiéndose en uno de los linajes más antiguo y exitosos de la

historia evolutiva. Su registro fósil, basado principalmente en dientes y escamas, ha permitido reconstruir su evolución a lo largo de la historia geológica, evidenciando adaptaciones clave como esqueletos cartilaginosos, dientes reemplazables y un sistema sensorial altamente desarrollado (Mendoza et al., 2016; Cappetta, 2012). Estas características han permitido que los tiburones se diversifiquen en múltiples nichos ecológicos, consolidándose como depredadores topes en los ecosistemas marinos y logrando sobrevivir a múltiples eventos de extinción masiva (Compagno, 2001); a lo largo del presente documento, se realiza la revisión evolutiva, ecológica y morfológica de las especies de tiburones (Superorden: Squalomorphi)

Estudios como el que presenta Castillo (1989) menciona que los primeros tiburones realmente aparecieron hace aproximadamente unos 300 millones de años atrás, afirmando que estos organismos tienen una gran capacidad adaptativa ante su entorno que les ha permitido distribuirse ampliamente y sobrevivir a condiciones que en algún momento no se creían posibles y llegan a ser realmente cautivadoras para la comunidad científica.

Otros estudios como el de Mendoza et al, (2016) nos presenta una síntesis de la historia de los Elasmobranquios, que, aunque para la población suelen ser personajes de terror, para los científicos son uno de los atractivos del mundo marino. El estudio menciona los cambios anatómicos que se han presentado desde hace 450 millones de años, concordando con lo anteriormente expuesto por Castillo (1989); por lo que, si su éxito se mide a modo de resistencia histórica, se puede decir que estos organismos han sobrevivido a todas las extinciones masivas ocurridas desde el Ordovícico-Silúrico que se presentó hace aproximadamente 440 millones de años atrás.

Rodríguez y colaboradores (2003) nos presenta en su cartilla que la aparición de estos organismos se da hace unos 400 millones de años atrás aproximadamente, difiriendo de las

fechas brindadas por Castillo (1989) y Mendoza y colaboradores en (2016). Este autor expone que su evolución se dio a partir de un pez con mandíbula llamado “placodermo” que se extinguió hace aproximadamente 345 millones de años y que debido a características de su esqueleto es muy difícil encontrarse con registros fósiles que no sean dentarios. Así mismo se menciona que el primer pariente conocido fue el *Cladoselache* al que se atribuye medidas de aproximadamente 2 metros de longitud con una poderosa aleta caudal que no lo hacía muy veloz al momento de su locomoción, y con la boca en el extremo del hocico, características que actualmente podemos ver de manera diferenciada en la mayoría de las especies.

En Colombia, se han registrado 138 especies de condrictios, de las cuales 76 son tiburones, representando el 12,1% del total mundial (Ministerio de ambiente, 2022). Esta diversidad, distribuida entre el Caribe y el Pacífico, sitúa al país como el tercero más diverso en tiburones en Latinoamérica, después de México y Brasil (Conrado, 2020). La diversidad de tiburones en Colombia es resultado de procesos evolutivos que han moldeado sus poblaciones locales, favoreciendo tanto especies altamente migratorias, como el tiburón martillo (Sphyrna lewini), como aquellas adaptadas a ecosistemas específicos como el tiburón nodriza (Ginglymostoma cirratum). Estas especies desempeñan un papel fundamental en la estabilidad ecológica de áreas marinas protegidas, como Malpelo y la Serranía de Chiribiquete, donde regulan las dinámicas tróficas y mantienen el equilibrio en los ecosistemas (Ramírez, 2018). Sin embargo, muchas de estas especies enfrentan amenazas significativas derivadas de la actividad pesquera, la degradación de hábitats y el comercio ilegal, lo que ha llevado a que varias se encuentren en peligro de extinción. (WWF Colombia, 2022).

A pesar de su relevancia ecológica de los tiburones, aún persisten vacíos de conocimiento sobre su evolución. La fragmentación del registro fósil y la falta de estudios accesibles han limitado la compresión de los factores ambientales y evolutivos que han impulsado su

diversificación. Además, la divulgación científica sobre estos organismos se encuentras restringida mayormente a literatura especializada con un lenguaje técnico, dificultando su comprensión por parte del público general. Antes esta problemática, la presente investigación propone la creación de una guía ilustrativa como estrategia de divulgación científica. A través de un enfoque visual y accesible, esta herramienta busca fomentar el conocimiento sobre la evolución de los tiburones, resaltando sus adaptaciones morfológicas y ecológicas a lo largo del tiempo. Divulgar esta información no solo contribuye a la sensibilización sobre la biodiversidad marina, sino que también incentiva la valoración y conservación de estos organismos, promoviendo mayor conciencia acerca de la importancia de los tiburones en los ecosistemas oceánicos y su vulnerabilidad ante la intervención humana.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Origen y clasificación

La subclase Elasmobranchii, pertenece a la clase Chondrichthyes, agrupa a los peces cartilaginosos, incluyendo tiburones, rayas y mantarrayas, La clase Chondrichthyes es ampliamente aceptada como un grupo monofilético que se divide en dos taxones hermanos; el taxón Elasmobranchii, que agrupa a los superórdenes Selachimorphii (Tiburones) y Batoidea (Rayas) y el taxón Holocephali. Los condrictios actuales tienen su origen en el mesozoico, evidenciando un linaje evolutivo que se ha logrado mantener por millones de años (Carrier et al., 2012).

1.2.2 Evolución y adaptaciones

El grupo de los peces cartilaginosos tuvo su primera aparición a mediados del Devónico, hace unos cuatrocientos millones de años aproximadamente; a lo largo de su historia evolutiva, los elasmobranquios han experimentado una amplia diversificación, lo que les ha permitido

colonizar diversos hábitats marinos y garantizar su supervivencia hasta la actualidad. Los peces cartilaginosos están caracterizados por poseer un esqueleto conformado principalmente de cartílago en lugar de hueso, además de la presencia de escamas placoideas en la piel, de 5 a 7 pares branquiales que son separados por una laminilla branquial, una aleta caudal heterocerca y una boca ventral. Estos peces no poseen vejiga natatoria, por lo que flotan mediante la producción de escualeno en el hígado (Matos et al., 2015). Entre algunas adaptaciones de los elasmobranquios que facilitaron su supervivencia en los hábitats marinos se encuentra, piel recubierta de dentículos dérmicos, múltiples hileras de dientes reemplazables y un sistema sensorial especializado (Ampollas de Lorenzini y línea lateral) que les permite detectar campos eléctricos en el agua (Carrier et al., 2012).

1.2.3 Registro fósil

Dentro del registro fósil, uno de los primeros tiburones conocidos perteneció al género Cladoselache (Figura 1), el cual se caracteriza por presentar características similares a algunos especímenes actuales, tales como la configuración de las aletas y la forma corporal. Además de esto, sus dientes tenías una cúspide central alta y cúspides laterales más pequeñas, lo que indica una forma inicial de la estructura dental entre los tiburones (Carroll, 1988; Colbert et al., 2001). Estos registros se han encontrado principalmente en depósitos marinos, sin embargo, el género Xenacanthus (Figura 1), represento el primer grupo que predomino en aguas dulces, lagos y ríos someros, a diferencia del género Cladoselache, presentaban una dentición distintiva al poseer un tipo de diente denominado “Diplodus”, conocido también como doble diente, el cual presentaba dos cúspides laterales altas y una cúspide central pequeña (Carroll, 1988).

Figura 1.

Ilustración comparativa de los géneros Cladoselache y Xenacanthus



Nota: Ilustración basada en el registro fósil de uno de los primeros tiburones conocidos en el devónico superior (Cladoselache) ubicado en la parte izquierda de la figura, y del primer tiburón paleozoico de agua dulce (Xenacanthus) ubicado en la parte derecha de la figura. Adaptado de *Estudio paleoecológico de los tiburones del mioceno tardío de islas cedros, Baja California, México* (p.4-6), por G.L. Beltrán, 2008.

Por otro lado, uno de los fósiles más famosos de este grupo es el del Carcharodon megalodon, el cual vivió hacer aproximadamente veinte millones de años, estos organismos alcanzaban longitudes de hasta catorce metros y se caracterizaba por tener una dentición similar al tiburón blanco moderno. (Rodriguez et al., 2003). Es por esto que el estudio de los elasmobranquios fósiles no solo permite comprender la evolución de estos depredadores marinos, sino también su adaptación a distintos entornos acuáticos a lo largo de los millones de años, funcionando como testimonios evolutivos de sus adaptaciones y éxito evolutivo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Generar una estrategia de divulgación científica qué facilite la adquisición de conocimiento respecto a la evolución e importancia de los tiburones (subclase: Elasmobranchii) en Colombia.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar los conocimientos actuales de los tiburones (subclase: Elasmobranchii) en términos ecológicos, evolutivos y ambientales.
- Identificar y categorizar información acerca de los órdenes y familias de tiburones presentes en a lo largo de la línea evolutiva.

- Diseñar una guía ilustrada que dé a conocer la importancia de la biodiversidad de los tiburones (Subclase: Elasmobranchii) y exponga las problemáticas del ecosistema marino enfocado en un contexto colombiano.

2. Marco teórico

2.1 Generalidades de los elasmobranquios

Los tiburones pertenecen a un grupo de peces relativamente pequeños, que, junto con las rayas y quimeras, constituyen el grupo de los condrictios o también llamados "peces cartilaginosos" (Castillo, 1989). Sus rasgos son dependientes de características como el hábitat, su descendencia evolutiva, su alimentación que los hacen diferenciar de otros grupos de organismos.

Actualmente se reconocen aproximadamente 1.253 especies de elasmobranquios, de las cuales 548 corresponden a tiburones distribuidos en ocho órdenes: Hexanchiformes (7 spp) distribuida en 2 familias, Squaliformes (141 spp) distribuida en 7 familias, Pristiophoriformes (10 spp) distribuida en 1 familia, Squatiniformes (24 spp) distribuida en 1 familia, Heterodontiformes (10 spp) distribuida en 1 familia, Orectolobiformes (45 spp) distribuida en 7 familias, Carcharhiniformes (296 spp) distribuida en 10 familias y Lamniformes (15 spp) distribuida en 7 familias, tal y como se muestra en las tablas 1 & 2. (Red List, IUCN, 2021)

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de los tiburones a lo largo de la cadena evolutiva

Reino	Phylum	Clase	Subclase	Infraclase	Superorden
Animalia	Chordata	Chondrichthyes	Elasmobranchii	Selachii	Selachimorpha

Nota: La clasificación taxonómica presentada en la tabla no incluye la taxonomía completa, el orden y las familias no se incluyen. Adaptada de la información presentada en la página oficial de la IUCN. 2021.

Tabla 2.

Clasificación taxonómica de los tiburones a lo largo de la cadena evolutiva.

Orden	Familia	Nombre Conocido
Symmoriida †	Familia Symmoriidae Familia falcatidae Familia Stethacanthidae	
Xenacanthiformes †	Familia Diplodoselachidae Familia Xenacanthidae	
Synechodontiformes †	Familia Synechodontidae Familia Orthacodontidae Familia Paleospinacidae	
Ctenacanthiformes †	Familia Ctenacanthidae	
Hybodontiformes †	Familia Acrodontidae Familia Hybodontidae Familia Lonchidiidae Familia Polyacrodontidae Familia Lissodontidae Familia Asteracanthidae	
Eugeneodontida †	Familia Caseodontidae Familia Ornithoprionidae Familia Helicoprionidae Familia Edestidae	
Hexanchiformes	Familia Chlamydoselachidae Familia Hexanchidae	Tiburón anguila Tiburón de seis branquias
Squaliformes	Familia Centrophoridae Familia Dalatiidae Familia Etmopteridae	Tiburón de aguas profundas Tiburón cigarro Tiburón linterna

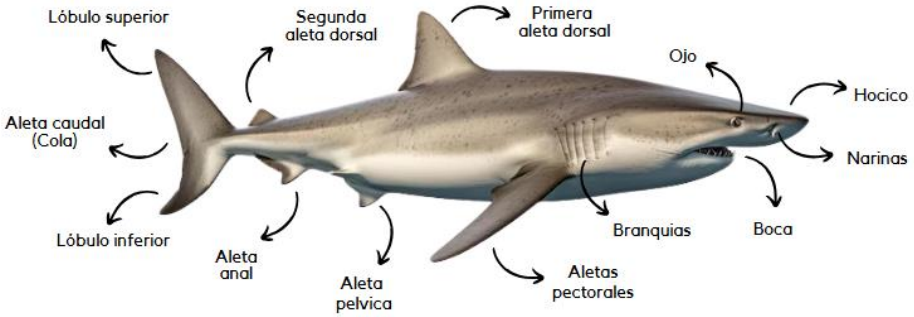
	Familia Somniosidae	Tiburón dormilón
	Familia Echinorhinidae	Tiburón espinoso
	Familia Squalidae	Tiburones cazones
	Familia Oxynotidae	Tiburón cerdo
Pristiophoriformes	Familia Pristiophoridae	Tiburón sierra
Squatiniformes	Familia Squatinidae	Tiburón ángel
Heterodontiformes	Familia Heterodontidae	Tiburón cornudo
Orectolobiformes	Familia Brachaeluridae	Tiburón ciego
	Familia Ginglymostomatidae	Tiburón nodriza
	Familia Hemiscylliidae	Tiburón bambú
	Familia Orectolobidae	Tiburón wobbegong
	Familia Parascylliidae	Tiburón alfombra coludo
	Familia Rhincodontidae	Tiburón ballena
	Familia Stegostomatidae	Tiburón cebra
Carcharhiniformes	Familia Carcharhinidae	Tiburón réquiem
	Familia Hemigaleidae	Tiburón comadreja
	Familia Leptochariidae	Tiburón barbudo
	Familia Pseudotriakidae	Falso tiburón zorro
	Familia Scyliorhinidae	Tiburón gato
	Familia Sphyrnidae	Tiburón martillo
	Familia Triakidae	Tiburón leopardo
	Familia Proscylliidae	Tiburón tollo
Lamniformes	Familia Alopiidae	Tiburón zorro
	Familia Cetorhinidae	Tiburón peregrino
	Familia Lamnidae	Tiburón caballa
	Familia Megachasmidae	Tiburón bocón
	Familia Mitsukurinidae	Tiburón duende
	Familia Odontaspididae	Tiburón de arena
	Familia Pseudocarchariidae	Tiburón cocodrilo

Nota: La clasificación taxonómica presentada solo incluye las categorías de orden y familia, se menciona el nombre común para la facilidad de entendimiento del lector. Téngase en cuenta que los órdenes con el símbolo "†" ya se encuentran extintos. Adaptada de la información presentada en la página oficial de la IUCN. 2021.

2.1.1 Morfología y tamaño

Figura 2.

Morfología general de los tiburones.t



Nota: Ilustración adaptada de diversas fuentes bibliográficas acerca de la morfología de los tiburones.

La morfología de los tiburones está estrechamente relacionada con su adaptación al entorno acuático y su rol como depredadores. Estos organismos pertenecen a los Elasmobranchii, lo que implica que su esqueleto es cartilaginoso en lugar de óseo. Esta característica les proporciona ligereza estructural, facilitando su movilidad (Rodriguez et al., 2003). Además, su cuerpo fusiforme reduce la resistencia al agua, permitiéndoles alcanzar altas velocidades y mejorar su propulsión, lo que los convierte en depredadores altamente eficientes.

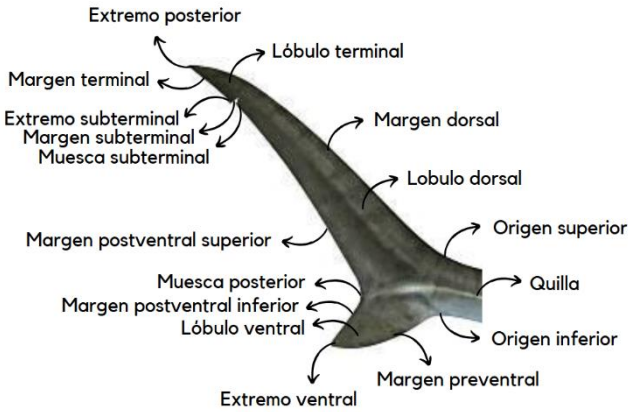
El esqueleto está compuesto por vertebras y costillas que, aunque carecen de la rigidez de un hueso, les confiere una gran maniobrabilidad, lo que los distingue de los peces óseos (osteíctios) (Castillo, 1989). Además, algunas partes de su estructura, como la mandíbula, presentan depósitos de calcio que refuerzan su resistencia. (Cappetta, 1987). El cráneo de los tiburones se divide en dos unidades: el neurocráneo, que consta de tres regiones: (etmoidal,

orbito temporal y ótico-occipital), y el esplacnocraneo, que incluye el arco mandibular (formado por el cartílago palatocuadrado en la parte superior y el cartílago de Meckel en la parte inferior), el arco hioideo y de cinco a siete arcos branquiales (Cappetta, 1987). Por otro lado, respecto a las mandíbulas, estas son móviles y están articuladas con el cráneo; la mandíbula superior lleva una serie completa de dientes y deriva directamente de los cartílagos palatocuadrados formados durante el desarrollo a partir del arco mandibular superior, la mandíbula inferior o cartílago de Meckel se forma a partir de la posición inferior del arco mandibular, y también lleva una serie completa de dientes (Gonzales, JM. 2021). Otra caracteristica notable es la presencia de escamas placoideas, también denominadas dentículos dérmicos. Aunque no forman parte del esqueleto, estas estructuras cubren la piel y le confieren textura, además de reducir la resistencia al agua durante la natación, así mismo, ayudan a proteger al tiburón contra parásitos y amenazas externas. (Castillo, 1989).

En cuanto a las aletas, los tiburones poseen dos aletas pectorales que les otorgan estabilidad den la natación; dos aletas dorsales (a excepción de la familia Hexanchidae, que solo posee una): aletas pélvicas, y pueden presentar o no una aleta anal. Poseen dos aletas pectorales usadas en la natación que confieren estabilidad. (Matos et al, 2015). La aleta caudal es fundamental para su locomoción y sus características morfológicas pueden ser empleadas como criterios taxonómicos para la identificación de especies. Entre sus componentes destacan el margen dorsal, el lóbulo dorsal, el lóbulo terminal, en el extremo posterior, el margen terminal, el extremo subterminal, el margen subterminal, la muesca subterminal, y el margen postventral (Figura 3). (Compagno et al, 2005). Su función principal es evitar que el tiburón se voltee mientras nada y generar el empuje necesario para su desplazamiento. Por su parte, las aletas pectorales, ubicadas a los costados del cuerpo, brindan estabilidad y control del movimiento, permitiendo maniobras más precisas.

Figura 3.

Esquema general de la aleta caudal de un tiburón.



Nota: El esquema presenta la nomenclatura de cada parte especifica de la aleta caudal de un tiburón. Adaptada de *A field guide to the sharks of the world* (p.368), Compagno y colaboradores. 2005.

Actualmente se habla de cerca de 350 especies vivientes de tiburones, las cuales varían en longitud; ésta puede ir desde los 15 metros, como el tiburón ballena Rhiniodon Typus, hasta los 15 cm del tiburón más pequeño, Squaliolus laticuadus. (Castillo, 1989).

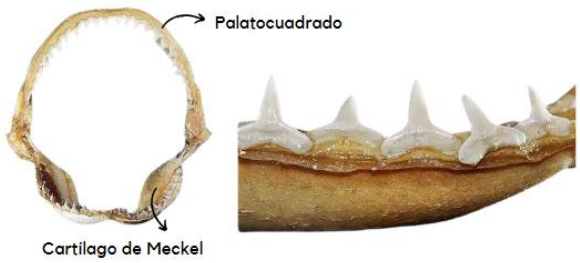
2.1.2. Dientes

Los dientes son una característica distintiva en cada especie, ya que su morfología está estrechamente relacionada con la dieta del individuo. En los Elasmobranchii, los dientes se organizan en filas dentro del palatocuadrado y el cartílago de Meckel (figura 4), tanto en tiburones como en rayas. En los tiburones, los dientes son polifiodontos, es decir, se desarrollan en múltiples hileras y se reemplazan periódicamente (Carrier et al., 2010). Además, presentan heterodoncia, lo que implica una constante producción y perdida de dientes. Un tiburón puede poseer entre 20 y 30 hileras de dientes, los cuales no están fijamente sujetos a la mandíbula. En el proceso de caza, solo utilizan los dientes frontales, por lo que el reemplazo de dientes

provenientes de la parte posterior es un mecanismo eficiente (Compagno, 1989; Rodríguez et al, 2003).

Figura 4.

Organización dental de los tiburones



Nota: Ilustración adaptada de *Three-dimensional computer analysis of white shark jaw mechanics: how hard can a great white bite?* (p.2), Wroe & Colaboradores. 2008.

El reemplazo de dientes puede estar influenciado por factores como la edad del individuo, su dieta, cambios estacionales y la temperatura del agua. Se estima que la tasa de sustitución es de uno o dos dientes por día, lo que significa que, a lo largo de su vida, un tiburón puede producir cientos o incluso miles de dientes (Becker et al., 2000).

Mendoza (2016) menciona una clasificación de cuatro tipos de heterodoncia propuestas anteriormente por Compagno desde el año 1970.

- **Heterodoncia monognática**: los dientes cambian de forma desde el centro hasta los extremos de la mandíbula. (Compagno, 1988).

- **Heterodoncia dignática:** los dientes de la mandíbula superior son diferente a los de la inferior (Compagno, 1988).

- **Heterodoncia sexual o gonádica:** existen diferencias en la dentición entre machos y hembras, incluso cuando tienen edades similares. (Compagno, 1970).

- **Heterodoncia ontogenética**: los dientes cambian de forma a lo largo del desarrollo del individuo hasta la adultez, y está relacionada con la heterodoncia sexual. (Compagno, 1984).

La morfología y la heterodoncia en los dientes son extremamente importantes, siendo que, cada orden posee un amplio cambio y variedad evolutiva, presentando claramente un cambio en los números de dientes en cada especie. Estudios sobre la dentición de los Chondrichthyes son importantes para entender sus hábitos de vida y su papel dentro de la red trófica del ecosistema.

2.1.3. Sentidos desarrollados

Los tiburones, al igual que la mayoría de las especies acuáticas, poseen sentidos que, al existir muy poca visibilidad en el agua, les ayudan a detectar posibles presas o predadores que se encuentren cerca en su entorno. Este sistema sensorial, se basa en la existencia de estímulos que son percibidos a través de diferentes estructuras a lo largo de su cuerpo y que juntas adaptan al tiburón a un papel predominante de depredador gracias a la complementariedad de todos los sentidos que poseen y los estímulos que recibe de manera simultánea (Rodríguez et al, 2003).

2.1.3.1. Audición

Rodríguez y colaboradores (2003), al igual que el Instituto Oceánico de Mónaco, mencionan que este es el sentido que logra percibir a más larga distancia y es el más importante al momento de detectar desde señales graves (<375 Hertz) hasta infrasonidos (hasta 800 Hertz). Los tiburones poseen un oído interno, que se va a encontrar atreves de un poro o agujero que se asoma en la parte superior de la cabeza cerca a los ojos, la

agencia estatal Consejo superior de investigaciones científicas (2022) identifico que no es necesario un oído externo gracias a que el sonido viaja mucho más rápido en al agua.

2.1.3.2. Olfato

Eliosa & Silva (2023), mencionan que, debido al proceso evolutivo de los tiburones, poseen un sistema olfativo dual con variedad de celular receptoras y lamelas primarias localizadas en las narinas dentro de ambos orificios nasales. El agua entra por los orificios nasales y pasan por unos pliegues en la piel que están cubiertos de muchas células sensoriales que llevan la señal al cerebro del individuo, logrando en algunos casos, detectar hasta el rastro de sangre más mínimo.

2.1.3.3. Línea lateral

Es un sistema que poseen los peces a ambos costados del cuerpo. Rodríguez et al (2003) menciona que esta línea lateral se encuentra formada por hileras de células que tienen mucus con terminaciones nerviosas a lo largo del cuerpo que detectan movimientos y vibraciones ambientales. La agencia estatal Consejo superior de investigaciones científicas (2022) complementa mencionando que posteriormente estas células receptoras comunican el estímulo a las células cerebrales y así ser capaz el individuo de identificar si se encuentra en peligro, si existe alguna presa potencial o si hubo algún cambio en las condiciones de su ambiente.

2.1.3.4. Visión

La visión de los tiburones depende de las limitaciones que existan en el medio en donde se encuentren, por lo que la foto recepción es importante en cuanto a vista se refiere, ya que les ayuda a captar las ondas de luz mientras se encuentren en las zonas

lumínicas. Sin embargo, así como mencionan Lisney & Collin (2007) a medida que los individuos van descendiendo, con él se bajan los niveles de intensidad y composición lumínicas de las columnas de agua. Teniendo esto en cuenta, estudios como el de Lisney (2010), analizan que las cantidades de luz que se absorben en el medio ocular (cornea, humor vitreo y cristalino) va a depender de las zonas en donde suelen habitar, por ejemplo, las especies adaptadas para absorber cantidades de luz relativamente altas (>400 nm) van a encontrarse en zonas con aguas tropicales, subtropicales y cerca a los arrecifes de coral, mientras que especies que no están tan adaptadas (<400nm) suelen encontrarse en aguas templadas y/o profundas. A pesar de esto y de las limitaciones que presentan dentro de su visión, estudios como el de Rodríguez et al (2003) mencionen que algunos poseen una estructura llamada "tapetum lucidum", una capa de tejido que les ayuda a ver mejor en la oscuridad, reflejando la poca luz que llega hacia la retina.

2.1.3.5. Sexto sentido (Campo electromagnético)

Rodríguez y colaboradores (2003), mencionan que los tiburones presentan un sexto sentido, estamos hablando de la denominada electro recepción, un sentido que se asocia a un órgano sensitivo multifuncional llamado "Ampollas de Lorenzini", estas son estructuras en forma de poros que se distribuyen en el hocico, más específicamente en la región dorsoventral de la cabeza (Freitas et al, 2017), además de las aletas pectorales (Bleckman y Hofmann, 1999). Las ampollas "son capaces de detectar cambios de temperatura, salinidad, fuerza y campos eléctricos" (Emde, 2007), gracias a su estimulación por medio de campos electromagnéticos que se encuentran en frecuencias bajas, y aunque su distribución (Figura 5) no varie gracias al tamaño o el sexo del individuo, autores como Aloncle (1966) mencionan que pueden variar en cantidad de

ampollas y por ende de electro sensibilidad dependiendo de la especie, convirtiendo en esta característica en una distintiva dentro de la taxonomía.

Figura 5.

Ilustración de las ampollas de Lorenzini presentes en los tiburones



Nota: Las ampollas de Lorenzini se encuentran distribuidas en la región dorsoventral de la cabeza a modo de puntos. Adaptada de *Visión y electro recepción de Condricthyes: Revisión* (p.7). Freitas y colaboradores. 2017

2.1.3.6. Tacto

El Instituto oceanográfico de Mónaco menciona que los tiburones poseen un sentido del tacto muy desarrollado gracias a receptores sensoriales que se distribuyen por todo su cuerpo, permitiéndoles captar señales de todo su entorno, por lo que, con el tacto el tiburón será capaz de distinguir si la presa es adecuada, mordiendo de inmediato, o solo la empuja con el hocico.

2.1.3.7. Gusto

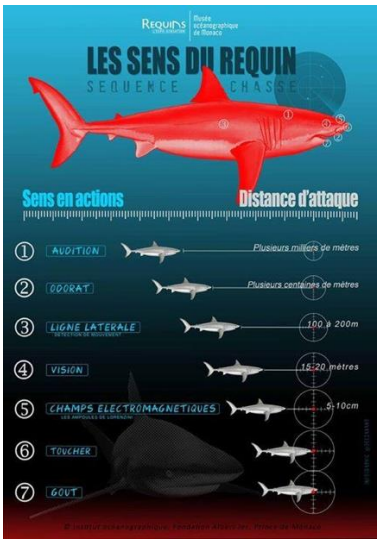
La agencia estatal Consejo superior de investigaciones científicas (2022), menciona que los tiburones poseen un sentido del gusto desarrollado ya que tanto los sensores de la piel, como las papilas que se encuentran alrededor del hocico, le permiten diferenciar a su presa para saber si les conviene ingerirla o no. Así mismo, este sentido

les permite complementar la falta de visión y las limitaciones que presentan al momento de cazar las presas. (Rodríguez et al, 2003).

Teniendo en cuenta lo anterior, el Instituto Oceánico de Mónaco, recopila información de la distancia a la que se logra identificar un estímulo en cada uno de los sentidos y las presenta a manera de infografía (Figura 6) para posibles estudios y para conocimiento general.

Figura 6.

Distancia máxima a la que llega cada uno de los sentidos de un tiburón.



Nota: Ilustración obtenida del Instituto oceánico de Mónaco

2.1.4. Comportamiento y hábitat

2.1.4.1 Distribución

Los diversos autores concuerdan en que los tiburones se distribuyen en todos los océanos y mares al rededor del mundo desde aguas superficiales costeras, hasta

profundidades abisales, y desde regiones tropicales hasta regiones polares. Su distribución marca una amplia variedad de hábitats marinos al conseguir adaptarse a diversas condiciones ambientales (García, 2008). Sin embargo, existen factores que restringen a ciertas especies de tomar un lugar como hábitat, por ejemplo, la temperatura, la profundidad, la salinidad, alimentación, densidad lumínica (Compagno, 2005) además de características del fondo, arrecifes o la propia columna de agua, es por esto que mencionan una ligera clasificación según sus hábitos donde podemos encontrar pelágicos, bentónicos, epibentónicos y asociados a arrecifes, por otro lado, en la clasificación expuesta por Rodríguez et al (2003) correspondiente a temperaturas, se pueden encontrar tiburones de aguas templadas, tropicales y de aguas frías, aunque la tendencia se encuentre hacia las dos primeras mencionadas.

Por otro lado, el ministerio de ambiente (2022) expone la presencia de 76 especies de tiburones, representando el 12.1% del total mundial, estas se distribuyen tanto en el caribe como en el pacífico colombiano, ocupando de igual manera diferentes hábitats marinos en ambas costas.

2.1.4.2. Alimentación y estrategias de caza

La alimentación se encuentra correlacionada con su sangre, ya que al ser de sangre fría no necesitan comer mucho para compensar la energía que gastan ya que su temperatura corporal es similar a la del medio en donde se encuentran, llegando a consumir aproximadamente un 2% del total de su peso corporal (Rodríguez et al, 2003), sin embargo, siguen considerándose como los máximos depredadores de la cadena alimenticia marina (Zanella, López & Arauz, 2010). Los tiburones tienen una dieta

principalmente carnívora basada en peces pequeños y grandes dependiendo del tamaño del tiburón, moluscos y crustáceos, aunque pueden llegar a comer plancton por medio de filtración de agua como es el caso del tiburón ballena. Por otro lado, Rodríguez y colaboradores (2003), mencionan que su mandíbula es particularmente importante ya que, según su anatomía, no está agarrada fijamente al cráneo, lo que le permite lograr proyectarla hacia delante y así tragar la presa entera o dividirla en pequeños trozos en caso de que llegue a ser muy grande, en comparación con el movimiento lateral en la mayoría de los animales que les permite masticar.

2.1.4.3. Respiración

National geographic (2013) menciona que, al igual que los demás peces, los tiburones poseen una espina dorsal y respira a través de las branquias, para lo cual necesitan nadar constantemente y generar así corrientes de agua que entran por la boca y lleguen a las branquias, donde la sangre será la encargada de tomar el oxígeno y llevarlo al resto de las partes del cuerpo. Por otro lado, Rodríguez y colaboradores (2003) complementan mencionando que existe una estructura ubicada detrás de los ojos, llamada "espiráculo", esta se forma por un tubo que conecta la parte superior de la cabeza con las branquias, lo que le permite que el oxígeno llegue principalmente al cerebro, mejorando su respiración.

2.1.4.4. Reproducción

Una vez el individuo ya ha alcanzado su madurez, que se encuentra entre los 9 y 15 años, ya pueden ser aptos para reproducirse, por lo que realizan un acto de cortejo donde la hembra es perseguida por el macho quien la muerde para sostenerla y

mantenerla cerca al momento de la cópula, por lo que la hembra para evitar daños tiene desarrollada una piel más gruesa en esa zona. (Rodríguez et al, 2003)

La fecundación es interna y se ve facilitada por una estructura pterigopodio presente en machos, lo cual es similar a una aleta pélvica que introduce el esperma en la hembra, donde esta última tendrá la capacidad de almacenarlo hasta que existan unas buenas condiciones para la fertilización. (Rodríguez et al, 2003).

Teniendo esto en cuenta, los mismos autores mencionan que se pueden presentar 3 tipos de reproducción en el caso de los tiburones:

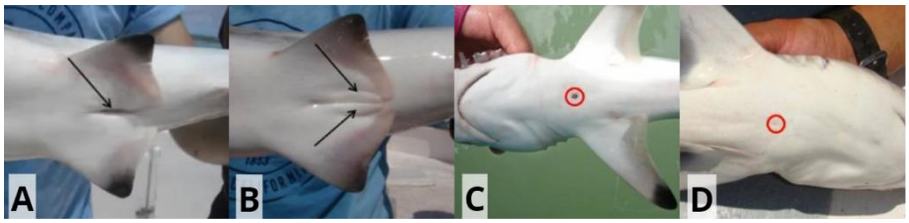
- *Ovípara.* La cría se desarrolla mediante un huevo o "bolsa" que se suelen depositar en el fondo marino para brindar una mayor tasa de supervivencia al estar fuera de depredadores importantes. Un ejemplo de organismos con este tipo de reproducción son los tiburones gata.
- *Vivípara*. La cría nace directamente del vientre de la madre. Un ejemplo de este tipo de reproducción se ve en el tiburón blanco.
- *Ovovivípara*. Es una combinación de los dos anteriores tipos de reproducción, donde la cría eclosiona dentro del vientre, pero se desarrolla dentro de un huevo. Un ejemplo de esto sería la reproducción del tiburón tigre.

Por otro lado, la forma del aparato reproductivo nos ayuda dentro de la caracterización de un dimorfismo sexual. Diaz (2019) nos explica sobre como para saber el sexo del individuo nos debemos fijar en su zona cloacal-anal. En el caso que se presenten aletas cloacales junto a la cloaca, el individuo sería una hembra, en el caso se los machos se tiene una estructura llamada pterigopodio ,el cuál es un apéndice capaz de llenarse de agua antes de la cópula para posteriormente vaciarlo junto con el esperma en el interior de la hembra. Finalmente, en los

individuos que no han desarrollado completamente una madurez sexual, se puede encontrar el orificio umbilical, lo anteriormente mencionado se ejemplifica en la figura 7.

Figura 7.

Aparato reproductor de hembras y machos de tiburón en diferentes etapas de maduración



Nota: Aparato reproductor correspondiente a una hembra (A), un macho (B), un estadio de neonato con orifico umbilical abierto (C), y un juvenil con orificio umbilical cerrado (D). Ilustración adaptada de *¿Cómo se reproducen los tiburones?* Por A. Diaz. 2019.

En general, los tiburones se reproducen aproximadamente cada dos años, sin embargo, pueden existir variaciones dependiendo del género, llegando a presentarse anualmente o muy pocas a lo largo de toda su vida.

2.2 Importancia ecológica y de conservación

Los tiburones se encuentran dentro de los tres niveles de la cadena básica alimenticia gracias a factores como su tamaño, comportamiento agresivo, entre muchos otros (Ahilan et al. 2021), esto quiere decir, que son depredadores por excelencia, ayudando a controlar poblaciones de animales marinos débiles y/o posiblemente enfermos, evitando aumentos drásticos que posteriormente puedan ser perjudiciales dentro del ecosistema, tal y como mencionan Rodríguez et al (2003) & Myers et al (2017).

Así mismo, ayudan a mantener una red alimentaria sana, Ahilan en su artículo presentado en 2021, mencionan que ayuda a mover y hacer circular el carbono libre disponible en los

océanos durante su migración, y alimentan las materias muertas disponibles en el fondo marino ya que al morir, su cuerpo va allí, siendo así altamente importantes dentro de los procesos de ciclo de nutrientes; por otro lado, estos logran mantener lechos de hierba marina y arrecifes de coral lejos de posibles especies invasoras o plagas manteniendo bajo la control la población de especies como las tortugas marinas y herbívoros, que pastorean excesivamente estos ecosistemas (WWF, 2024)

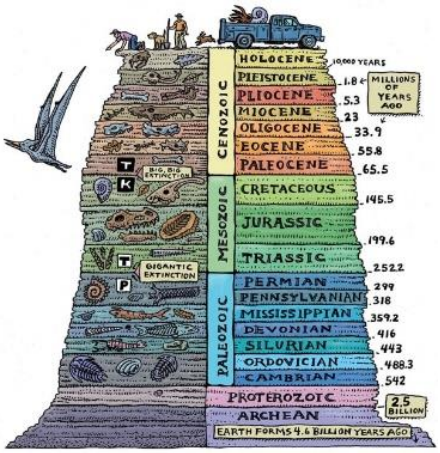
A pesar de su importancia dentro del ecosistema marino, los tiburones enfrentan múltiples amenazas que han conllevado a una disminución significativa de su población a nivel mundial. Una de las principales causas es la sobrepesca la cual captura y mata alrededor de 100 millones de tiburones cada año según lo presentado por (Otoya, 2016), esta actividad, junto con la captura incidental se impulsan por alta demanda en sus aletas, carne y cartílagos. Esta situación contribuye al estado de conservación desfavorable de aproximadamente 66.9% de las especies evaluadas por la unión internacional para la conservación de la naturaleza. Finalmente, la contaminación de los océanos y el cambio climático afectan de manera negativa a las especies, poniendo en riesgo su supervivencia. A nivel de Colombia, esta problemática impulso varias estrategias de conservación, entre las que se encuentra el plan de acción nacional para la conservación y manejo de tiburones, rayas y quimeras de Colombia del ministerio de agricultura (2020) que principalmente establece líneas de acción en investigación, manejo pesquero, educación ambiental y divulgación, buscando articular políticas de gestión de áreas protegidas y buscando alternativas que reduzcan la presión pesquera. Por otro lado, también se desarrolla la estrategia del ministerio de ambiente (2022) que tiene como objetivo la protección de especies y preservación de ecosistemas marinos mediante implementación de medidas específicas de conservación.

2.3 Origen evolutivo de los Elamobranchii

La escala del tiempo geológico (Figura 8) es crucial en el análisis evolutivo de cualquier grupo de organismos que se desee estudiar, ya que permite comprender los procesos y acontecimientos que fueron determinantes en la historia evolutiva de dicho grupo. Sin embargo, aunque un conjunto de hechos desarrolla los acontecimientos posteriores, hay uno que se considera especialmente relevante: la influencia de la corteza terrestre, fundamental para determinar eventos como las extinciones masivas de especies, la evolución de organismos, la dispersión y distribución de los grupos, entre muchos otros. Por ello, se analiza en detalle cada una de las eras, describiendo información importante y determinante para la evolución de, en este caso, elasmobranquios.

Figura 8.

Clasificación de las eras geológicas a lo largo de la línea evolutiva.



Nota: Ilustración obtenida de *Impact of solid waste disposal in Yenagoa and the introduction of modern waste management technologies*. Por D. Ebiegberi. 2013.

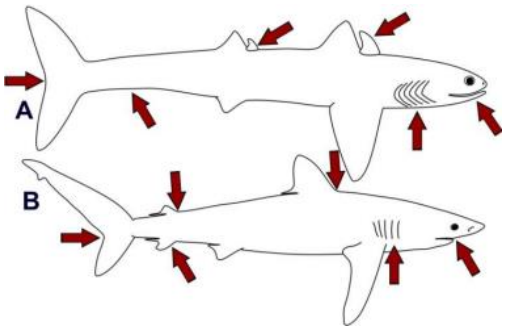
2.3.1 Paleozoico

El Paleozoico fue una era geológica que abarcó desde hace 542 millones de años hasta hace 251 millones de años. Según Horovit y Carillo (2012), durante esta era se produjeron cambios evolutivos significativos tanto en la vida marina como en la continental, impulsados por factores geológicos y la tectónica de placas. Al inicio del Paleozoico, el supercontinente Rodinia, que estaba congelado, se había fragmentado en varias masas continentales más pequeñas debido a la actividad tectónica (Santoyo, 2016). A esto se sumó el derretimiento del hielo de Rodinia, lo que provocó un aumento en el nivel del mar, inundando gran parte de las depresiones continentales. Gracias a este proceso, se crearon diversos ambientes acuáticos someros que favorecieron la diversificación de la vida marina (Horovit y Carillo, 2012).

Durante este periodo, científicos, incluidos paleoictiólogos y paleontólogos, han encontrado evidencias fósiles, principalmente de dientes y escamas, que demuestran la existencia de elasmobranquios primitivos. Estas evidencias han permitido clasificarlos en dos grupos principales, según lo descrito por Mendoza y colaboradores (2016): los Paleoselachii (que incluyen a los cladoseláquidos, xenacántidos y squatináctidos) y los Euselachii (que agrupan a los ctenacántidos e hybodóntidos). No obstante, ha habido debates científicos en torno a esta clasificación, ya que algunos investigadores consideran que estos organismos son tan diferentes de los tiburones actuales que no deberían ser reconocidos como tales, mientras que otros si los denominan tiburones primitivos. Por lo tanto, se observa un gráfico comparativo entre los tiburones actuales y los que se cree que existieron en la era paleozoica (Figura 9).

Figura 9.

Diferencia entre tiburones primitivos y tiburones actuales.



Nota: Diferencias entre un elasmobranquio paleozoico (A) y un tiburón actual (B). Las flechas presentadas en la figura marcan las diferencias externas entre ambos organismos. Ilustración adaptada de *Nuestra tierra* (p.15) por Jacques y colaboradores. 2016.

2.3.1.1. Cámbrico

El período Cámbrico, que marca el comienzo del Paleozoico, fue testigo de la explosión de vida más significativa registrada hasta la fecha, conocida como la "explosión del Cámbrico". Durante este tiempo, surgió una gran cantidad y diversidad de formas de vida, tanto animal como vegetal (National Geographic, 2010; Horovit & Carrillo, 2012). Se ha hipotetizado que esta diversificación fue impulsada por el aumento de oxígeno en la atmósfera provocado por las emisiones de cianobacterias y algas a través de la fotosíntesis. Se menciona que estas grandes cantidades de oxígeno fueron vitales al momento de alcanzar los niveles necesarios para impulsar el crecimiento de estructuras corporales y formas de vida complejas" (National geographic, 2010).

Entre los restos fósiles encontrados en este período, se han identificado organismos del grupo de los cordados, que incluye tanto a invertebrados como a los primeros vertebrados. Por esta razón, se considera que el origen de los vertebrados se remonta al Cámbrico (Horovit & Carrillo, 2012). Aunque no se ha documentado la aparición de tiburones durante este período, es innegable que la diversificación marina ocurrida en ese tiempo fue fundamental para su posterior evolución.

2.3.1.2. Ordovícico

Aunque los primeros registros de tiburones datan de la era Paleozoica, aún persiste el debate sobre si su origen se remonta al final del periodo Ordovícico (hace 460 millones de años) o incluso antes (Mendoza et al., 2016). Esta incertidumbre se basa en la compleja relación de los tiburones con los primeros condrictios, ya que, aunque existen registros de que las escamas placoideas más antiguas se asocian a los tiburones (Horovitz & Carrillo, 2012), es necesario considerar que hay otras estructuras clave difíciles tanto de preservar como de estudiar, como condrocráneos, vértebras y mandíbulas, lo que complica la elaboración de una hipótesis más precisa sobre su origen (Mendoza et al., 2016).

Es importante señalar que durante este periodo ocurrió la primera extinción masiva conocida hasta el momento, la gran extinción ordovícica, causada por glaciaciones que cubrieron gran parte de la Tierra, provocando la pérdida de aproximadamente el 70% de la biodiversidad (Fernández et, al. 2015). Sin embargo, a finales del Ordovícico e inicios del Silúrico, hubo un resurgimiento de la vida gracias a la radiación ordovícico-silúrica, un evento que favoreció la proliferación de organismos, principalmente acuáticos, y sentó las bases para la biodiversidad que conocemos hoy día. (Horovitz & Carrillo, 2012).

Un aspecto importante por destacar es que aquí también se encuentran registros de peces ostracodermos o pteraspidomorfos, un grupo de vertebrados que poseían placas óseas o exoesqueletos más o menos desarrollados dependiendo del taxón, y cuya existencia seria clave en la historia evolutiva de todos los vertebrados en general, incluyendo los elasmobranquios, según lo mencionado por Castillo (2012).

2.3.1.3. Silúrico

Durante este periodo, surgieron los tiburones primitivos, según lo mencionado por National geographic (2022). Los registros fósiles atribuidos son las escamas placoideas encontradas a finales del ordovícico y en la edad temprana del silúrico, hace aproximadamente 440 millones de años, relacionándose con los esqueletos cartilaginosos de los tiburones, ya que estos son un "desarrollo secundario del esqueleto de los ostracodermos y placodermos" (Beltrán, 2008). Asimismo, esta fue una etapa dorada para el asentamiento de los tiburones en los océanos y su evolución en los siguientes millones de años siguientes.

2.3.1.4. Devónico

Durante este período, que comenzó hace aproximadamente 419 millones de años, se produjo la máxima diversificación de los condrictios, un grupo de peces que incluye tanto a los holocefalos como a los elasmobranquios, los cuales comenzaron a habitar no solo en entornos marinos, sino también en aguas dulces, expandiendo así su rango ecológico, tal y como lo mencionan Mendoza y colaboradores en (2016). En este mismo período, los mismos autores indicaron que surgieron los primeros vertebrados con mandíbulas (gnatostomados), representados por dos grupos principales: acantodios y placodermos. Teniendo este contexto en cuenta, el registro fósil de ambos grupos se ha encontrado dentro del devónico, al igual que los dientes más antiguos de tiburón conocidos hasta el momento, que presentan características similares a las de los individuos más modernos. (Horovit & Carillo, 2012).

Durante el Devónico, hubo una importante divergencia evolutiva que marcó a este grupo de peces, ya que mientras los placodermos mantenían una "armadura externa", los

condrictios se deshicieron de esta característica y reforzaron su estructura interna, que está formada exclusivamente en cartílago (Guisande, 2011). Por otro lado, los mismos autores mencionaron que los placodermos experimentaron una gran diversificación y llegaron a ser los principales depredadores marinos, alcanzando tamaños de hasta 10 metros de longitud. Este dominio en los océanos continuó hasta su extinción al comienzo del Carbonífero, hace alrededor de 300 millones de años.

2.3.2.5. Carbonífero

El Carbonífero (385-299 millones de años), conocido como la "Edad de Oro de los Tiburones" según National Geographic (2022), fue un periodo crucial para la evolución y proliferación de especies de tiburones, acercándolos a las formas que conocemos hoy. Durante este tiempo, también se destacaron los holócefalos paleozoicos, como los helodóntidos, orodóntidos, debéridos y cochilodóntidos, que se extinguieron al final de este periodo (Mendoza et al., 2016).

Es importante resaltar las diferencias entre estos holócefalos y los tiburones actuales. Los holócefalos tenían un esqueleto cartilaginoso similar al de los tiburones, pero con una mandíbula superior fusionada al cráneo. Esta estructura les proporcionaba menos flexibilidad al cazar, pero les otorgaba mayor fuerza para triturar sus alimentos (Mendoza et al., 2016). Además, los holócefalos poseían un sistema sensorial especializado, que incluía una espina venenosa frente a la aleta dorsal y ojos grandes adaptados a la vida en aguas profundas. Por otro lado, los tiburones modernos presentan adaptaciones diferentes, su mandíbula no está fusionada al cráneo, lo que les proporciona mayor movilidad y eficacia en la captura de presas; además, cuentan con un avanzado sistema sensorial, que incluye una línea lateral y las ampollas de Lorenzini,

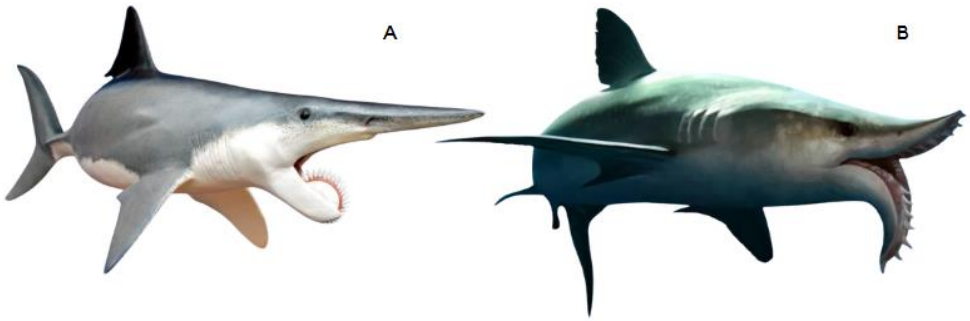
permitiéndoles detectar vibraciones y campos eléctricos en el agua, dándoles una ventaja significativa como depredadores.

2.3.1.6. Pérmico

Al final de la Era Paleozoica, en el periodo del pérmico, se produjo la mayor extinción de especies en la historia de nuestro planeta, donde desapareció aproximadamente el 90% de las especies marinas y el 70% de las especies terrestres, según lo mencionado por Horovit & Carillo (2012). Sin embargo, es conocida por ser una extinción de índole oceánica. Este evento ocurrió debido a un calentamiento global que generó una falta de oxígeno en los océanos, lo que provocó que los organismos sufrieran de asfixia, resultando letal. Dentro de este grupo se encontraban algunos holocefalos, como los petalodóntidos y menáspidos, mientras que los eugenodóntidos lograron sobrevivir. A pesar de esto, desafortunadamente muchos otros holocéfalos aún no han sido descubiertos y, por lo tanto, son desconocidos para los investigadores. (Mendoza et al, 2016). Finalmente, estudios como los de Cuny (2013) y los de Tovar & colaboradores (2000), explican que en este periodo comenzaron a aparecer tiburones con denticiones extravagantes, como el Helicoprion, cuyos dientes adoptaban forma de sierra circular o una la fila de dientes anteriores como los Edestus (figura 10).

Figura 10.

Comparativa de tiburones primitivos.



Nota: En la parte izquierda de la figura se encuentra el Helicoprion, mientras que en la parte derecha se encuentra Hedestus. Ilustración adaptada de “Imaging techniques for studies of microwear on Edestus teeth” por W. Itano. 2014.

2.3.2 Mesozoico

Tal y como lo menciona el museo de la Universidad Nacional de la Plata, la era mesozoica, que abarca los periodos triásico, jurásico y cretácico, es bien conocida por ser “la edad de los reptiles” o el apogeo de los llamados dinosaurios. Sin embargo, para los tiburones represento un gran cambio a nivel adaptativo y evolutivo, albergando a uno de los tiburones más conocidos de aquella época, el megalodón. (McDonald, 2023).

El periodo triásico, es uno de los periodos más importantes de la era en términos evolutivo, ya que, junto con el pérmico, dieron lugar a la mayor extinción masiva conocida hasta el momento: “extinción pérmico-triásica”. Tal y como menciona Maury (2023), esto llevó a un cambio en el grupo de tiburones primitivos existentes desde el periodo paleozoico, extinguiendo a algunos como los xenacantiformes, simoriformes, ctenacantiformes, y logrando la dominancia de otros como los hybodontiformes, lo que generó la aparición de los primeros tiburones más cercanos a los que conocemos en la época moderna (Elasmobranchii); Así mismo, Mendoza y colaboradores (2016) complementan la información con un evento que desencadena la fragmentación del supercontinente Pangea en dos partes por la apertura del mar de Tetis, formando dos continentes: Gondwana al sur (agrupando las masas continentales de las actuales

Sudamérica, África, Australia, India y Antártida) y Laurasia al norte (agrupando las masas continentales de Norteamérica y Eurasia) , lo que provoca la diversificación de especies tanto en la parte norte como en la parte sur, y si bien, en el paleozoico hubo una diversificación principalmente por estrategia trófica, fue en el triásico cuando se dio el auge total de esta y de otras estrategias tróficas que llevaron a la especialización de los condrictios en los grandes depredadores acuáticos que conocemos hoy en día. (Manzanares & Botella, 2019). Posteriormente, se produjo una ruptura entre Gondwana y Laurasia que abrió una ruta marina entre el mar de Tetis y el océano Pacífico, lo que probablemente creó nuevos hábitats y facilitó el origen de la radiación de los neoseláceos, formando barreras entre las poblaciones, lo que fue un factor clave en la formación y distribución de nuevas especies.

Es por eso por lo que se menciona que los grupos de tiburones que conocemos actualmente surgieron a partir de un ancestro común al final del Triásico, hace más de 200 millones de años, pero se diversificaron en los períodos Jurásico y Cretácico. Según Mendoza y colaboradores (2016), son provenientes de la deriva de los linajes de condrictios al final de la radiación mesozoica: elasmobranquios (neoselaceos) y holocefalos (quimeridos), siendo la primera mención asociada con tiburones y rayas. Ahora bien, la diferencia con los demás antecesores radica en que en esta era geológica se descubrió, mediante registro fósil y dentario, que los individuos eran anatómicamente diferentes a los linajes antecesores, que pueden incluso llegar a ser identificados a nivel especie.

2.3.3. Cenozoico

Todos los individuos mencionados anteriormente se diversificaron en la era cenozoica. Sin embargo, hubo uno en particular que se destacó por encima de los demás: el megalodon, un tiburón que encabezo la cadena alimenticia hace aproximadamente 20 millones de años, según lo

indicado por Fisher (2022). Este articulo recoge las investigaciones realizadas por la Universidad de Bristol, donde se mencionan características como su tamaño; en 2020, descubrió un ejemplar promedio que podría medir 10,3 metros, con aletas tan grandes como un humano adulto, lo que apoya a la hipótesis de su tamaño relacionado a su dentición. Brigs (2022) también menciona que posee otras características relacionadas con la similitud en la morfología del tiburón blanco, su distribución cosmopolita, su reproducción y áreas de cría en zonas costeras más cálidas, así como la influencia que tuvo dentro de la estructura de la comunidad marina. Sin embargo, a pesar de ser el dominante, no se salvó de la extinción, principalmente ocasionada por el enfriamiento de los océanos debido al cambio climático, su incapacidad de adaptación a nuevos ambientes, su competencia con los tiburones blancos y el declive en su alimentación, según lo mencionado por Fisher (2022).

Sin embargo, a pesar de esto, existen investigaciones relacionadas con la pérdida de esta diversificación, así como lo menciona Greshko (2021) en su artículo, donde se recogen los resultados de investigaciones publicadas en la revista Science por las autoras Elizabeth Sibert & Leah Rubin, las cuales revelan un evento de extinción masiva que afectó a más de 90% de la población de tiburones de mar abierto hace aproximadamente 19 millones de años. Este estudio se basa en escamas de tiburón fosilizadas (dentículos) encontradas en el fondo marino del pacifico, gracias a la extracción de sedimentos marinos profundos que se ha realizado desde 1983, los cuales contenían pequeños fósiles tanto de peces como de tiburones que presentaban estos dentículos mencionados anteriormente. Dentro del estudio se analizaron 600 imágenes de pieles de tiburones modernos y 1300 fósiles para clasificar dentículos según sus formas y crestas, permitiendo concluir que la proporción de dentículos de tiburón disminuyó de 1 por cada 5 dientes de pez a solo 1 por cada 100 hace 19 millones de años, reflejando un colapso masivo de

las poblaciones de tiburones de mar abierto, sin embargo, no se sabe a ciencia cierta por qué ocurrió este evento.

Por otro lado, Greshko (2021) también menciona otro estudio publicado en la revista Nature, en donde se indica que desde 1970 la población de tiburones ha disminuido un 71% debido a un factor antropogénico: la pesca. Por lo tanto, la actualidad, perteneciente a la era cenozoica, evidencia un incremento en la vulnerabilidad de los tiburones y, por ende, la perdida de especies importantes y únicas dentro de la cadena trófica marina.

2.4 Ordenes de la subclase Elasmobranchii

2.4.1. Orden Symmoriiformes †

Caracterizada por el complejo espina-cepillo presente en la espina de la aleta dorsal de algunos géneros como *Stacanthus*, de la cual la función aún está en debate, pero se hipotetiza que pudo funcionar para defensa, exhibición o reconocimiento intraespecífico.

El orden Symeriiformes estuvo presente desde el devónico superior hasta el Pérmico, aproximadamente desde 380 millones de años hasta hace 280 millones de años, alcanzando su mayor diversidad durante el período Carbonífero, altamente caracterizado por su diversidad anatómica en sus adaptaciones craneales y espinas dorsales, en los cuales el cráneo presenta un tamaño relativamente pequeño con estructuras especializadas, como extensiones cefálicas en algunos géneros, así mismo, presentaban una dentición multicuspide, especializada para capturar presas pequeñas y triturar alimentos; respecto a su morfología corporal, las aletas dorsales presentan espinas alargadas en gran cantidad de géneros, adicional a las aletas pectorales grandes y móviles, un cuerpo alargado y fusiforme adaptado para natación activa y una cola heterocerca,

con un lóbulo superior más desarrollado y, respecto a escamas, de tipo placoide, similar a los tiburones modernos. (Ginter, Hampe & Duffin, 2010).

Este orden se considera ancestro cercano de los Holocephalus actuales, haciendo las veces de un paso intermedio entre los condrictios hasta las actuales quimeras. Los fósiles se han encontrado en América del Norte, Asia, Europa y Australia, lo que indica una distribución global de la especie en ambientes marinos. El orden Symoriiformes posee alta importancia a nivel paleontológico y ecológico ya que permite la comprensión la evolución de peces cartilaginosos a través de la presencia de gran cantidad de rasgos primitivos y derivados, así mismo, su alta diversidad morfológica resalta su plasticidad evolutiva a lo largo de las variaciones en el entorno durante el paleozoico. (Maisey, 2009).

- **Familia Symmoriidae**. Caracterizada por espinas dorsales alargadas y modificaciones cefálicas. Se caracteriza por una morfología distintiva que incluye una aleta dorsal con espina, en algunos casos con estructuras expandidas o en forma de pétalo, así como un esqueleto craneal propio de euselacantos tempranos. Su registro fósil incluye géneros como *Denaea* y *Symmorium*, cuyas especies muestran adaptaciones a entornos de plataforma somera. Aunque la dentición completa no ha sido plenamente descrita, se infiere que poseían adaptaciones tróficas primitivas típicas de condrictios paleozoicos (Benton, 1993; Maisey, 2009)
- **Familia Falcatidae.** Caracterizada por el dimorfismo sexual notable. Elasmobranquios anfistílicos en los que el hiomandibular se articula con la superficie posterior del postorbital, medial a la articulación del pterigoides con

el palato-cuadrado. El palato-cuadrado y la dentición mandibular de tipo cladodonto, consistiendo en varias cúspides dispuestas longitudinalmente sobre una base con un fuerte toro lingual; la cúspide central suele ser la más grande. La escamación corporal es escasa o limitada a áreas especializadas en los machos, además de escamas en anillo del canal de la línea lateral. Las espinas de las aletas, si están presentes, carecen de ornamentación externa y pueden aparecer solo en machos sexualmente maduros. El endoesqueleto pectoral presenta basales prearticulares, una placa metapterigial y un eje alargado; los radios que soportan la aleta se articulan principalmente con las basales prearticulares y la placa metapterigial. La aleta anal está presente solo como una placa subdérmica (Lund, 1984).

- **Familia Stethacanthidae.** Caracterizada por sus espinas dorsales con forma de cepillo. Esta familia alcanzaba hasta 1 metro de longitud y presentaba una anatomía general semejante a la de los tiburones modernos, aunque con notables diferencias morfológicas. Se distingue por una aleta dorsal anterior única con forma de yunque o tabla de planchar, recubierta por espículas dérmicas especializadas, presentes exclusivamente en los machos. Estas espículas también se encuentran en la parte superior de la cabeza, formando una superficie rugosa continua. Además, poseía extensiones cutáneas posteriores en las aletas. Estas estructuras han sido interpretadas como mecanismos para el cortejo o defensa, sugiriendo un dimorfismo sexual marcado y una función multipropósito en interacciones ecológicas y reproductivas (Carrier, 2004).

2.4.2. Orden Xenacanthiformes †

Millones de años atrás, desde el Devónico superior hasta el Triásico, se caracterizaban por su morfología única y adaptaciones a ambientes no marinos, alcanzaron su mayor diversidad durante el Carbonífero y Pérmico y su diversidad disminuyó hacia la extinción masiva del Pérmico-Triásico. Su morfología distintiva consistía en un cráneo alargado y robusto, cabeza con una espina característica en forma de ¨V¨ invertida en la parte posterior, dientes xenacantoides bicúspides adaptados para triturar presas duras como crustáceos y peces acorazados, un cuerpo alargado y cilíndrico, similar al de una anguila, el cual les facilitaba la locomoción en ambientes con alta vegetación y aguas poco profundas, poseían una única aleta dorsal que se extendía a lo largo del cuerpo y aletas pectorales y pelvianas pequeñas, cola díplica, capaz de proporcionar suficiente impulso para desplazarse en aguas tranquilas y escamas placoides, así como un sistema renal modificado para manejar la osmorregulación en ambientes de agua dulce. Se encontraban principalmente en ambientes de agua dulce, se han encontrado múltiples fósiles en Europa, Norteamérica y Australia principalmente (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010). Al tener una morfología tan diferenciada, es un grupo clave para el estudio de la adaptación de los condrictios a ambientes de agua dulce y las respuestas evolutivas a largo plazo.

- **Familia Xenacanthidae.** Caracterizada principalmente por el género *Xenacanthus*, el cual poseía una espina nucal prominente. La familia Xenacanthidae se caracteriza por una dentición de tipo prensil o cladodonta, con base ancha, cúspide central y varias laterales; sin embargo, en géneros como *Xenacanthus*, las cúspides laterales se agrandan y la central se reduce. Sus dientes estaban adaptados para perforar, sujetar y cortar presas, con recambio lento. Presentaban mandíbulas largas, suspensión anfistílica y gran

apertura bucal, lo que sugiere alimentación por mordida o captura directa. Eran peces mayoritariamente de agua dulce, aunque también habitaban ambientes marinos y estuarinos, con una amplia distribución geográfica y diversificación asociada a gradientes ambientales desde el Devónico (Carrier, 2004).

2.4.3. Orden Synechodontiformes †

Orden presente hace aproximadamente 310 millones de años hasta hace 100 millones de años, desde el Carbonífero Superior hasta el Cretácico, son de especial importancia debido a sus características morfológicas, que los relacionan con los tiburones modernos (Neoselachii), y brindando gran cantidad de información sobre la transición evolutiva hasta los elasmobranquios modernos. Entre su morfología característica se encuentra el neurocráneo robusto y una estructura craneal similar a Neoselachii, con un sistema sensorial altamente desarrollado, dientes multicúspidos, con cúspides principales prominentes y accesorias más pequeñas, tamaño mediano con forma hidrodinámica (tubular), aletas dorsales con espinas y aletas pectorales alargadas, cola heterocerca, con el lóbulo superior más desarrollado y escamas placoides. Se han encontrado fósiles principalmente en América del Norte, Europa y Asia, lo que sugiere una distribución casi global en ambientes marinos. Así mismo, según su dentición, se asume que fueron carnívoros generalistas (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Palaeospinacidae.** Se encuentra el género *Synechodus* correspondiente al género tipo del orden. Los dientes presentan una marcada heterodoncia, con formas perforadoras en la región anterior y aplastantes en la posterior. Las cúspides principales son bien definidas en dientes anteriores,

circulares en sección y curvadas hacia la cara lingual, mientras que en dientes posterolaterales pueden reducirse a domos bajos ornamentados. Hay al menos dos pares de cúspides laterales poco definidas. Tanto las cúspides principales como las laterales tienen pliegues marcados en sus caras labial y lingual, que en algunos casos alcanzan el ápice o los bordes cortantes. Hacia la base, los pliegues se bifurcan o entrelazan formando un patrón poligonal. La corona es ancha y sobresale en la cara labial. La raíz es de tipo pseudopoliaulacorhiza, expandida lingualmente y con pliegues que se proyectan hacia la cara labial. (Unwin, 1998).

- **Familia Orthacanthidae.** Caracterizada principalmente por el género *Orthacanthus*, el cual poseía un cuerpo más grande y robusto y en algunos fósiles se ha encontrado evidencia de canibalismo; esta familia es clasificada por algunos autores en el género *Xenachantidae*. De su morfología se conoce que, su espina dorsal mide aproximadamente 114 mm de largo (incompleta) y presenta una morfología externa con sección transversal oval cerca de la cavidad pulpar, que se vuelve circular o subtriangular en la región distal no denticulada y circular en la región denticulada. La espina alcanza un ancho máximo de 9.4 mm cerca de la base y tiene un índice de robustez de 1:12. Respecto a su dentición, dos hileras posteriores de dentículos cubren aproximadamente la mitad distal de la espina, con dentículos que varían entre 1.7 y 2.3 mm de base y una densidad uniforme de 0.40 dentículos/mm, observada tanto en este espécimen como en juveniles. En un ejemplar juvenil más pequeño, se registraron 13 dentículos en 23.5 mm de espina, con tamaños

que aumentan de 0.4 mm (distal) a 2 mm (proximal) y espaciado creciente hasta el sexto dentículo (Beck et al., 2016).

2.4.4. Orden Ctenacanthiformes †

Grupo que estuvo presente desde el Devónico Superior hasta el Pérmico, aproximadamente hace 380 millones de años hasta hace 250 millones de años, este orden es caracterizado por sus espinas dorsales prominentes, una frente a cada aleta dorsal, las cuales se encontraban ornamentadas con estrías o crestas longitudinales, presentaban un cráneo alargado y robusto, dientes pequeños multicuspidos, un cuerpo fusiforme, aletas pectorales y pelvianas bien desarrolladas y una cola heterocerca, con el lóbulo superior bien desarrollado. Son paleontológicamente importantes debido a que su morfología combina rasgos primitivos con rasgos basales de los tiburones modernos que posteriormente se perfeccionaron (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Ctenacanthidae.** Es la familia más representativa del orden, que incluye al género *Ctenacanthus*, el género tipo del orden. Dientes de tamaño pequeño a mediano, que miden entre 7 y 23 mm en sentido mesiodistal. La cúspide central es biconvexa, relativamente ancha y triangular, con 12 a 15 crestas en los márgenes labiales y linguales; más erecta en los dientes en posición anterior y curvada hacia atrás (recurvada) en los dientes ubicados en posiciones mediolaterales. Las cúspides laterales se abren desde la base, con 5 a 6 crestas, miden aproximadamente una cuarta parte de la altura de la cúspide central y son bulbosas en la base. Las cúspides intermedias varían en tamaño y

número, presentando entre 1 y 4 cúspides entre la central y la lateral, y pueden alcanzar hasta la mitad o igual altura que las laterales. La base del diente es trapezoidal, ligeramente cóncava hacia la cara labial, con un toro lingual débilmente desarrollado. La proyección orolingual es una cresta delgada y rectangular. La proyección basolabial consiste en una cresta fina a lo largo del margen basolabial. La depresión basolabial está moderadamente desarrollada y tiene forma triangular. Numerosos forámenes nutricios están presentes en el margen labial, entre el borde basolabial y la corona (Hodnett et al, 2024).

2.4.5. Orden Hybodontiformes †

Grupo que estuvo presente desde el Devónico superior, hace aproximadamente 370 millones de años hasta el Cretácico superior, hace aproximadamente 66 millones de años, es un grupo caracterizado por su diversidad y éxito durante el Paleozoico y Mesozoico, siendo un importante paso en la evolución de los Condrictios. Era un orden cosmopolita y se han encontrado fósiles a lo largo de todos los continentes, capaces de habitar mares poco profundos, lagunas, ríos y diversos sistemas lacustres. Su morfología característica consistía en la presencia de espinas dorsales, una frente a cada aleta, un cráneo alargado y aplanado, con un sistema sensorial bien desarrollado, dentición heterodonta, cuerpo fusiforme, aletas pectorales grandes y móviles y aletas dorsales reforzadas, una cola heterocerca y escamas placoides. Según la información recopilada por la ubicación de los fósiles, eran capaces de adaptarse tanto a ambientes marinos como de agua dulce, así mismo, según su dentición, eran principalmente omnívoros (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Acrodontidae.** Con dentadura especializada para triturar.

- **Familia Hybodontidae.** Familia más representativa del orden, dentro de la cual se encuentra el género *Hybodus*, género tipo del orden. Caracterizado por un cuerpo fusiforme de "aspecto normal" y aletas de tamaño moderado, aleta anal situada muy hacia atrás, aletas pectorales tribasales, dientes siempre separados, aletas dorsales diferentes, la primera con una espina colocada en un ángulo bajo y ubicada fuera del cartílago radial, la segunda con la espina en un ángulo alto y con una hilera de cartílagos radiales, espinas dorsales ornamentadas con series de estrías longitudinales, llevando series de dentículos en su región posterior, mandíbulas macizas, suspensión mandibular probablemente amfistílica o primitiva hiostílica y espinas cefálicas presentes en los machos (Gómez, 1992).

2.4.6. Orden Eugeneodontida †

Orden que estuvo presente desde el Devónico, hace aproximadamente 380 millones de años, hasta el Pérmico, hace aproximadamente 250 millones de años, se han encontrado fósiles en América del Norte, Australia y Europa; principalmente caracterizado por sus dientes en forma de hoja, organizados en forma de filas y ocasionalmente, en algunos géneros, proyectados hacia el frente, como en Eugeneodus, presentaban un cráneo alargado y robusto, un cuerpo un poco más alargado y menos hidrodinámico en comparación con los demás ordenes, aletas pectorales grandes y aletas dorsales con espinas, así como una cola heterocerca. Según la ubicación de los fósiles hallados, habitaban zonas costeras y mar poco profundo, según su dentición, se asume que eran carnívoros especializados, así mismo, se asume un comportamiento de caza en emboscada por la forma del cuerpo y proyección de su dentición (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Eugeneodontidae.** Familia más representativa del orden, dentro de la cual se encuentra el género *Eugeneodus*, género tipo del orden. Caracterizados por una dentición especializada, con dos filas de placas dentales planas y cortantes (dentadura en pavimento) y un único verticilo dental en la línea media de la mandíbula inferior. Presentan palatocuadrados y cartílagos de Meckel delgados, no fusionados anteriormente, excepto en Bobbodus, que poseía palatocuadrado bien desarrollado con dentición adherida. Esqueleto postcraneal con elementos parcialmente calcificados (escapulocoracoides, arcos neurales y hemales, placa basal dorsal), pero sin centros vertebrales calcificados, ni cintura ni aletas pélvicas. Cuerpo fusiforme, con aletas caudales homocercales, adaptada a un estilo de vida pelágico, nectónico y de nado activo. Depredadores nectónicos que habitaban ecosistemas marinos abierto (Nelson et al., 2016).

2.4.7. Orden Hexanquiformes

El orden Hexanquiformes es un grupo que existe desde el Pérmico, hace aproximadamente 300 millones de años, hasta el presente. Se destacan por su morfología única y sus características primitivas, lo más diferencial es el número de hendiduras branquiales, siendo seis o siete pares de branquias, un cuerpo robusto y fusiforme, cráneo primitivo y mandíbulas fuertes con dientes puntiagudos, adaptado a aguas profundas, aletas pectorales grandes y aplanadas, y aletas dorsales con espina prominente en algunos géneros, cola heterocerca y escamas placoides. Son tiburones principalmente de aguas profundas, carnívoros, de comportamiento solitario, caracterizados por una caza paciente y olfato agudo (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Hexanchidae.** Familia más representativa del orden; Caracterizados por su cuerpo cilíndrico, cabeza con 6 ó 7 hendiduras branquiales y boca subterminal. Dientes diferenciados en ambas mandíbulas. Dientes de la mandíbula inferior en forma de sierra. Una única aleta dorsal, aleta anal más pequeña que la dorsal y aleta caudal con una gran escotadura (Lamilla & Bustamante, 2005). Tiburones pequeños a grandes, con cuerpos esbeltos a robustos con cabeza y hocico anchos y redondeados, o angostos y puntiagudos; poseen un pequeño espiráculo, muy detrás el ojo, boca larga, hasta atrás del ojo. Dientes inferiores en forma de peine (largos, bajos y serrados), más grandes y anchos que los dientes superiores, que tienen una sola punta; seis o siete aberturas branquiales largas, pero ninguna sobre la base de las pectorales. Una única aleta dorsal, detrás de las aletas pélvicas, al final del cuerpo, cerca de la caudal, aletas sin espinas y aleta caudal muy asimétrica, con el lóbulo inferior pequeño (Compagno, 1984).

- **Familia Chlamydoselachidae.** Cuerpo alargado y parecido a una anguila, cabeza con 6 pares de hendiduras branquiales. Una única aleta dorsal posterior y boca terminal en la cabeza. Dientes con tres cúspides mayores y un par de cúspides pequeñas intermedias, iguales en ambas mandíbulas. Aleta anal más grande que la aleta dorsal y aleta caudal completa, sin escotadura terminal.

2.4.8. Orden Squaliformes

El orden Squaliforme es un grupo que ha estado presente desde el Cretácico inferior, hace aproximadamente 145 millones de años hasta la actualidad, se encuentran en casi todos los océanos, son principalmente bentopelágicos, es decir, están presentes en el talud continental y las fosas oceánicas, se caracterizan principalmente por la ausencia de aleta anal y la presencia de espinas en sus aletas dorsales, poseen una cabeza grande y ojos bien desarrollados, algunas familias presentan órganos luminosos. Poseen un cuerpo fusiforme y robusto y cinco pares de branquias, poseen dentición afilada en línea, adaptada para cortar presas, sin embargo, puede variar en algunas especies; su alimentación es principalmente carnívora y oportunista, así mismo, hay especies más especializadas, como Isistius brasiliensis que arranca trozos de carne de presas más grandes. Este orden es de gran importancia biológica debido a que es clave para la comprensión de la alta longevidad en vertebrados, su capacidad de bioluminiscencia y el desarrollo de los Neoselachii en aguas profundas (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Etmopteridae.** Tiburones bioluminiscentes, pequeños y adaptados a aguas profundas, de pequeño tamaño y color oscuro, con dientes diferentes en ambas mandíbulas; ojos grandes y verdosos. Segunda espina y aleta dorsal más grandes que las primeras. Hocico moderado o corto, aplanado y aletas pectorales anchas y redondeadas. Cloaca con una glándula luminosa (Lamilla & Bustamante, 2005). Tiburones pequeños con cuerpo cilíndrico a ligeramente comprimido; hocico corto; sin membrana nictitante; espiráculos grandes, justo detrás del ojo; boca corta, en ángulo agudo; dientes superiores e inferiores similares o disímiles, los superiores con una punta delgada y varias más pequeñas; cinco aberturas branquiales, todas antes de la base de la pectoral;

dos aletas dorsales, la primera generalmente más pequeña que la segunda, ambas con espina estriada larga y gruesa; origen de la primera dorsal detrás del margen posterior de la pectoral; sin crestas entre las aletas pectorales y pélvicas; sin aleta anal; sin quillas en la base de la cola; sin fosetas precaudal; aleta caudal fuertemente asimétrica, con una muesca antes de la punta del lóbulo superior; usualmente con marcas negras y órganos luminiscentes desde el vientre a lo largo de la base de la cola (Nelson, 2006).

- **Familia Echinorhinidae.** Cuerpo cilíndrico sin aleta anal con dos aletas dorsales posteriores sin espinas. Origen de la primera dorsal por detrás del origen de las pélvicas y caracterizado por sus dentículos dérmicos grandes y notorios, en forma de estrella (Lamilla & Bustamante, 2005).

- **Familia Somniosidae.** Tiburones con mayores esperanzas de vida, como el tiburón de Groenlandia (*Somniosus microcephalus*), con hasta 400 años de vida. Poseen aletas dorsales sin espinas, la primera dorsal en la mitad del dorso y segunda dorsal de menor tamaño posterior al origen de las pélvicas. No poseen quillas laterales en la base de la aleta caudal (Lamilla & Bustamante, 2005). Tiburones pequeños a muy grandes; cuerpo cilíndrico, ligeramente comprimido; ojos en el lado de la cabeza, sin membrana nictitante, con espiráculos grandes, justo detrás de los ojos y hocico variable en forma, sin barbillas. Boca corta, casi transversal con dientes superiores estrechos en forma de aguja y sin cúspides, no sobrepuestos; dientes inferiores

de tipo cuchilla, sobrepuestos y sin cúspides, con muescas en el borde trasero. 5 hendiduras branquiales, todas antes de la aleta pectoral. Presenta 2 aletas dorsales, con o sin espinas, algunas espinas acanaladas y pequeñas en ambas aletas. La primera aleta dorsal variando de más grande a más pequeña que la 2da dorsal. Con origen de la primera dorsal sobre las puntas traseras libres de las pectorales, sin aleta anal y aletas pélvicas igual o más grandes que la segunda dorsal; aleta caudal fuertemente asimétrica, con el lóbulo superior presenta una muesca debajo de la punta y lóbulo inferior fuerte a ausente; usualmente sin quillas o muescas antes de la base de la aleta caudal. Dentículos de la piel muy juntos, pero no agrandados (Nelson, 2006).

2.4.9. Orden Pristiophoriformes

El orden Pristiophoriformes, también conocido como tiburones sierra, está presente desde el Cretácico inferior, hace aproximadamente hace 100 millones de años hasta la actualidad, se caracteriza por su morfología distintiva, especialmente en la región craneal, con un hocico alargado y dentado en forma de sierra, el cual le facilita los procesos de cacería y defensa y órganos sensoriales especializados llamados ampollas de Lorenzini, que a través de electrorrecepción, les permite detectar presas enterradas en la arena; posee un cuerpo delgado y alargado, poseen dos aletas dorsales sin espinas y aleta anal ausente, seis pares de hendiduras branquiales y su dentición consiste en dientes pequeños, diseñados para atrapar presas resbaladizas, son de hábitos nocturnos principalmente. Se encuentran distribuidos en océanos templados y tropicales de todo el mundo, principalmente en el Indo-Pacífico, Atlántico suroccidental y en los alrededores de Japón. Es de importancia ecológica y evolutiva debido a

que brindan información de las estrategias de caza y supervivencia de los tiburones bentónicos (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Pristiophoridae.** única familia, con 2 géneros, *Pristiophorus*, tiburón sierra típico y *Pilotrema*, tiburón sierra de seis branquias. Cabeza fuertemente deprimida y un poco expandida lateralmente, con hocico muy largo y muy aplanado, lateralmente expandida, con 17 a 43 grandes dientes de sierra juntos, laterales y ventrales y un par de largas barbas rostrales como hilos en la superficie ventral, antes de las fosas nasales. Ojos dorsolaterales en la cabeza con espiráculos grande, justo detrás a nivel de los ojos. 5 a 6 aberturas branquiales pareadas en los lados de la cabeza, todo antes del origen de la aleta pectoral; boca pequeña, ampliamente arqueada, que se extiende ligeramente por detrás de los ojos. Dientes débilmente diferenciados a lo largo de las mandíbulas, sin crestas o muescas. Tronco cilíndrico y base de la cola con largas y gruesas crestas dérmicas laterales, los dentículos de piel cubren todo el cuerpo; aletas pectorales moderadamente grandes, aletas pélvicas pequeñas, 2 aletas dorsales sin espinas. Origen de la primera dorsal sobre el abdomen, mucho antes de bases pélvicas; aleta anal ausente y aleta caudal con un lóbulo dorsal largo y sin lóbulo ventral (Compagno, 1984).

2.4.10. Orden Squantiniformes

El orden Squantiniformes, comúnmente conocido como tiburones ángel, está presente desde el Jurásico inferior, hace aproximadamente hace 180 millones de años, hasta la actualidad. Este orden presenta características intermedias entre los tiburones y las rayas debido a su cuerpo

aplanado y sus grandes aletas pectorales, así como su cabeza ancha y redondeada, con los espiráculos ubicados en la parte superior de la cabeza y las branquias ubicadas en la parte ventral del cuerpo, en una disposición similar a la de las rayas, posee dos grandes aletas dorsales sin espinas y aleta anal ausente, cola heterocerca con el lóbulo superior más grande que el inferior. Son de cacería en emboscada, principalmente nocturnos y pasan gran parte del día enterrados en la arena, no son nadadores activos y dependen casi de que en su totalidad del camuflaje para poder cazar. Son de importancia evolutiva y biológica ya que son un gran ejemplo de evolución convergente debido a su gran parecido con las rayas (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Squatinidae.** Comprende a 1 solo género "*Squatina*". Los tiburones ángel son peces relativamente pequeños. Caracterizados por tener la cabeza y el cuerpo aplanados en forma de raya, con un cuello bien definido a nivel del origen de la aleta pectoral. Con ojos encima de cabeza y un espiráculo grande por detrás de cada uno. La boca abre al frente de la cabeza, con 5 aberturas branquiales en la parte ventral de la cabeza. Aletas pectorales y pélvicas muy expandidas; 2 aletas dorsales muy pequeñas, sobre la cola; sin aleta anal y aleta caudal muy pequeña y asimétrica con lóbulo inferior más grande (Compagno, 1984).

2.4.11. Orden Heterodontiformes

Este orden ha estado presente desde el Triásico inferior, hace aproximadamente 250 millones de años, hasta la actualidad, lo que lo convierte en uno de los órdenes más antiguos de tiburones vivientes. Se caracterizan por su cabeza ancha con crestas supraoculares y su dentición

heterodonta, poseen dientes frontales afilados para capturar presas y dientes posteriores aplanados y gruesos para triturar, cuentan con cinco pares de branquias, dos aletas dorsales con espinas y aleta anal presente, su cola es heterocerca, con el lóbulo superior más desarrollado que el inferior. Habitan principalmente arrecifes de coral, fondos rocosos y praderas marinas, durante el día permanecen ocultos en grietas o fondos arenosos y durante la noche se activan para cazar, sin embargo, no son nadadores activos, ya que se desplazan lentamente sobre el fondo marino.

Son de gran importancia evolutiva debido a que no han presentado cambios significativos desde el Mesozoico, lo que indica que han sido exitosos con sus estrategias evolutivas y su dentición heterodonta le ha permitido explotar nichos más específicos (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Heterodontidae.** Contiene únicamente a los sobrevivientes del género *heterodontus*; son moderadamente pequeños, poseen dos aletas dorsales, cada una con una espina, y con aleta anal presente. La nariz es muy corta y redondeada; los ojos no tienen membrana nictitante y las narinas se encuentran conectadas a la boca por un surco profundo. Son tiburones pequeños, fácilmente reconocibles por su cabeza cuadrada y alta. Poseen ojos altos, con crestas encima, un hocico corto y romo y espiráculos pequeños detrás y debajo de los ojos. Boca corta muy delante de los ojos con surcos fuertes entre las narinas y la boca. Dientes pequeños, anteriores puntiagudos, posteriores como molares. 5 hendiduras branquiales, las últimas tres sobre la base de la pectoral. Una espina fuerte y puntiaguda al inicio de cada una de las dos aletas dorsales. Origen de la primera dorsal sobre la base de la pectoral, aleta anal presente y aleta caudal asimétrica, pero con un lóbulo inferior bien desarrollado (Nelson, 2006).

2.4.12. Orden Orectolobiformes

El orden Orectolobiformes, conocido principalmente por los tiburones nodriza, alfombra y el tiburón ballena, ha estado presente desde el Jurásico inferior, hace aproximadamente 190 millones de años hasta la actualidad. Caracterizado principalmente por su hocico corto y sus barbillones nasales, pequeñas extensiones cerca de la boca que les permiten detectar presas en el sustrato, posen un cuerpo robusto y alargado, sin embargo, algunas especies, como el tiburón alfombra, poseen cuerpos aplanados que les permiten camuflarse en el fondo marino, poseen una boca amplia ubicada en la parte frontal de la cabeza, poseen cinco pares de hendiduras, con la quinta branquia superpuesta a la cuarta en algunas especies, presentan dos aletas dorsales sin espinas y aleta anal presente. Son principalmente tiburones bentónicos habitando arrecifes de coral, fondos arenosos y cuevas submarinas, sin embargo, algunas especies son pelágicas y realizan migraciones estacionales, como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*) (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Brachaeluridae.** También conocidos como “tiburones ciegos”, son tiburones pequeños, pertenecientes al fondo costero, presentan surcos nasales y perinasales, barbillas largas y bocas transversales frente a los ojos. Dos aletas sin espinas y una aleta anal; y una cola precaudal más pequeña que la cabeza. Caracterizados por una cabeza ancha y algo aplanada, ojos dorsolaterales con espiráculos grandes detrás, y un hocico redondeado. Posee hendiduras branquiales pequeñas y narinas con largos barbillones, boca pequeña subterminal y casi transversal con un surco central en la barbilla, dientes similares en ambas mandíbulas, con cúspide central destacada. Su cuerpo es cilíndrico y levemente deprimido, sin crestas laterales, y la cola

precaudal es más corta que el cuerpo. Presenta aletas pectorales anchas y redondeadas, aletas pélvicas grandes, dorsales de tamaño similar y aleta anal pequeña. La aleta caudal es alargada, ligeramente heterocerca, sin lóbulo ventral y con un lóbulo terminal bien definido (Nelson, 2006).

- **Familia Rhincodontidae.** Tiburón muy grande, con tamaños de 12 m o más, con cuerpo cilíndrico, hocico muy corto, amplio y achatado. Ojos pequeños, redondos, ubicados detrás de la boca, la cual es amplia pero corta, que abre casi toda al frente de la cabeza, un poco detrás de la punta del hocico. 5 grandes hendiduras branquiales, las últimas tres ubicadas sobre la aleta pectoral, hendiduras branquiales externas muy grandes, hendiduras internas dentro de la boca con pantallas filtradoras. Con muchos dientes muy pequeños, con puntas en gancho. Presenta dos aletas dorsales, la primera sobre las aletas pélvicas, la segunda es mucho más pequeña y ubicada sobre la aleta anal; cola asimétrica, pero con un lóbulo inferior grande. Aleta caudal con un gran lóbulo ventral sin muesca subterminal, base caudal aplanada, con una quilla larga en el costado que continúa hacia adelante como cresta a lo largo del cuerpo y sobre las hendiduras branquiales, con dos o más crestas por encima y a lo largo del cuerpo. Coloración oscura, con manchas blancas prominentes. Bordes longitudinales a lo largo del cuerpo con líneas blancas longitudinales y verticales. Pedúnculo caudal con grandes quillas laterales. Una única especie: Rhincodon typus (Compagno, 1984; Lamilla & Bustamante, 2005).

2.4.13. Orden Carcharhiniformes

Es el orden más diverso y numeroso de tiburones modernos, ha estado presente desde el Cretácico inferior, hace aproximadamente 140 millones de años hasta la actualidad, conocido principalmente por los tiburones tigre, martillo, azul y gato. Entre sus principales características se destaca su cabeza fusiforme y hocico alargado, aletas dorsales sin espinas y aleta anal, dentición variada, órganos sensoriales evolucionados, como las ampollas de Lorenzini y grandes ojos con membrana nictitante (Compagno, 2005).

Es un orden cosmopolita, puesto que se encuentra presente en todos los océanos del mundo, habitando desde aguas costeras poco profundas hasta mar abierto y profundidades de hasta 1000 metros, así mismo, posee especies que pueden vivir en agua dulce. Presentan comportamiento variados, algunos pueden ser solitarios mientras que otros, como los tiburones martillo, pueden formar grupos. Son de alta importancia evolutiva y ecológica, siendo el grupo más exitoso de tiburones modernos con gran variedad de adaptaciones morfológicas, lo que ha desarrollado de igual manera, gran variedad de hábitats disponibles y diversas estrategias alimenticias (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Carcharhinidae.** Especies grandes de hábitos pelágicos, dentro de sus especies se encuentra el Tiburón toro (capaz de vivir en agua dulce) y el tiburón azul (más abundante en mar abierto). Son tiburones de forma característica, con cuerpos aerodinámicos y aleta curvadas hacia atrás, con ojos redondeados y párpado nictitante. Se caracterizan por poseer cinco aberturas branquiales, con la última ubicada sobre la pectoral. Son tiburones de pequeños a grandes, con cuerpos alargados a robustos. Hocico amplio y

romo o largo y cónico. Poseen ojos redondeados con membrana nictitante inferior y generalmente carecen de espiráculos, salvo en *Galeocerdo*. Las narinas no presentan barbillas ni surcos. Boca grande, arqueada y se extiende más allá del ojo, con surcos labiales posteriores. Los dientes varían en tamaño, con forma de navaja, con o sin puntas accesorias; los superiores e inferiores difieren entre sí, siendo los anteriores superiores más pequeños que los laterales, sin separación por dientes intermedios. Presentan cinco hendiduras branquiales, las dos últimas sobre la base de la aleta pectoral. La primera aleta dorsal, de base más pequeña que el lóbulo superior de la caudal, se sitúa completamente delante de las aletas pélvicas. La segunda dorsal mucho más pequeña. La aleta anal moderadamente larga, con origen debajo o delante del origen de la segunda dorsal. Base de la caudal con muesca tanto arriba como abajo, justo antes de la aleta. La aleta caudal es muy asimétrica, con un lóbulo inferior bien desarrollado y un lóbulo superior de borde rizado y con una muesca bajo la punta (Compagno, 1984).

- **Familia Scyliorhinidae.** Tiburones pequeños y bentónicos, como el tiburón inflador, este usa el mismo mecanismo del pez globo, posee primera aleta dorsal sobre o por detrás de las pélvicas, con cuerpos pequeños pero largos, cabeza ancha, corta y levemente aplanada. Boca estrecha sin barbas nasales (Lamilla & Bustamante, 2005). Tiburones pequeños con cuerpos esbeltos a moderadamente robustos, sus ojos son ovalados horizontales, con parpados inferiores rudimentarios y con una cresta cartilaginosa sobre cada ojo, espiráculos presentes detrás de cada ojo. 5 hendiduras branquiales, las últimas 2 sobre la aleta pectoral. Dientes pequeños y numerosos, normalmente tienen

1 o más puntas secundarias a los lados de la punta principal. Caracterizados por su intestino con una válvula espiralada. Origen de la primera aleta dorsal sobre o detrás de las aletas pélvicas, la 2da dorsal y la anal relativamente grande y 2da dorsal más pequeña a más grande que la 1ra dorsal. Aleta caudal fuertemente asimétrica, sin lóbulo inferior o uno pequeño y con borde superior recto, a veces con dentículos (Compagno, 1984).

- **Familia Sphyrnidae.** Tiburones pequeños a grandes con cuerpo alargado y moderadamente delgado. La principal característica de estos tiburones es la forma de su cabeza, la parte frontal es fuertemente aplanada, con expansiones laterales de variadas formas (azadón, mazo, hacha). Sus ojos se ubican en los ejes externos de estas expansiones. Presenta orificios nasales cortos delante de los ojos. Dientes anteriores en forma de navajas, con una punta. Inferiores rectos y superiores oblicuos, fuertemente muescado del lado posterior; dientes posteriores similares a los anteriores o en forma de molares. 5 hendiduras branquiales, la última ubicada sobre la pectoral. Posee dos aletas dorsales, la 1ra es alta y punteada, 2da mucho más pequeña. Presenta una muesca que atraviesa sobre la base de la cola en forma de medialuna y una muesca debajo de la base. La aleta caudal es fuertemente asimétrica, con lóbulo inferior grande y lóbulo superior muescado debajo de la punta (Compagno, 1984).

2.4.14. Orden Lamniformes

El orden Lamniformes, presente desde el Cretácico inferior, hace aproximadamente 140 millones de años, hasta la actualidad, caracterizado por los tiburones de gran tamaño y velocidad, como el tiburón blanco, o el tiburón peregrino, así como su capacidad de mesotermia. Presentan

una morfología distintiva en la cual, además de su tamaño, destacan su cuerpo fusiforme y altamente hidrodinámico, una cabeza grande y ojos bien desarrollados sin membrana nictitante, boca amplia provista de dientes grandes y afilados, organizados con forma de sierra, dos aletas dorsales sin espinas y aleta anal presente. Habitan principalmente ambientes pelágicos y son carnívoros activos y de emboscada, sin embargo, algunas especies como el tiburón peregrino (Cetorhinus maximus), habitan aguas templadas y costeras, y son filtradores, alimentándose principalmente de plancton. Algunas especies realizan migraciones de larga distancia. Presentan alta importancia ecológica y evolutiva, debido a su fisiología altamente eficiente y la variedad de comportamientos presentes dentro del orden, así mismo, se ha evidenciado alta inteligencia y estrategias de caza complejas en los tiburones blancos (Compagno, 1984; Compagno, 2005; Ginter & Hampe, 2010).

- **Familia Alopiidae.** Caracterizados por su cola extremadamente larga, usada para aturdir presas, con aletas pectorales estrechas y largas. Segunda dorsal y aleta anal pequeña. Esta familia es conocida principalmente por los tiburones zorro (*Alopias vulpinus* y *Alopias pelagicus*). (Lamilla & Bustamante, 2005). Son tiburones grandes con cuerpo robusto y cilíndrico, cabeza corta, hocico largo y cónico con boca pequeña ventral. 5 hendiduras branquiales cortas, las últimas dos ubicadas sobre la base de la aleta pectoral. 1ra dorsal grande; la 2da y la aleta anal muy pequeñas. Aletas pectorales muy largas y angostas. Aletas pélvicas grandes. Aleta caudal con lóbulo superior de la cola extremadamente largo, casi igual a la longitud del cuerpo y sin quillas en los costados de la base de la cola (Compagno, 1984).

- **Familia Cetorhinidae.** Especie más representativa es el Tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*), el segundo pez más grande del mundo, especializado en filtración de plancton. Tiburón grande con un cuerpo robusto, hocico puntiagudo y boca enorme con muchos dientes muy pequeños, romos y con una punta sencilla. 5 hendiduras branquiales muy largas que casi se unen en la parte de arriba y de abajo de la cabeza, todas antes de las aletas pectorales. Presenta espinas branquiales largas como pelos. Posee dos aletas dorsales, la primera mucho más grande y situada equidistane entre las pectorales y las pélvicas; la segunda dorsal y la aleta anal, pequeñas. Aleta caudal casi simétrica y cóncava, la base de la cola es muy deprimida, con una quilla grande en cada costado (Compagno, 1984).

- **Familia Lamnidae.** Depredadores más rápidos y eficientes del océano, Tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*), mayor depredador marino actualmente, Tiburón Mako de aleta corta (*Isurus oxyrinchus*), tiburón más rápido, alcanzando hasta 74 km/h.. Caracterizados por sus grandes de hocicos puntiagudos y cuerpos en forma de huso, con bocas grandes con dientes aserrados y cortantes. Aletas pectorales largas, primera dorsal alta y segunda y aletas anales pequeñas y aleta caudal en forma lunada (Lamilla & Bustamante, 2005). Son tiburones grandes, mejor reconocidos por su cuerpo en forma de huso. Su hocico es puntiagudo y poseen pocos dientes, pero afilados en forma de daga o triangulares y serrados, con una sola punta. 5 hendiduras branquiales largas, todas delante de la base de la aleta pectoral. 2 aletas

dorsales, la 1ra muy delante las pélvicas y la 2da aleta dorsal y la aleta anal muy pequeñas. Poseen un pedúnculo caudal delgado que está fuertemente deprimido, con quillas grandes que se extienden sobre la base de la aleta caudal. Aleta caudal semilunar, casi simétrica. Los Carcharodon son parcialmente de sangre caliente con un sistema circulatorio que les permite tener una temperatura más alta que la del medio (Compagno, 1984).

- **Familia Megachasmidae.** Especies muy raras, de hábitos filtradores, poseen cuerpo cilíndrico algo comprimido y robusto, con cabeza muy larga con hocico muy corto, aplanado, ancho y redondo. Ojos moderadamente grandes y boca muy grande que se abre en la parte delantera de la cabeza y se extiende hasta detrás de los ojos. 5 aberturas branquiales moderadamente largas, las últimas 2 encima de la base de la aleta pectoral. Branquiespinas igual a papilas en forma de dedos. Dientes diminutos, con una base ancha, ahusando a una punta dirigida hacia atrás, lisos, entre 85 a 100 filas en cada mandíbula. 1era aleta dorsal moderadamente grande y angular, 2da dorsal la mitad del tamaño de primera dorsal. Aletas pectorales grandes, largas y estrechas. Aletas pélvicas de tamaño moderado y aleta anal más pequeña que segunda dorsal. Aleta caudal con un lóbulo superior largo y lóbulo inferior corto; base de la cola comprimida y sin quillas (Compagno, 1984).

- **Familia Pseudocarchariidae.** También conocidos como tiburones cocodrilo, poseen grandes ojos adaptados para la caza en el fondo marino, con cuerpo cilíndrico y delgado, boca grande, angular, ventral y extensible, con cinco

hendiduras branquiales largas, todas antes de la pectoral. Tiburón pequeño de cuerpo delgado y cilíndrico. Hocico largo, cónico y bulboso con ojos muy grandes. Boca grande, angular, ventral y extensible. Con dientes grandes distribuidos en dos hileras al frente de cada mandíbula, largos y como lezna al frente. 5 hendiduras branquiales largas, todas delante de la aleta pectoral. 1ra aleta dorsal baja y triangular, detrás de la pectoral, segunda dorsal más pequeña, entre las aletas pélvicas y la aleta anal, la cual es pequeña, detrás de la 2da dorsal. Aleta pectoral pequeña, corta y ancha. Cola asimétrica, con lóbulo superior largo y lóbulo inferior corto, pero bien definido. Base caudal con una quilla en cada costado, y una muesca arriba y abajo. (Nelson, 1994; Compagno, 2001).

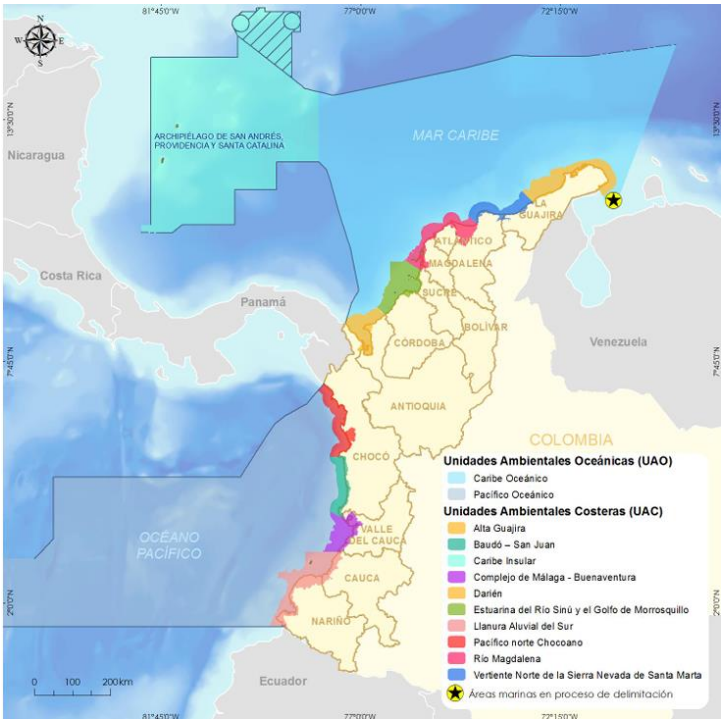
2.5. Subclase Elasmobranchii en Colombia

2.5.1. Oceanografía colombiana

Colombia posee 1114748 km2 (56%) en su parte continental y 919 376 km2 (44%) en su territorio marítimo, distribuidos en 540876 km2 en el Mar Caribe, línea de costa 3513 km y 378500 km2 en el Océano Pacífico, línea de costa de 1556 km (MinCiencias, 2020); esto constituye una inmensa riqueza que incluye recursos pesqueros, líneas de comunicación marítima, energía renovable y no renovable, entre otros; por esto, las aguas jurisdiccionales, los espacios costeros y la plataforma continental son áreas dadas para el desarrollo de diversas actividades, como turismo, pesca, transporte, exploración y explotación minera, producción de energía, conservación y recuperación de la diversidad biológica, cambio climático, gobernabilidad, entre otros (Meisel, 2005; MAVDT, 2010; MinCiencias, 2020).

Figura 11.

Localización de las unidades ambientales océanos y costeras.



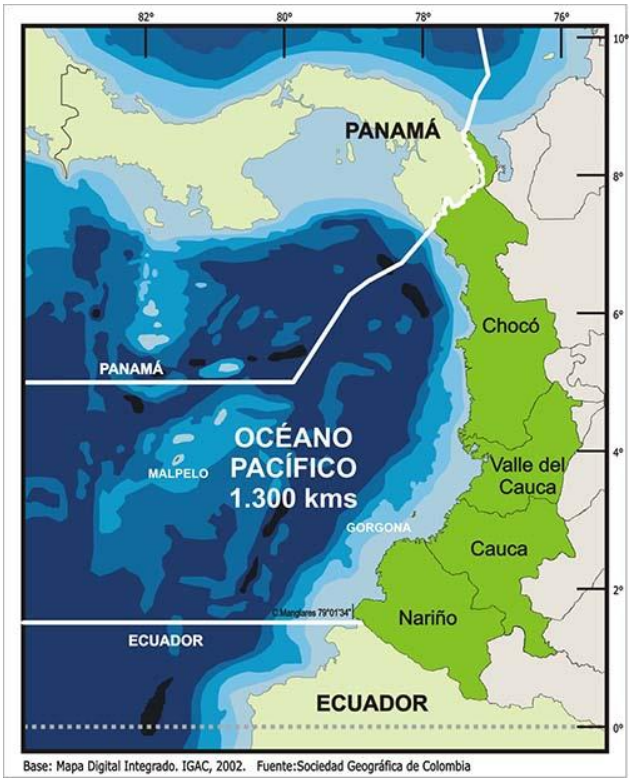
Nota: Adaptado de Invemar, 2020

2.5.2. Región pacífica

El Pacífico Colombiano se ubica en la región occidental de Colombia, limita al norte con la frontera internacional con Panamá, cruzando el litoral en el sector intermedio entre Punta Cocalito en Panamá y Punta Ardita en Colombia, y al sur con Ecuador, marcada en la zona costera por el río Mataje; posee una línea de costa de 1544 km, una porción emergida de la zona costera e insular de 8455 km2 y una superficie de aguas jurisdiccionales de 359948 km2, correspondiente al 18% del territorio nacional, extensión que se ve favorecida por la ubicación de la isla Malpelo (Invemar y MAVDT, 2012; MinCiencias, 2020).

Figura 12.

Litoral Pacífico Colombiano.



Nota: En la imagen es posible apreciar las partes continental y marítima del Litoral Pacífico Colombiano, así como las delimitaciones con los países vecinos. Tomado de: Centro de Investigaciones Pacífico, Universidad del Valle, seccional pacífico.

El litoral Pacífico se encuentra integrado por los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, así mismo, se encuentra dividido en 2 regiones fisiográficamente diferentes; la zona norte, entre Panamá y Cabo Corrientes, de aproximadamente 375km de longitud, constituida por costas acantiladas muy accidentadas correspondientes a la serranía del Baudó. Hacia el Sur de Cabo Corrientes hacia el límite con el Ecuador, la costa es baja, aluvial, con planos inundables cubiertos por manglares, una red de drenaje densa conformada por ríos y esteros y solo interrumpidos por pequeños tramos de acantilados en las bahías de Málaga, Tumaco y Buenaventura (Ingeominas, 1997; Invemar, 2012; MinCiencias, 2020).

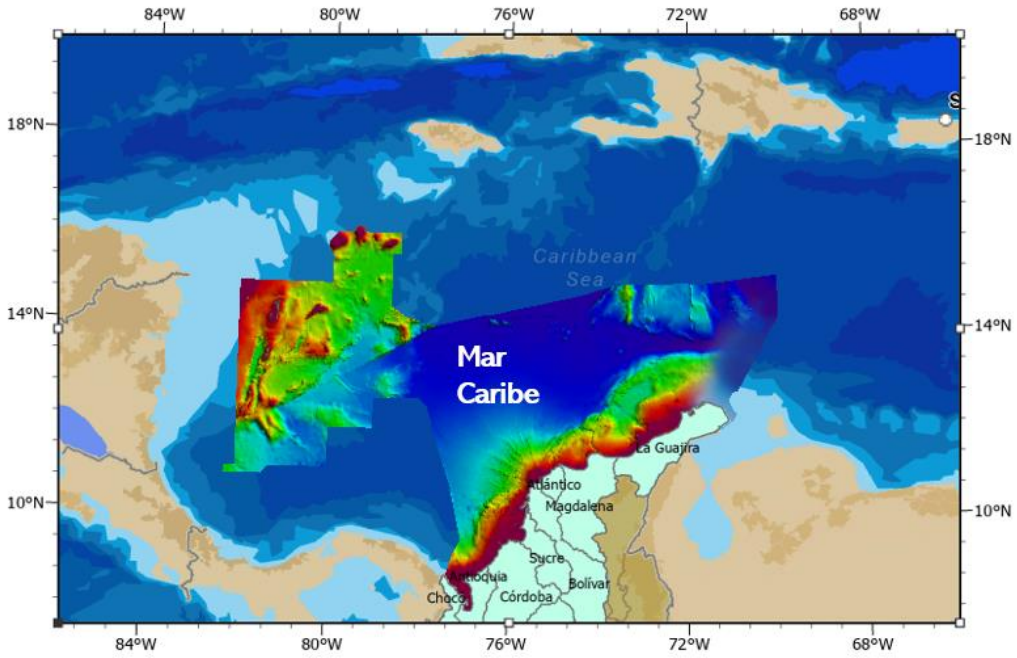
2.5.3. Región Caribe

La Costa Caribe insular oceánica está conformada por el archipiélago de San Andrés, Providencia, Santa Catalina y sus islotes y cayos asociados, ubicándose al noroeste del país, en la llamada "Zona de elevación de Nicaragua" (Posada y Henao, 2008; MinCiencias, 2020). Las máximas profundidades en la cuenca Colombia en el Mar Caribe alcanzan los 4990m, con una línea de costa de 1932 km, una zona costera emergida de 7673 km2 y una superficie de aguas jurisdiccionales de 532154 km2 (Mejía et. al, 2007; Invemar, 2012).

El litoral Caribe se encuentra en la región norte del país, desde el Golfo de Urabá hasta el Golfo de Venezuela, se extiende a lo largo Antioquia, Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena, La Guajira y una pequeña porción del Chocó. Presenta distintos tipos de formaciones, entre las cuales se destacan las Islas del Rosario, el Archipiélago de San Bernardo, así mismo, presenta un sistema de ciénagas entre las que es posible destacar la Ciénaga Grande de Santa Marta, la Ciénaga de la Virgen y la Ciénaga de la Caimanera (Invermar, 2012; Caldas & Lopez, 2011).

Figura 13.

Litoral Caribe Colombiano.



Nota: En la figura es posible apreciar el litoral Caribe y la región marítima colombiana en el mar Caribe. Adaptado de Bonfante & Santiago, Dimar, 2020.

3. Formulación del problema y justificación

La subclase Elasmobranchia que incluye a las rayas (Batoideos) y tiburones (Selachimorfos), ha fascinado a científicos y entusiastas del mundo marino durante años gracias a su historia evolutiva única. Estos depredadores han existido en la tierra hace aproximadamente 400 millones de años y su registro fósil principalmente dentario lo hace no solo atractivo actualmente, sino que sirven como evidencia de la historia geológica, que convierte a estos organismos en unos de los más antiguos del planeta tierra. En su historia evolutiva han desarrollado adaptaciones que le han permitido sobrevivir en distintos entornos acuáticos desde aguas costeras hasta profundas.

Teniendo esto en cuenta, al realizar la revisión bibliográfica correspondiente a la subclase Elasmobranchia, específicamente de los tiburones (Orden: Lamniformes, Carcharhiniformes,

Orectolobiformes, Heterodontiformes, Squatiniformes, Pristiophoriformes, Squaliformes, Hexanquiformes), se encuentran ciertos vacíos que persisten a nivel evolutivo principalmente causado por la naturaleza fragmentaria y selectiva del registro fósil, donde en la primera, se evidencia una falta de comprensión de factores ambientales y evolutivos generando una comprensión limitada de las variables que impulsan la transición generando de este modo, que la información se maneje como hipótesis, y del mismo modo, existe incertidumbre respecto a la cantidad y calidad de fósiles disponibles, lo cual provoca dificultad al momento de construir una historia evolutiva clara. Además, se han evidenciado vacíos conceptuales y cierto desinterés desde las zonas más apartadas de la zona costera respecto a los ecosistemas marinos y la importancia de los mismos, esto generalmente causado por la utilización de un lenguaje altamente técnico en la información disponible, adicional, gran parte de la información qué comprende estas temáticas no es de fácil acceso al público general.

3.1. Pregunta de investigación

¿Es posible explicar cuál ha sido el proceso evolutivo de los tiburones (subclase: Elasmobranchii) a través de las diferentes eras geológicas y qué modificaciones han desarrollado para su adaptación a los diferentes ambientes marinos mediante una cartilla ilustrada?

3.2. Justificación de la investigación

Fomentar conocimiento de la biodiversidad y el ecosistema marino, además de la importancia del ambiente en las etapas evolutivas de los organismos a tratar. Al saber lo amplios que son estos ecosistemas, es posible inferir que hay abundante desconocimiento por parte del público en general, de modo que, la implementación de diversas prácticas desde el

desconocimiento generará efectos negativos para con las poblaciones de flora y fauna y/o los servicios ecosistémicos que estos nos puedan brindar.

Mediante la creación de guías ilustradas, se busca divulgar el conocimiento de manera accesible y atractiva a la comunidad en general, incentivando de este modo el interés y la valoración hacia la biodiversidad marina. Además, al enfocarse hacia la evolución de las especies y sus antecesores, se promueve una comprensión más profunda de la historia, la importancia y la interconexión de la vida en los océanos y las constantes interacciones directas e indirectas del hombre para con estas especies.

A partir de lo mencionado, mediante la divulgación de la guía se busca contribuir a procesos de sensibilización para la población que no está familiarizada con las temáticas de ámbitos tanto marinos como científicos y, de este modo, compartir e incentivar el conocimiento a futuros científicos para el desarrollo de estrategias de protección y conservación enfocado a la preservación de los Elasmobranquios.

4. Metodología

Este estudio es de tipo cualitativo y descriptivo, tiene como objetivo principal analizar la historia evolutiva de la subclase Elasmobranchii, considerando aspectos como sus adaptaciones a lo largo de las eras geológicas y los vacíos de conocimiento existentes, con especial énfasis en un contexto colombiano. La investigación se basa en una revisión bibliográfica de fuentes científicas, incluyendo artículos, libros, monografías, tesis y publicaciones disponibles en bases de datos reconocidas como Google Scholar, SciELO, SpringerLink y ResearchGate, así como en páginas especializadas como National geographic. Para la búsqueda de información, se emplearon palabras clave en español e inglés, tales como: Elasmobranchii evolution - evolución

de elasmobranquios, Sharks in the geological eras – Tiburones en las eras geológicas, Sharks – Tiburones, Elasmobranchii in Colombia – Elasmobranquios en Colombia, Elasmobranchii ecology – Ecología de los Elasmobranquios.

Los criterios de inclusión para la selección de referencias consideran publicaciones en revistas científicas indexadas o plataformas reconocidas, estudios que aborden las adaptaciones evolutivas, la presencia y conservación de los elasmobranquios tanto a nivel global como en Colombia, y referencias que hayan citado investigaciones ampliamente conocidas en el campo. Por otro lado, se excluyen aquellas publicaciones que no estén respaldadas por evidencia científica verificable, presenten información redundante sin aportes nuevos, carezcan de rigor académico o provengan de fuentes no confiables, como blogs o páginas sin revisión científica.

La recopilación y organización de la información sigue los lineamientos de la norma APA (7a edición), garantizando claridad y coherencia en la presentación del estudio, esto incluye la correcta citación de fuentes, bibliografía, uso de interlineado sencillo, uso de fuente Times New Roman tamaño 12 para texto y tamaño 10 para citación de tablas e imágenes, con márgenes de una pulgada en todos los lados para facilitar la lectura del documento. Las tablas e ilustraciones se diseñaron por los autores del estudio, no obstante, se buscó respetar los derechos de autor en caso de utilizar referencias visuales, asegurando que las imágenes modificadas provengan de material con licencia de uso libre.

Como complemento a la investigación, se elaboró una guía ilustrativa con un enfoque visual atractivo, destinado a la divulgación del conocimiento científico sobre de la evolución de elasmobranquios de manera accesible y llamativa. Esta guía está dirigida al público general, pero con especial enfoque en estudiantes interesados en biología marina. Para el diseño y redacción del documento se empleó un lenguaje accesible sin perder el rigor científico y se estructuro en

secciones que faciliten la comprensión del contenido. Además, las ilustraciones son diseñadas con base en la información recopilada y mediante el uso de programas de ilustración digital. En el caso de requerirse imágenes adicionales, se recurrió a material de acceso libre, asegurando la correcta citación según las normas de derechos de autor.

La guía se sometió a revisión por expertos dentro del campo de la biología y la biología marina, quienes evaluaron aspectos como la precisión de la información y su efectividad como herramienta educativa y divulgativa. Se espera que este estudio contribuya al conocimiento científico acerca de la evolución y adaptación de los elasmobranquios, identificando vacíos de información y destacando su relevancia en el ecosistema marino. Además, la guía ilustrativa busca fomentar la sensibilización del público acerca de la importancia de la biodiversidad marina y la conservación de estas especies.

5. Resultados y análisis

5.1. Síntesis de la revisión bibliográfica

Se consultaron más de cincuenta fuentes bibliográficas, incluyendo libros especializados, artículos científicos, tesis académicas, informes y material divulgativo de organizaciones gubernamentales, con el propósito de identificar temáticas esenciales para la comprensión general y dar un contexto acerca de los tiburones, la estadística de las fuentes consultadas se encuentra en la tabla 3 presentada a continuación.

Tabla 3.
Estadística de las fuentes consultadas dentro del documento.

Buscador	Artículos encontrados	Artículos usados	Artículos descartados	% de artículos usados
Web of Science	29	25	5	86.2%
Scopus/ Sciencedirect	33	26	9	78.8%
SpringerLink	12	9	3	75%
ResearchGate	36	30	7	83.3%
SciELO	22	16	7	72.7%
Google scholar	46	32	15	69.6%
Libros en físico	3	3	0	100%
Total	**181**	**141**	**40**	**77.9%**

Nota. Tabla correspondiente a la información consultada para la realización del documento, en donde se presenta el motor de búsqueda, la totalidad de artículos encontrados, usados y descartados, además de las palabras claves utilizadas para encontrar información.

Como resultado se establecieron dos grandes ejes temáticos correspondientes a una sección de antecedentes y otra sección de información general. En el primer eje, correspondiente a los antecedentes, se abordaron aspectos como origen evolutivo, clasificación taxonómica, evolución histórica del grupo, adaptaciones morfológicas y fisiológicas principales y el registro fósil. En el segundo eje, correspondiente a la información general, se profundizaron temas como la morfología externa, dentición, sentidos desarrollados, comportamiento, hábitos alimenticios y reproductivos, así como su importancia ecológica dentro de los ecosistemas marinos y que planes de conservación existen. De manera complementaria, se realiza una búsqueda enfocada en la presencia de tiburones dentro de un contexto colombiano, con el objetivo de orientar el diseño de la cartilla divulgativa. Esta búsqueda consideró tanto el Caribe como el Pacífico colombiano, priorizando géneros clave dentro de cada familia, los cuales presentan características distintivas representativas de los diferentes órdenes.

Durante este proceso se identificaron algunos vacíos y contradicciones en la literatura. Una de las principales dificultades fue determinar con claridad la distribución de las familias

dentro de los órdenes, ya que diferentes autores consideran distintas clasificaciones taxonómicas, por lo que algunas familias eran asignadas a órdenes distintos, otras se agrupaban bajo una sola familia o bien se reconocían divisiones que no estaban presentes en otras fuentes consultadas. Además, se evidenció que, dentro de un mismo orden, muchas familias presentaban una morfología muy similar, lo que dificultaba la identificación de caracteres diagnósticos o distintivos para diferenciarlas entre sí.

Otra limitación importante fue la disponibilidad de fuentes actualizadas y de libre acceso, en especial libros. Gran parte de la información más reciente se encontraba fragmentada en artículos sin actualizar o documentos con acceso restringido, lo cual dificultó la consulta directa de material clave para la profundización de aspectos. No obstante, la mayoría de la información general fue accesible, dado que existen múltiples fuentes que abordan tanto aspectos amplios como específicos sobre los tiburones, permitiendo recopilar una base sólida para el desarrollo del material divulgativo. La categorización de la información en bloques temáticos facilitó su organización de una manera pedagógica, permitiendo no sólo estructurar adecuadamente la cartilla, sino también integrar de forma coherente los contenidos que se buscan transmitir al público.

5.2. Especies presentes en Colombia

En la literatura se encuentran individuos tanto para el pacífico como para el caribe colombiano presentados en las tablas 4 y 5 respectivamente, demostrando así tanto la cantidad de individuos compartidos en los dos lugares como las preferencias de algunas especies a un lugar en específico.

Tabla 4.

Tiburones del Pacífico Colombiano.

Nombre científico	Nombre común	Diagnosis
Carcharinus albimarginatus	Tiburón de puntas blancas Indo-Pacífico	Especie de cuerpo largo y delgado con hocico alargado y ampliamente redondeado, ojos grandes y redondos. Poseen aleta caudal asimétrica con lóbulo superior grande, así mismo, poseen dos aletas dorsales, la primera es grande y puntiaguda, mientras que la segunda es de menor tamaño, originándose por encima de la aleta anal. Posee coloración gris oscuro o marrón grisáceo dorsalmente, y principalmente blanco en la región ventral, todas las aletas poseen puntas blancas y márgenes posteriores blancos. Posee distribución indo-pacífica, encontrándose en costa y en alta mar, a menudo en plataformas continentales e insulares; son super depredadores y se alimentan principalmente de organismos bentónicos y de aguas medias. Tienden a alimentarse de manera más agresiva que muchas de las otras especies de tiburones presentes en hábitats similares (Bester, 2012).
Carcharinus brachyurus	Tiburón cobrizo	Especie de cuerpo delgado y esbelto con hocico ancho y puntiagudo, orificios nasales pequeños y bien separados, aletas dorsales relativamente pequeñas con puntas libres cortas, la primera dorsal con borde frontal recto, la segunda con origen un poco detrás de la aleta anal, sin cresta entre aletas, la aleta pectoral es larga y recta, base de la cola sin quilla y aleta caudal significativamente asimétrica. Posee coloración gris-café a cobriza en la región dorsal y una coloración blanquecina en la región ventral, y una característica franja pálida en la región latera. Se encuentra en el océano pacífico, principalmente en la región costera y en alta mar, es migratorio septentrional,

		desplazándose hacia el norte en primavera y verano y al sur en otoño e invierno. Se alimenta principalmente de peces pelágicos y óseos de fondo (Compagno, 1984; 2005).
Carcharinus cerdale	Tiburón cola pequeña del Pacífico	Especie de cuerpo fusiforme delgado y pequeño, cabeza deprimida, hocico largo y puntiagudo, ojos grandes y circulares; primera aleta dorsal ampliamente triangular, baja con el ápice en punta roma, la segunda dorsal con origen detrás de la aleta anal, las aletas pectorales son pequeñas, levemente curvas con puntas redondeadas, aleta caudal fuertemente asimétrica con un lóbulo inferior bien desarrollado. Presenta coloración generalmente gris en el dorso y laterales y coloración blanca en la región ventral, las puntas de las aletas pectoral, dorsal y caudal pueden ser oscuras o negruzcas. Se distribuye únicamente en el Pacífico Oriental desde el Golfo de California hasta Perú (Jordan & Evermann, 1898).
Carcharinus galapagensis	Tiburón de Galápagos	Especie de cuerpo relativamente delgado, hocico moderadamente corto, largo y redondeado y ojos grandes; primera aleta dorsal moderadamente grande con borde frontal recto, posee ápice puntiagudo y borde posterior cóncavo, el origen de la segunda aleta dorsal se encuentra muy cercano al origen de la anal; las aletas pelvicas se originan muy detrás de la primera aleta dorsal, son grandes, un poco curvas con puntas poco redondeadas a puntiagudas, la base de la cola no posee quilla y la aleta caudal es fuertemente asimétrica. Posee coloración gris-café en el dorso y laterales y blancuzca en la región ventral, la mayoría de las aletas posee puntas oscuras, especialmente la superficie anterior de las aletas pectorales. Presenta distribución circumtropical con preferencia por aguas alrededor de

		islas oceánicas, en Colombia, caracterizándose por estar presentes en las Islas Galápagos (Myers, 1991).
Nasolamia velox	Tiburón hocicudo	Especie de cuerpo bastante delgado y moderadamente grande, con hocico cónico significativamente alargado, cónico y puntiagudo y fosas nasales muy grandes y juntas, así mismo, posee una mancha negra delineada de blanco en la punta dorsal del hocico. Distancia pre-oral mucho mayor que la distancia entre las aberturas nasales, surcos labiales muy cortos, colgajos anteriores nasales vestigiales, cresta interdorsal ausente, fosa precaudal superior transversal y semilunar. Primer origen dorsal sobre los márgenes internos de la pectoral y su base media más cerca de las bases pectorales que a la pélvica, segunda aleta dorsal mucho más pequeña que la primera, con origen ligeramente sobre la inserción anal; aletas pectorales moderadamente anchas y triangulares, ligeramente falcadas con origen debajo de la tercera hendidura branquial. Posee coloración gris o gris café en el dorso y laterales y coloración blancuzca en la región ventral, una mancha negra rodeada de blanco en la superficie dorsal de la punta del hocico y no posee manchas distintivas en las aletas (Compagno, 1984). Habita principalmente aguas costeras sobre fondos blancos, distribuidos hacia el Pacífico Oriental.
Rhizoprionodon longurio	Tiburón picudo	Especie de cuerpo esbelto, de tamaño regular (min 110 cm hasta posiblemente 154cm), hocico prenarial de 4,5 a 6% de la longitud total, largo y puntiagudo, ojos grandes, redondos, surcos labiales de 2,1 a 2,6% de la longitud total. Aberturas nasales pequeñas, ampliamente espaciadas, pliegue largo y prominente sobre el extremo posterior del labio superior, no presenta espiráculos, posee ojos grandes y redondos, cinco hendiduras branquiales con las últimas dos localizadas sobre la pectoral, dos aletas dorsales pequeñas, la primera

		mucho más grande con el origen sobre el primer tercio posterior de la base de la aleta anal, un poco más pequeña que la aleta anal, sin cresta interdorsal, pectorales pequeñas, amplias y triangulares, una cresta larga adelante de cada aleta anal y hoyos transversos similares a una media luna en la parte superior e inferior de la base de la cola, aleta caudal fuertemente asimétrica. Posee coloración gris o gris café en el dorso y costados y coloración blanca en la región ventral, borde posterior y punta del lóbulo caudal ampliamente negro (Jordan & Gilbert, 1883). Se distribuye a lo largo del Pacífico Oriental, desde el sur de California hasta Perú sobre el litoral tropical.
Triaenodon obesus	Tiburón de puntas blancas de arrecife	Especie de cuerpo medianamente delgado, cabeza amplia, grande y aplanada, en forma de cuña cuando es visto desde abajo, ojos pequeños, usualmente sin espiráculos, caracterizado por poseer dos aletas dorsales desiguales, el origen de la primera aleta dorsal más cerca de las pélvicas que de las pectorales, segunda dorsal grande pero más pequeña que la primera, su origen es aproximadamente sobre el origen de la anal, que posee el mismo tamaño. No posee levantamiento entre dorsales, posee grandes aletas pectorales de forma triangular, muesca sobre la base superior de la cola y aleta caudal fuertemente asimétrica. Presenta coloración gris a lo largo de la región dorsal y laterales, que se desvanece a un blancuzco amarillento en la región ventral, ocasionalmente posee manchas redondas de color gris oscuro dispersas a lo largo del cuerpo, más en la región mitad ventral que en la dorsal, puntas de la primera y segunda dorsal, lóbulo superior e inferior caudal generalmente blancos (Russel & Houston, 1989; Compagno, 2005). Se distribuye a lo largo del Indo-Pacífico, generalmente permanece la mayor parte del

		día descansando en el fondo de cuevas o debajo de los arrecifes, se activa durante la noche.
Alopias superciliosus	Tiburón zorro ojón	Especie moderadamente grande, cuerpo fuerte y cilíndrico, cabeza corta, aplanada entre los ojos, posee un profundo surco horizontal a ambos lados de la cabeza detrás la parte trasera de los ojos hasta arriba de las aberturas branquiales, hocico largo, bulboso y cónico, ojos significativamente grandes y boca pequeña. Primera aleta dorsal grande con base justo delante del origen de la aleta pélvica, segunda dorsal y aleta anal muy pequeñas, aletas pectorales muy largas y angostas, con forma curva y punta ancha, aletas pélvicas grandes, lóbulo superior de la cola extremadamente largo, aproximadamente igual a la longitud del cuerpo, aleta ancha y sin quilla. Posee una coloración gris púrpura a lo largo del cuerpo y la región ventral posee coloración, ocasionalmente, primera aleta dorsal de coloración más oscura. Posee distribución circunglobal, encontrándose en mares tropicales y templados, se encuentra en aguas costeras sobre plataformas continentales, principalmente presente en la región epipelágica litoral y oceánico (Compagno, 1984).
Alopias pelagicus	Tiburón zorro pelágico	Especie de tamaño moderadamente grande, de cuerpo fuerte y cilíndrico, cabeza corta y angosta, redondeada entre los ojos, hocico alargado y cónico, perfil frontal recto, sin surcos sobre la nuca, ojos y boca pequeños, primera aleta dorsal grande, equidistante entre las pectorales y las pélvicas, segunda aleta dorsal y aleta anal muy pequeñas, pectorales muy largas, rectas y de punta redondeada, aletas pélvicas grandes, lóbulo superior de la cola extremadamente largo, aproximadamente igual a la longitud del cuerpo, sin quillas en la base la cola. Dorso y laterales con coloración azul a gris y coloración blanca en la región

		ventral, la cual no se extiende en el costado sobre la aleta pectoral (Anderson et al, 1998). Se distribuye a nivel circunglobal en el Indo-Pacífico, es una especie principalmente oceánica, sin embargo, puede encontrarse cerca de la costa.
Ginglymostoma unami	Tiburón gata del Pacífico	Especie de tamaño mediano con cuerpo alargado, tronco ancho y robusto en la parte anterior, región cefálica y pre-branquial corta, hocico redondeado, ancho y muy corto, con longitud menor que la distancia Inter orbital, boca pequeña posicionada anterior a los ojos y con 2 barbillas carnosas localizadas al margen de las narinas, la longitud de las narinas es igual o mayor que la distancia preoral y cabe 2 veces la longitud del hocico; las narinas están conectadas a la boca y hay presencia de hendiduras nasales. 2 aletas dorsales, la segunda ligeramente más pequeña que la primera, ambas con el margen anterior ligeramente convexo y el margen distal ligeramente cóncavo, la inserción de la primera dorsal sobre o por delante del origen las aletas pélvicas, la segunda dorsal con inserción muy por delante de la aleta anal. Presenta coloración parda con variantes pálidas con tintes amarillos hasta oscuros en región dorsal y laterales y coloración amarillenta en la región ventral. Se distribuye desde el sur de la costa occidental de Baja California hasta Perú, se considera endémica del Pacífico oriental tropical. (Del Moral-Flores *et al*., 2015).
Heterodontus francisci	Tiburón cornudo	Especie de tamaño pequeño y cuerpo delgado, cabeza alta, cónica y un hocico parecido al de los cerdos, boca pequeña, surco moderadamente alto sobre el ojo que finaliza abruptamente en la parte posterior detrás del ojo, posee un espacio muy cóncavo entre los ojos, la longitud antes de la primera aleta dorsal es aproximadamente el 28.5% de la longitud total, estrías

		nasales antes de la boca, 2 aletas dorsales, cada una con espinas en el frente, el origen de la primera aleta dorsal es sobre la base de la aleta pectoral, los dentículos dérmicos del flanco son pequeños y lisos. Posee coloración gris pálida el dorso y costados presentan pequeñas manchas oscuras menores que 1/3 del diámetro ocular, manchas oscuras bajo el ojo. (Weigman, 2016). Se distribuyen a lo largo del Pacífico oriental, desde el centro de California aproximadamente hasta Perú, se encuentra en zonas rocosas y arenosas y en lechos de macroalgas (Compagno, 1984).
Heterodontus mexicanus	Tiburón cornudo mexicano	Especie de tamaño pequeño, cuerpo delgado y cabeza cuadrada grande, hocico chato similar al hocico del cerdo, cresta ósea baja sobre cada ojo que termina gradualmente hasta la parte posterior del ojo, espacio un poco cóncavo entre los ojos. Longitud antes de la primera aleta dorsal es 1/3 de la longitud total, aberturas nasales sin barbas y con surcos alrededor de las narinas, que conectan con la boca, fleco nasal alargado posteriormente, boca pequeña. Ambas aletas dorsales presentan una espina puntiaguda, el origen de la primera dorsal se da sobre la base de la pectoral; los dentículos del flanco son significativamente grandes y ásperos en adultos. Posee coloración gris café, usualmente con manchas negras grandes distribuidas de manera irregular en las aletas y cuerpo, una barra pálida entre los ojos y 1 o 2 parches oscuros poco definidos abajo del ojo. Se distribuye desde el Golfo de California hasta Perú, es posible encontrarlo en fondos rocosos o de arena y arrecifes someros (De la Cruz Agüero *et al*., 1997).
Notorynchus cepedianus	Tiburón de siete branquias	Especie de tamaño moderadamente grande, cuerpo fusiforme, cabeza y hocico amplios y redondeados, con siete largos pares de hendiduras branquiales, ninguna

		sobre la base pectoral, ojos pequeños y boca ancha y arqueada; una única aleta dorsal, cerca de la cola y cola con un pequeño lóbulo inferior, distancia desde la inserción de la aleta dorsal hasta el origen de la caudal superior aproximadamente igual a la longitud de la base dorsal. Coloración del cuerpo usualmente gris en la región dorsal y blanco en la región ventral con múltiples manchas negras y/o blancas esparcidas a lo largo del cuerpo y las aletas. (Dulvy & Reynold, 1997; Camhi et al, 1998). Distribución en mares principalmente templados del Pacífico, ambos lados del Atlántico y el Océano Indico sur occidental, se encuentra en ambientes marinos, bentónicos y neríticos, normalmente en una profundidad de al menos 46m, pero a menudo en aguas poco profundas a menos de 1m de profundidad (Compagno, 1984).
Odontaspis ferox	Tiburón toro arenoso	Especie grande de cuerpo voluminoso, hocico largo y bulbosamente cónico, ojos moderadamente grandes sin párpados nictitantes, boca larga y extendida hasta la región posterior de los ojos. Aleta anal y segunda aleta dorsal más pequeñas que la primera aleta dorsal, pero de base ancha, primera aleta dorsal más cerca de las aletas pectorales que de las pélvicas, fosa precaudal superior presente, quillas laterales ausentes del pedúnculo caudal, aleta caudal asimétrica con lóbulo ventral fuertemente desarrollado. Presenta coloración gris en la región dorsal y laterales y blanca en la región ventral, ocasionalmente con manchas rojizas oscuras; algunos juveniles presentan aletas dorsales con manchas negras. Se distribuye a lo largo del Atlántico Oriental desde el Golfo de Gascuña hasta Cabo Verde, Occidental en la Plataforma de Yucatán y Brasil, en el Indo-Pacífico frente a Sudáfrica y las Maldivas, Pacífico central frente Hawái y Pacífico Oriental desde el Sur de California

		hasta Ecuador, es de ambiente bentopelágico (Compagno, 1984; Ritter & Compagno 2013).
Cephalurus cephalus	Tiburón ratón	Especie pequeña, cuerpo con forma de renacuajo, cabeza agrandada y considerablemente deprimida, estrechamente redondeada en vista lateral, ojos dorsolaterales a la cabeza, hocico muy corto y delgado, menos de la mitad del ancho de la boca, grueso y aplanado, así como romo y dorsoventral; tronco y cola delgados y cilíndricos, estrechándose hasta la aleta caudal; cuerpo muy blando y semigelatinoso con piel fina, dentículos débilmente calcificados, estómago no inflable y cola corta. Longitud desde la cloaca hasta el origen caudal inferior menos de la mitad de la longitud hocico-cloaca. Fosas nasales de tamaño moderado, con aberturas incurrentes y excurrentes solo parcialmente abiertas; solapas nasales anteriores ampliamente triangulares sin barbillas y bien separadas entre sí, sin surcos nasales. Dos aletas dorsales de igual tamaño presentes, el origen de la primera aproximadamente un tercio de su longitud base frente a los orígenes pélvicos, origen de la segunda aleta dorsal sobre el origen de la anal; aletas pectorales pequeñas, muchos más delgadas que el ancho de la boca; márgenes internos de las aletas pélvicas no fusionados, aleta anal moderadamente grande, casi como las aletas pélvicas y dorsales. Se distribuye a lo largo del Pacífico oriental, habita principalmente el talud continental superior. (Balart et al, 2000). Los especímenes desde Panamá hasta Chile pueden diferir. (Compagno, 1984).
Sphyrna corona	Tiburón coronado	Especie de pequeño tamaño, posee extensiones laterales en forma de mazo en la cabeza, la cual es moderadamente ancha y corta, margen anterior de la cabeza arqueada con muescas laterales mediales poco profundas, hocico largo, distancia pre-oral general más

		del 40% del ancho de la cabeza, con un arco de boca angosto. Primera aleta dorsal moderadamente grande y erecta, con un margen posterior cóncavo, el origen sobre el margen interno de la pectoral, la punta posterior libre alcanza el origen de la pélvica, la base de la segunda dorsal cerca de la mitad de la base de la anal, margen posterior de la aleta anal casi recta; aleta caudal bastante asimétrica con un lóbulo inferior grande y un lóbulo superior con muesca bajo la punta. Presenta coloración generalmente gris en el dorso y laterales, blancuzco en la región ventral y el martillo, aletas pélvicas y anal de color amarillento. Es probablemente la especie más pequeña de tiburón martillo. Se distribuye a lo largo del Pacífico oriental, desde el sur de México hasta el norte de Perú, se encuentra en la plataforma continental, presumiblemente, en la costa (Compagno, 1984).
Sphyrna zygaena	Tiburón martillo liso	Especie de tamaño moderado, con cabeza ancha y extensiones laterales angostas, el margen anterior de la cabeza es ampliamente convexo y posee hendiduras laterales prominentes sin muesca medial. Posee dos aletas dorsales, primera aleta dorsal moderadamente grande y erecta, con margen posterior cóncavo, su punta libre no alcanza el nivel de las pélvicas, origen de la segunda dorsal ligeramente detrás del origen de la aleta anal, posee borde posterior recto, la aleta anal posee una hendidura prominente en el borde posterior, aleta caudal fuertemente asimétrica con un lóbulo inferior grande y un lóbulo superior con muesca abajo de la punta. Presenta coloración oliva oscuro a gris café en el dorso y costados y blanco en la región ventral, posee coloración ceniza en la parte interna de las puntas de las aletas pectorales. Posee una extensión amplia en mares templados y tropicales, en el Pacífico Oriental, se

		distribuye desde el norte de California hasta Chile (Compagno, 1984).
Squatina armata	Tiburón ángel espinoso	Especie de tamaño moderadamente pequeño, la mitad anterior del cuerpo y la cabeza con forma de diamante muy aplanado, posee cuello diferenciado entre las pectorales, cabeza ovalada relativamente angosta, narina angosta, convexo y sin muescas; posee ojos relativamente pequeños en el dorso de la cabeza, con espiráculos prominentes detrás de ellos, la boca al frente y las aletas pectorales y pélvicas notoriamente agrandadas. Las aletas dorsales pequeñas presentan casi el mismo tamaño y situadas cerca de la aleta caudal; la aleta caudal presenta el lóbulo inferior más grande. Posee dentículos en la superficie interior, los cuales cubren toda la superficie de las aletas pectorales y pélvicas, con una banda transversal en el pecho, un parche grande en el abdomen y casi sobre toda la superficie de la cola; el holotipo posee púas fuertes en el hocico entre los ojos y los espiráculos y una fila doble de púas grandes como anzuelo en el dorso y aletas dorsales y púas grandes en el borde anterior de la aleta pectoral. Posee coloración gris a pardo, moteado con oliva, así mismo, parches irregulares cenizos sobre las aletas dorsales y la caudal, y la superficie interior blanca.Se distribuye en el Pacífico sur desde Costa Rica hasta Chile, se encuentra principalmente en fondo arenosos (Compagno, 1999).
Mustelus dorsalis	Tiburón musola dorsiblanco	Especie de tamaño pequeño, cuerpo alargado y delgado, hocico alargado y puntiagudo, con boca larga y angular, ojos horizontales ovalados muy pequeños y bastantes separados entre si con membrana nictitante ventral y narinas grandes. Dos grandes aletas dorsales, la segunda es ligeramente más pequeña que la primera, la primera aleta es bastante triangular, el centro de la base más

		cerca de la base de la pélvica que de la pectoral y aleta anal pequeña y con el origen poco detrás del origen de la segunda dorsal; cola marcada asimétrica con un lóbulo inferior que no se expande ni tiene borde posterior cóncavo y dentículos dérmicos con una punta. Posee coloración gris a gris-café y una coloración más pálida por debajo, las aletas dorsal, anal y caudal no presentan bordes posteriores oscuros. Se distribuye a lo largo del Pacífico Oriental, desde el sur de México hasta Perú (Compagno, 1984).
Mustelus henlei	Tiburón musola café	Especie de tamaño mediano a pequeño, con cuerpo alargado y delgado, un hocico puntiagudo y ojos grandes, horizontales y ovalados con membrana nictitante ventral; posee un espacio interorbital angosto, boca angular, corta, pliegue del labio superior notoriamente más largo que el pliegue del labio superior y narinas bastante separadas. Posee dos grandes aletas dorsales, la segunda ligeramente más pequeña que la primera; la primera aleta dorsal presenta forma triangular y el centro de la base más cerca de la base pélvica que de la pectoral. La distancia entre la inserción de la aleta anal y el origen ventral de la aleta cauda es entre el 6,9 a 8,6% de la longitud total y la distancia entre las bases de las aletas dorsales es el 19 a 24% de la longitud total. La aleta anal es más pequeña y con el origen bajo la parte media de la segunda dorsal. Bordes posteriores fibrosos en las aletas dorsales, caudal y ocasionalmente en la anal; la aleta caudal es fuertemente asimétrica con un lóbulo inferior que no se expande ni tiene borde posterior cóncavo. Posee dentículos dérmicos con tres puntas sobre los costados. Presenta coloración gris cobrizo en la región dorsal y blancuzca en la región ventral, borde posterior fibroso en las aletas dorsal, anal y caudal, lo cual da una coloración más oscura. Se distribuye a lo largo del

		Pacífico Oriental, desde el Norte de California hasta Ecuador y Perú (Compagno, 1984).
Mustelus lunulatus	Tiburón musola lunado	Especie de tamaño moderado a pequeño, posee un cuerpo alargado y delgado, un hocico puntiagudo y ojos grandes, horizontales y ovalados con membrana nictitante ventral, boca angular larga, pliegue del labio superior notoriamente más corto que el pliegue del labio inferior. Primera aleta dorsal con el borde posterior cóncavo, el centro de su base, centrado más cerca de la base pectoral que de la pélvica, origen de la segunda aleta dorsal muy por delante del origen de la aleta anal; aleta anal más pequeña y con el origen bajo la segunda dorsal, aleta caudal fuertemente asimétrica con un lóbulo inferior expandido, borde posterior bastante cóncavo y dentículos dérmicos sobre los costados ovalados, con puntas simples y canales a lo largo del 2/3 de la longitud. Presenta coloración gris en la región dorsal y blancuzca en la región ventral; aletas dorsales y caudal sin bordes fibrosos y de coloración oscura.Se distribuye en el Pacífico Oriental desde el Sur de California hasta el Norte de Perú (Compagno, 1984).

Información de las especies presentes extraída de: *Patrones de distribución de la riqueza de elasmobranquios marinos en Colombia*. Arango et al. 2022.

Tabla 5.

Tiburones del Caribe Colombiano.

Nombre científico	Nombre común	Diagnosis
Carcharinus acronotus	Tiburón de puntas negras del Atlántico	Tiburón de pequeño tamaño y relativamente delgado, hocico redondeado moderadamente largo, ojos significativamente grandes, surcos labiales superiores cortos y poco conspicuos, una mancha negra en la parte inferior de la punta del hocico, sin cresta interdorsal; aletas pectorales pequeñas,

		primera aleta dorsal con punta posterior corta y segunda aleta dorsal moderadamente grande con la punta trasera corta. Presenta marcas de color negruzco en la segunda dorsal y la punta caudal superior. Coloración principalmente gris a lo largo de todo el cuerpo con manchas negras en la región inferior de la punta del hocico, en la segunda dorsal y en el lóbulo dorsal de la aleta caudal (ocasionalmente también en el borde preventivo del lóbulo ventral) (Ebert & Stehman, 2013).
Carcharinus perezii	Tiburón de arrecife del Caribe	Tiburón de cuerpo largo y robusto, ojos redondos y pequeños, membrana nictitante presente. Posee un hocico redondeado y corto, con narinas con una solapa nasal anterior baja y triangular; aberturas branquiales cortas, últimas tres sobre la pectoral, sin papilas. Primera aleta dorsal moderadamente alta con margen frontal poco convexo y punta redondeada, origen sobre la punta libre de la base de la aleta pectoral; segunda aleta dorsal pequeña, casi igual a la anal, con un margen posterior ligeramente cóncavo, el largo de la punta libre posterior es un poco mayor que la altura de la aleta, se origina sobre el origen de la aleta anal. Origen de las aletas pélvicas muy detrás de la primera aleta dorsal. La aleta anal posee una muesca profunda en el margen posterior. Las aletas pectorales son largas y estrechas, ligeramente angulosas. Posee coloración grisácea en el dorso y blanca o amarillenta en la región ventral, sin franja blanca en los laterales. Se encuentra principalmente en arrecifes cerca del fondo, pero también en fondos duros o fangosos (Gaspirini & Floeter, 2001).
Carcharinus porosus	Tiburón gris pequeño	Tiburón de tamaño moderadamente pequeño a mediano, con cuerpo delgado y fusiforme, hocico

		regularmente largo y puntiagudo, ojos redondos grandes y una serie de poros conspicuos detrás del ojo, narinas con una solapa nasal puntiaguda y base angosta y surco labial superior corto. No posee levantamiento interdorsal; primera aleta dorsal ampliamente triangular, baja y con un ápice romo, se origina detrás de la punta trasera libre de la aleta pectoral; origen de la segunda aleta dorsal ligeramente detrás del punto medio de la aleta anal. Las aletas pectorales son pequeñas y levemente curvas, con puntas redondeadas o puntiagudas; aleta anal con un borde posterior fuertemente muescado, base de la cola sin quillas y una aleta caudal fuertemente asimétrica, con el lóbulo inferior bien desarrollado. Presenta coloración generalmente gris en el dorso y los costados, y una coloración más blanca en la región dorsal, las aletas no poseen marcas. Se encuentra principalmente en aguas costeras sobre fondos lodosos (Castro, 2011).
Rhizoprionodon lalandii	Tiburón picudo brasileño	Tiburón de tamaño pequeño y cuerpo fusiforme, hocico prenarial con aproximadamente 4.7% de la longitud total, surcos labiales superiores largos y un recuento de poros hiomandibulares dilatados en ambos lados de la cabeza generalmente mayor a 17. Primer origen dorsal ligeramente posterior a las puntas posteriores libres de la aleta pectoral; segundo origen dorsal usualmente encima de la inserción de la aleta anal (ocasionalmente sobre el cuarto posterior de su base), margen anterior de la aleta pectoral usualmente más corto que la primera longitud dorsal desde el origen hasta la punta posterior libre. Centro precaudal mono espondilo ligeramente agrandado; centros precaudales más numerosos que caudales. Presenta coloración gris oscuro o grisácea en la región dorsal y más clara en

		la región ventral, aletas pectorales con márgenes claros y aletas dorsales oscuras. Habita en aguas costeras poco profundas, sobre fondos arenosos y fangosos (Compagno, 1984).
Rhizoprionodon porosus	Tiburón picudo del Atlántico	Tiburón de tamaño mediano y cuerpo fusiforme, hocico prenarial alrededor de 3.9% de la longitud total; surcos labiales superiores cortos, recuento total de poros hiomandibulares dilatados en ambos lados de la cabeza, justo detrás de la boca mayor a 17. Origen de la primera aleta dorsal usualmente por encima de las puntas posteriores libre de la pectoral; segundo origen de la aleta dorsal por encima de la mitad de la base de la anal hasta encima del cuarto posterior de su base. Margen anterior de la aleta pectoral usualmente más largo que la primera aleta dorsal desde el origen hasta la punta posterior libre. Centro precaudal monoespondilo moderadamente agrandado. Presenta coloración marrón a marrón grisáceo en la región dorsal y blanco en la región ventral, ocasionalmente pueden presentas manchas blancas en los costados y aletas con bordes blancos. Habita principalmente en cercanía a costas, sin embargo, también es posible encontrarlo en aguas costeras (Compagno, 1984).
Centrophorus granulosus	Tiburón quimera granular	Tiburón de tamaño mediano, hocico corto, grueso y anguloso, distancia antes de la boca menor que la distancia de la boca a las aletas pectorales, sin párpados nictitantes; espiráculos presentes, grandes y detrás del ojo. Cinco hendiduras branquiales ubicadas detrás de la aleta pectoral. Dos aletas dorsales altas y angulares con márgenes posteriores ligeramente convexos y con pequeñas espinas acanaladas, de las cuales la de la segunda aleta

		dorsal posee mayor tamaño; primera aleta dorsal ligeramente más grande que la segunda dorsal, con origen justo detrás de la parte posterior de la aleta pectoral. Puntas de las aletas pectorales libres largas, extendiéndose más allá de la primera espina de la aleta dorsal. No poseen aleta anal ni crestas detrás de las aletas pélvicas, base de la cola sin quillas y aleta caudal fuertemente asimétrica, el lóbulo superior posee una muesca debajo de la punta y el lóbulo inferior es profundo, con una muesca poca profunda por encima de él. Posee coloración gris oscuro a marrón grisáceo en la región dorsal, con puntos blancos dispersos, coloración más clara en la región ventral y gris oscuro alrededor de la boca (White *et al.,* 2013).
Echinorhinus brucus	Tiburón brujo	Tiburón de gran tamaño, cuerpo robusto de forma cilíndrica, cabeza deprimida y espiráculos de pequeño tamaño presentes, en la región posterior a los ojos. Cinco hendiduras branquiales posicionadas antes de la aleta pectoral, la última significativamente más larga que el resto, dos aletas dorsales de pequeño tamaño al final del cuerpo; origen de la primera aleta dorsal detrás del origen de la aleta pélvica. Aletas pélvicas de gran tamaño ubicadas al final del cuerpo y sin aleta anal; aleta caudal fuertemente asimétrica con lóbulo inferior poco desarrollado. El cuerpo de encuentra cubierto por dentículos en forma de espinas grandes (1cm), aislados y escasos. Presenta coloración negruzca a marrón grisáceo en todo el cuerpo, así mismo, puede tener manchas rojas o marrones en el dorso y laterales, el borde de las aletas es negruzco y las púas son blancas (Compagno, 1984).

Etmopterus bullisi	Tiburón linterna de Bullis	Tiburón pequeño de cuerpo esbelto, cabeza más ancha que alta a nivel de los ojos y de forma aplanada, hocico largo, aplanado y en forma de cuña roma en vista superior, sin membranas nictitantes y espiráculos grandes detrás del ojo. Boca corta en ángulo agudo. Posee cinco aberturas branquiales, todas ubicadas antes de la base de la aleta pectoral. Dos aletas dorsales, la segunda con el doble de área de la primera, ambas con espinas estriadas largas y gruesas; la primera aleta dorsal tiene origen sobre el margen interno o la punta libre posterior de la pectoral, más cerca a la axila pectoral que el origen de las aletas pélvicas. Aletas pectorales ampliamente redondeadas sin aleta anal, sin crestas entre las aletas pectorales y pélvicas. Aleta caudal relativamente corta y fuertemente asimétrica con una muesca en la punta. Dentículos robustos en filas longitudinales visibles en la cabeza y el cuerpo. Posee coloración gris oscuro principalmente, en la región ventral posee coloración negra y una franja clara desde el centro de los ojos hasta la primera aleta dorsal, así como una mancha amarilla muy clara entre los ojos. Posee órganos luminiscentes (Compagno, 1984).
Etmopterus carteri	Tiburón linterna de Carter	Tiburón pequeño, de cuerpo delgado afilándose desde la cabeza hasta una base de cola delgada, la cabeza y hocico poseen forma cilíndrica. El hocico es significativamente corto y redondeado; no posee párpados nictitantes, posee espiráculo grande detrás de los ojos. La boca es corta y ubicada en ángulo agudo. Posee cinco hendiduras branquiales ubicadas antes de la base de la aleta pectoral. Dos aletas dorsales, la segunda con el doble de área de la primera y ambas con espinas acanaladas largas y delgadas, la primera con la mitad de la altura de la

		primera dorsal y la segunda tan alta como la aleta dorsal. La primera dorsal presenta origen sobre el margen de la aleta pectoral interno, más cerca de la axila de la aleta pectoral que el origen de las aletas pélvicas. La aleta pectoral es lobulada y el borde posterior alcanza la primera espina dorsal. No posee aleta anal. Aleta caudal fuertemente asimétrica con una muesca en la parte superior, estrecha y no elevada. Aletas pequeñas con flecos posteriores, dentículos de una sola cúspide en forma de aguja, cúspides más cortas ubicadas en la región anterior del cuerpo, densas y ubicadas aleatoriamente. Posee coloración negra uniforme a lo largo del cuerpo y una línea de color negro brillante debajo de las últimas vértebras (Compagno, 1984).
Etmopterus gracilispinis	Tiburón linterna de espinas	Tiburón pequeño de cuerpo robusto, cabeza aplanada y más ancha que profunda a la altura de los ojos, hocico corto, aplanado y bulboso, con la parte inferior cubierta de dentículos; no posee párpados nictitantes. Espiráculo grande ubicado detrás del ojo. Boca corta en ángulo agudo. Presenta cinco hendiduras branquiales cortas ubicadas antes de la base de la aleta pectoral. Presenta dos aletas dorsales, la segunda aproximadamente del doble del área de la primera, ambas con espinas largas y gruesas de forma acanalada; la primera dorsal se ubica detrás de las aletas pectorales, espacio entre las aletas dorsales menor que la distancia desde el hocico hasta el origen de la aleta pectoral. La aleta pectoral es estrecha y angulosa, con márgenes delantero y trasero con fleco en forma de pelo; sin aleta anal y sin crestas entre las aletas pectorales y pélvicas, no presenta fosas precaudales. La aleta caudal es corta,

		delgada y fuertemente asimétrica con una muesca en la parte superior. Posee dentículos a ambos lados del cuerpo, con puntas curvas y espaciados irregularmente. Posee órganos luminiscentes desde el vientre a lo largo de la base de la cola. Posee coloración marrón en la parte superior, una banda rojiza a lo largo de la región dorsal y negro en la región ventral, además de una mancha blanca triangular conspicua en la parte superior de la cabeza entre los ojos. También presenta marcas negras discretas en forma de alas en los blancos de las aletas pélvicas (Ebert & Stehman, 2013).
Etmopterus hillianus	Tiburón linterna caribeño	Tiburón pequeño de cuerpo robusto, cabeza y hocico de forma aplanada, sin membrana nictitante y con espiráculos grandes posteriores a los ojos; presenta una boca corta en ángulo agudo, cinco aberturas branquiales cortas organizadas antes de la base de la aleta pectoral. Posee dos aletas dorsales, la segunda más grande pero menos del doble de la primera, ambas con espina estriada, larga y gruesa, siendo la segunda espina más grande. La primera aleta dorsal tiene origen justo detrás de la punta libre posterior de la aleta pectoral; aletas pectorales de forma triangular. No presenta aleta anal ni crestas entre las aletas pectorales y pélvicas. Aleta caudal fuertemente asimétrica y relativamente corta, con una muesca en la punta. Aletas sin franjas posteriores; dentículos con puntas afiladas y curvas que cubren el hocico en los laterales. Presenta coloración gris marrón a oscuro en la región dorsal y negro en la región ventral, así como una mancha de color amarillo pálido entre los ojos y una mancha negra por encima y detrás de las aletas pélvicas sin dividirse; desde el centro del dorso de la nuca hasta la base de la aleta caudal se

		evidencia una raya blanca con una línea negra central o una fila de puntos negros (Ebert & Stehman, 2013).
Etmopterus perryi	Tiburón linterna pigmeo	Tiburón significativamente pequeño, de cuerpo robusto y cabeza y hocico aplanados, adicionalmente, el hocico es largo y ancho, siendo la altura al frente del ojo 2/3 de la anchura total; no posee membrana nictitante y presenta espiráculos grandes detrás de los ojos. Boca corta en ángulo agudo, cinco aberturas branquiales muy cortas ubicadas antes de la base de la aleta pectoral, dos aletas dorsales, siendo la segunda más grande pero no más del doble de la primera, ambas con espina estriada larga y gruesa. La primera aleta dorsal tiene el origen justo detrás de la punta de la aleta pectoral; las pectorales presentan forma redondeada. No presenta aleta anal ni crestas entre las aletas pectorales y pélvicas. La aleta caudal relativamente corta y fuertemente asimétrica, con una muesca en la punta. Las aletas no poseen franjas posteriores; posee dentículos como agujas, dispuestos aleatoriamente cubriendo cuerpo y cabeza. Posee coloración gris a marrón oscuro en la región dorsal y negro en la región ventral, así como una mancha oscura en la punta de cada lóbulo de la aleta caudal. Posee una marca negra alargada por encima y detrás de las pélvicas, las dos manchas en el perfil inferior de base de la cola. Posee fotóforos en la región ventral y en las aletas (Ebert & Stehman, 2013).
Etmopterus robinsi	Tiburón linterna de Robins	Tiburón pequeño con cuerpo moderadamente robusto, cabeza y hocico aplanados, largos y anchos, no posee párpados nictitantes y posee espiráculos grandes posteriores a los ojos. Boca

		corta y en ángulo agudo. Cinco hendiduras branquiales cortas ubicadas antes de la base de la aleta pectoral. Posee dos aletas dorsales, la segunda más alta que la primera, pero sin alcanzar a ser el doble, ambas poseen espinas largas y gruesas acanaladas. La primera aleta dorsal presenta el origen justo detrás de la punta de la aleta pectoral; aleta pectoral con forma triangular. Sin aleta anal ni crestas entre las aletas pectoral y pélvica. Aleta caudal fuertemente asimétrica y relativamente corta, con una muesca en la parte superior. Dentículos en forma de aguja dispuestos aleatoriamente cubriendo cabeza y cuerpo, dentículos de los laterales con puntas delgadas y ganchudas. Presenta coloración gris a marrón oscuro en la región dorsal y notoriamente más oscuro en la región ventral; marca negra alargada por encima y por detrás de las pélvicas subdivididas (Chofield & Burgess, 1997).
Etmopterus schultzi	Tiburón linterna de Schultz	Tiburón pequeño, de cuerpo esbelto con hocico aplanado y corto, con la superficie inferior cubierta con dentículos; la cabeza es aplanada y más ancha que alta al nivel de los ojos; no posee membrana nictitante, posee espiráculos grandes detrás de los ojos. Boca corta en ángulo agudo. Posee cinco aberturas branquiales cortas ubicadas antes de la base de la aleta pectoral, dos aletas dorsales, la segunda siendo el doble del área de la primera y ambas presenta espina estriada, larga y gruesa. La primera aleta dorsal tiene origen detrás de las pectorales; el espacio entre las aletas dorsales es menor que la distancia desde el hocico al origen de la pectoral; las aletas presentan bordes prominentemente franjados. Las aletas pectorales son cortas y anchas, los bordes anterior y posterior

		presentan franjas como pelos que pueden constituir la mitad del largo de la aleta. No posee aleta anal ni crestas entre las aletas pectorales y pélvicas. La aleta caudal es fuertemente asimétrica, con una muesca abajo de la punta. Los dentículos del flanco tienen puntas curvas y si distribuyen ampliamente espaciados. Presenta coloración marrón claro en la región dorsal, bajo el hocico y el abdomen gris, y una alargada y estrecha marca oscura por encima y detrás de la pelvis y una mancha amarillo pálido entre los ojos (Compagno, 1984).
Etmopterus virens	Tiburón linterna verde	Tiburón pequeño de cuerpo moderadamente delgado, hocico aplanado, moderadamente corto y la parte inferior sin dentículos; cabeza aplanada con cabeza más ancha que profunda a nivel de los ojos, sin párpados nictitantes y con espiráculos grandes detrás de los ojos; boca corta en ángulo agudo. Cinco hendiduras branquiales muy cortas ubicadas detrás de la base de la aleta pectoral. Dos aletas dorsales, la segunda de menor tamaño que la primera, ambas con espinas largas y gruesas acanaladas; la primera dorsal con origen sobre el margen pectoral interno y el centro de la primera dorsal mucho más cerca de la axila de la aleta pectoral que del origen de las pélvicas; espacio entre las aletas dorsales menor que la distancia desde el hocico hasta el origen de la aleta pectoral; aleta pectoral de forma redondeada. No presenta aleta anal. Aletas sin bordes pilosos ni crestas entre las pectorales y pélvicas. Aleta caudal fuertemente asimétrica con una muesca en la parte superior. Cola larga y estrecha. Dentículos en los laterales del cuerpo con puntas cónicas cortas, robustas, ganchudas, irregulares y ampliamente espaciadas. Posee coloración marrón oscuro a gris o negro en la

		región dorsal; debajo del hocico y el abdomen se presenta coloración negra, y una marca oscura estrecha y alargada por encima y detrás de la pelvis, así como una mancha de color amarillo pálido entre los ojos (Schroeder & Springer, 1953).
Ginglymostoma cirratum	Tiburón nodriza	Tiburón de tamaño mediano, cuerpo alargado, cabeza redondeada y aplanada, hocico corto y aberturas nasales con grandes barbillas, ojos pequeños y ovalados detrás de la boca; boca pequeña, transversal, muy anterior. Posee cinco hendiduras branquiales pequeñas, las dos últimas muy cerca y sobre la aleta pectoral, las aletas tienen forma roma y redondeada. Dos aletas dorsales grandes, segunda dorsal aproximadamente la mitad del tamaño de la primera, aleta caudal larga y asimétrica con lóbulo inferior escasamente desarrollado. Posee coloración café amarillento a café grisáceo, los juveniles pueden presentar pequeñas manchas oscuras (Bailly, 2015).
Hexanchus nakamurai	Tiburón de nariz puntiaguda	Tiburón de tamaño mediano de cuerpo delgado y fusiforme, cabeza estrecha y ojos más grandes en comparación a H. griseus, hocico romo y puntiagudo. Espacio dorsal-caudal largo y delgado, posee seis aberturas branquiales. Aleta dorsal relativamente pequeña, con origen que varía desde más de la mitad de la base posterior de la aleta pélvica hasta justo detrás de la inserción de la aleta pélvica; aletas pectorales con margen posterior cóncavo; aleta anal más pequeña que la aleta dorsal, aleta caudal asimétrica con lóbulo caudal inferior distinto. Posee coloración gris parduzco dorsalmente y más pálido ventralmente, así mismo, se caracteriza por los ojos verdes fluorescentes en

		vida y aletas con bordes posteriores blancos (Bass *et al*., 1986).
Heptranchias perlo	Tiburón siete branquias	Tiburón de tamaño mediano a pequeño, con cuerpo alargado y fusiforme. Posee una cabeza estrecha y puntiaguda con ojos significativamente grandes; boca estrecha y puntiaguda. Siete pares de aberturas branquiales y una aleta dorsal pequeña al final del cuerpo hacia la base de la cola, aleta anal pequeña. Base de la cola larga y aleta caudal muy asimétrica con lóbulo inferior pequeño. Posee coloración gris parduzco dorsalmente y más pálido ventralmente, ocasionalmente con manchas oscuras indistintas en el cuerpo; los juveniles pueden presentar aletas dorsal y caudal con puntas oscuras. Los ejemplares vivos poseen ojos color verde fluorescente (Compagno & Niem, 1998).
Isurus paucus	Tiburón mako de aleta larga	Tiburón de tamaño mediano a grande con cuerpo delgado y fusiforme, hocico relativamente corto, ancho y no muy puntiagudo; ojos relativamente grandes. Posee cinco largas aberturas branquiales ubicadas delante de la aleta pectoral. La primera aleta dorsal se origina detrás de la aleta pectoral; segunda aleta dorsal y aleta anal muy pequeños; aletas pectorales casi tan largas como la cabeza, con puntas relativamente anchas en jóvenes y adultos; aleta caudal semilunar con un lóbulo inferior muy largo. Presenta coloración azul oscuro dorsalmente y blanco ventralmente, con marcas oscuras en la región inferior del hocico, alrededor de la boca (Compagno, 1998).
Mitsukirina owstoni	Tiburón duende	Tiburón moderadamente grande de cuerpo delgado y comprimido, muy suave y flácido; posee una cabeza casi tan larga como el tronco del cuerpo, hocico muy alargado y aplanado en forma de

		cuchilla, ojos pequeños, boca grande y bastante arqueada, con mandíbulas altamente protrusible; hendiduras branquiales cortas ubicadas antes de la base de la aleta pectoral, filamentos branquiales parcialmente expuestos; aletas dorsales pequeñas y redondeadas de tamaño similar, más pequeñas que las aletas pélvicas y anales; aletas pectorales pequeñas, bastante redondeadas y aletas pélvicas grandes. La base de su cola es comprimida, sin quillas antes de la aleta caudal. La aleta caudal es larga, con margen superior alargado pero menor a un medio de la longitud del cuerpo, sin lóbulo inferior. Posee dentículos dérmicos pequeños, con cúspides erectas, estrechas y con punta de forma de pico; cúspides de dentículos laterales ubicados perpendicularmente a la superficie de la piel. Presenta coloración uniforme blanco rosáceo con aletas azuladas (Heemstra, 1995).
Apristurus canutus	Tiburón gato gris	Tiburón de tamaño moderadamente pequeño, con cuerpo blando y comprimido, cabeza ancha y aplanada, puntiaguda en vista lateral y en forma de cuña, hocico más largo que la anchura de la boca, piel delgada, cráneo sin crestas sobre los ojos, boca larga y arqueada y surcos labiales muy largos; ojos grandes y con una cresta debajo de ellos. 5 hendiduras branquiales. Aletas grandes con bordes deshilachados, no redondeadas; dos aletas dorsales pequeñas, sin espinas y de tamaño similar; primera dorsal con origen detrás de la base de las aletas pélvicas y segunda dorsal con origen sobre el centro de la aleta anal; aleta anal con base muy larga, separada de la aleta caudal por una pequeña muesca; aleta caudal alargada, lóbulo superior con una muesca subterminal y lóbulo inferior débilmente desarrollado. Posee dentículos en los

		laterales con 3 puntas, siendo la central la más larga y una débil cresta central. Presenta coloración gris oscuro uniforme y un borde de aletas de color negruzco (Compagno, 1984).
Apristurus parvipinnis	Tiburón gato de aletas pequeñas	Tiburón de tamaño moderadamente pequeño, con cuerpo blando y comprimido, piel delgada, cabeza ancha y aplanada, puntiaguda desde una vista lateral, hocico redondeado más largo que la anchura de la boca, boca larga y arqueada, surcos labiales largos; los surcos labiales superiores se extienden hacia adelante, surcos inferiores más cortos que los superiores. Narinas grandes con solapa superior puntiaguda, alcanza el borde posterior de la narina; ojos grandes y ubicados alto a los lados de la cabeza, con una cresta debajo. 5 hendiduras branquiales, aletas relativamente grandes con bordes deshilachados y no redondeadas; 2 aletas dorsales pequeñas y sin espinas, primera dorsal muy pequeña con origen detrás de la base de las aletas pélvicas, origen de la segunda dorsal sobre el centro de la aleta anal; aleta anal con base muy larga, separada de la aleta caudal por una muesca; aleta caudal larga, lóbulo superior con una muesca subterminal y lóbulo inferior muy poco desarrollado, con cresta de dentículos a lo largo del margen superior. Presenta coloración gris marrón a negro a lo largo de todo el cuerpo (Compagno, 1984).
Apristurus riveri	Tiburón gato de River	Tiburón de tamaño moderadamente mediado, con cuerpo suave, esbelto y flácido; de piel fina, con cabeza ancha, aplanada y puntiaguda, en forma de cuña en vista lateral y hocico más largo que el ancho de la boca y estrecho, con forma de campana, la boca es bastante larga, llegando más

		allá de los ojos; posee poros en la parte inferior central del hocico y solo 4 filas de poros a nivel del extremo posterior de las fosas nasales; el cráneo no presenta crestas por encima de los ojos; surcos labiales muy largos, los superiores alcanzan el nivel de las mandíbulas y los inferiores son igual de largos, fosas nasales pequeñas y ojos relativamente pequeños y altos a los lados de la cabeza, con una cresta debajo de ellos, posee cinco hendiduras branquiales a los lados de la cabeza, son agrandadas, casi más grandes que los ojos. Posee 2 aletas dorsales, sin espinas, en la parte posterior del cuerpo, una aleta anal moderadamente larga, bastante alta y angulosa, separada de la aleta caudal por una pequeña muesca, aleta caudal alargada y relativamente baja y estrecha, el lóbulo superior presenta una muesca subterminal y el lóbulo inferior se encuentra débilmente desarrollado; sin cresta de dentículos a lo largo del margen superior. Presenta coloración marrón oscuro uniforme. En esta especie se presenta dimorfismo sexual en machos, los cuales posee bocas mucho más largas y anchas (McEachran & Fechhelm, 1998).
Galeus arae	Tiburón gato atlántico	Tiburón pequeño de cuerpo relativamente delgado y piel firme y gruesa; cabeza ligeramente deprimida y hocico menor que el ancho de la boca, grueso, puntiagudo y relativamente corto. Sin crestas craneales sobre los ojos y crestas bajo los ojos angostas o ausentes; solapas nasales anchas, triangulares, bajas y sin barbilla, sin surcos de las narinas a la boca; boca corta, ampliamente arqueada, surcos labiales en ambos maxilares, moderadamente largos pero que terminan mucho antes del frente de la boca; ojos a los lados de la cabeza. Dos aletas dorsales de igual tamaño, origen

		de la segunda dorsal sobre o ligeramente detrás del centro de la base de la aleta anal; aletas pectorales relativamente grandes, aleta anal grande y alargada, con origen detrás de la punta de la primera dorsal, de la cual la punta trasera libre termina muy delante del origen inferior de la aleta caudal; aleta caudal alargada, borde superior de la aleta caudal con una cresta de varias filas de dentículos agrandados, dorso de la cresta aplanado y dentículos laterales de la cresta asimétricos; sin cresta a lo largo del borde inferior de la base caudal. Presenta coloración dorsal con 3 a 6 sillines oscuros con borde pálidos, detrás de la primera dorsal extendiéndose hasta la mitad frontal de las aletas dorsales, la región superior de los ojos con una fila de manchas oscuras ovaladas con borden pálidos, puntas blancas en la aletas dorsales y caudal, y el lóbulo superior de la aleta caudal con 2 amplias barras oscuras (Bigelow & Schroeder, 1948).
Galeus cadenati	Tiburón gato de Cadena	Tiburón pequeño, de cuerpo relativamente delgado, con piel firme y gruesa, su cabeza es ligeramente deprimida, con un hocico menor que el ancho de la boca, grueso, puntiagudo y relativamente corto, delante de la boca; sin crestas craneales sobre los ojos, pero crestas estrechas o ausentes bajo los ojos; solapas nasales anchas, triangulares, bajas y sin barbillas, no posee surcos de las narinas a la boca; boca corta y ampliamente arqueada, surcos labiales en ambos maxilares, moderadamente largos pero que terminan mucho antes del frente de la boca; ojos a los lados de la cabeza. Dos aletas dorsales de igual tamaño, origen de la segunda dorsal sobre o ligeramente detrás del centro de la base de la aleta anal; aletas pectorales relativamente grandes, aleta anal grande y alargada,

		con origen detrás de la punta de la primera dorsal, de la cual la punta trasera libre termina muy delante del origen inferior de la aleta caudal; aleta caudal alargada, borde superior de la aleta caudal con una cresta de varias filas de dentículos agrandados, dorso de la cresta aplanado y dentículos laterales de la cresta asimétricos; sin cresta a lo largo del borde inferior de la base caudal. Presenta coloración en la región superior de la cabeza y el cuerpo desde atrás del ojo hasta debajo de la segunda aleta dorsal con una fila de manchas oscuras redondas, de tamaños medianos a grandes con bordes pálidos, dos se extienden sobre las aletas dorsales; otra fila de abajo, entre ojos y la parte delantera de la aleta anal. Aleta caudal con marcas oscuras irregulares (Howe & Springer, 1993).
Schroederichtys maculatus	Tiburón gato manchado	Tiburón pequeño, de cuerpo delgado y afilado, con un tronco posterior a las aletas pélvicas muy alargado. Cabeza ligeramente deprimida, de perfil redondeado; una cresta sobre los ojos, los cuales tienen forma ovalada horizontal; hocico corto y redondeado, con la solapa nasal anterior triangular, ancha y sin barbillas. Los surcos labiales son de tamaño moderado en ambas mandíbulas. 5 hendiduras branquiales, las dos últimas ubicadas sobre la aleta pectoral. Dos grandes aletas dorsales de tamaño similar, la primera con origen sobre la última mitad de la base pélvica justo detrás de ella, la segunda con origen sobre el último tercio de la base de la aleta anal; aletas pélvicas y anales pequeñas. Aleta caudal asimétrica, corta y sin quilla en la base ni crestas de dentículos a lo largo de lo márgenes. Presenta coloración marrón en la parte dorsal de la cabeza y el cuerpo, con muchas blancas redondas u ovoides; los juveniles con 6 a 9

		monturas indistintas de color marrón pálido, 3 entre las aletas dorsales, que desaparecen en adultos. Aletas de color marrón pálido y sin manchas (Soares & Zanini, 2001).
Scyliorhinus boa	Tiburón boa	Tiburón relativamente mediado, con cuerpo moderadamente delgado y que se estrecha gradualmente hacia la aleta caudal, posee una cabeza ligeramente deprimida, redondeada desde vista lateral, con cresta craneal sobre los ojos, los cuales son ovalados horizontales, morro corto y una solapa frontal de la narina sin barbillas; posee surcos labiales solo en la mandíbula inferior. Cinco hendiduras branquiales, las dos últimas sobre las pectorales. Posee dos aletas dorsales grandes, la segunda mucho más pequeña que la primera, la primera dorsal se origina detrás de la base de las aletas pélvicas y la segunda dorsal se origina sobre la mitad posterior de la base de la aleta anal; las aletas pélvicas y anales son pequeñas, la aleta caudal es asimétrica y moderadamente larga, sin quilla, crestas, ni dentículos. Presenta pequeños dentículos en la piel, la cual no es áspera. Posee coloración marrón pálido, con marcas grises indistintas en el dorso y flancos, la cabeza y cuerpo poseen numerosos puntos negros, a menudo en las líneas que bordean las marcas grises; ocasionalmente pueden presentar puntos blancos en la mitad superior del cuerpo (Compagno, 1984).
Scyliorhinus haeckelii	Tiburón gato de Haeckel	Tiburón pequeño con cabeza y cuerpo pronunciados, delgados y estrechos, cabeza corta y deprimida, el ancho mayor de la cabeza aproximadamente 2/3 de la longitud de la cabeza, hocico redondeado y corto, sin surcos nasales y surcos labiales solo en la mandíbula inferior;

		solapas nasales anteriores no expandidas y cayendo justo antes de la boca. Dos aletas dorsales, primera dorsal con forma triangular o con punta cuadrada, con origen detrás de las inserciones pélvicas, segunda aleta dorsal con origen anterior a la inserción de la aleta anal. Dentículos pequeños y planos en la superficie de la piel, que es relativamente lisa. Presenta coloración con un patrón de color de monturas no delineadas por marchas claras u oscuras, monturas más oscuras que el color de fondo y carentes de proyecciones medias nítidas (Soares *et al*., 2016).
Scyliorhinus hesperius	Tiburón gato manchado	Tiburón de tamaño moderadamente mediano, cabeza y cuerpos profundos, bastante delgados y que se afilan hacia la aleta caudal, la cabeza es ligeramente deprimida y redondeada desde vista lateral, con cresta sobre los ojos, los cuales son ovalados horizontales; el hocico es corto con la sopa de la fosa nasal frontal, sin barbilla; surcos labiales solo en mandíbulas inferiores. Cinco hendiduras branquiales, las dos últimas sobre la pectoral; dos grandes aletas dorsales, la segunda mucho más pequeña que la primera, origen de la primera aleta dorsal sobre el extremo de la base pélvica, origen de la segunda dorsal sobre la mitad posterior de la aleta anal; aletas pélvicas y anales pequeñas, cola asimétrica y moderadamente larga, sin quilla ni cresta de dentículos a lo largo de los márgenes; dentículos de la piel con 3 crestas y puntos posteriores. Posee 7 a 8 manchas en forma de montura distintas y una barra oscura debajo del ojo y, a menudo, el cuerpo densamente cubierto de manchas claras (Soares & Carvalho, 2019).

Scyliorhinus retifer	Tiburón reticulado	Tiburón de tamaño relativamente mediano, con cabeza y cuerpo delgados, cresta horizontal sobre los ojos ovalados y solapas nasales anteriores no expandidas, las cuales no llegan a la boca; surcos labiales solo en la mandíbula inferior. Dos aletas dorsales, la primera dorsal con origen justo detrás de la base de las aletas pélvicas y segunda aleta dorsal mucho más pequeña que la primera, con origen justo antes de la inserción de la aleta anal. Dentículos dérmicos pequeños y planos, con una superficie de la piel relativamente lisa. Presenta coloración con un patrón de color de líneas encadenadas de un negro fuerte, que delimitan sillines oscuros ocasionalmente extendidos sobre la superficie lateral y el dorso en forma de malla reticular. No posee puntos claros u oscuros (Soares & Carvalho, 2019).
Scyliorhinus torrei	Tiburón gato de Cuba	Tiburón pequeño, de cabeza alta y cuerpo angosto y esbelto, que se estrecha hacia la aleta caudal, cabeza ligeramente deprimida y de vista redondeada lateralmente, una cresta sobre los ojos, los cuales son ovalados horizontales; morro corto, solapa frontal de la narina sin barbillas, surcos labiales solo en la mandíbula inferior. Posee 5 hendiduras branquiales, las dos últimas sobre las aletas pectorales. Dos aletas dorsales grandes, la segunda mucho más pequeña que la primera, la primera dorsal con origen junto detrás de la inserción de las aletas pélvicas, origen de la segunda dorsal justo detrás de la inserción de la aleta anal. Las aletas pélvicas y anales son pequeñas y la aleta caudal es asimétrica, moderadamente larga y sin quilla en la base ni cresta de dentículos en los márgenes; los dentículos de la piel lisa son pequeños y planos. Presenta

		coloración en cabeza y cuerpo con un patrón de 7 a 8 sillines, de los cuales, los últimos dos se encuentran en la aleta caudal, la parte superior de la cabeza y el cuerpo con gran cantidad de manchas blancas tan o más grandes que la pupila y esparcidas al azar, pero uniformemente espaciadas (Soares & Carvalho, 2019).
Sphyrna tudes	Tiburón martillo pequeño	Tiburón de tamaño mediano, cabeza ancha y en forma de mazo, con frente fuertemente arqueada y una depresión profunda en el centro, así como depresiones redondeadas más pequeñas en frente de cada ojo, ojos pequeños; posee una expansión lateral prominente de la cabeza, de lado a lado y del frente hasta atrás. Margen posterior del ojo bastante más adelante que la boca; nostrilos con un surco prenasal a través del frente de la cabeza; boca grande y generalmente arqueada. Cinco hendiduras branquiales, la quinta sobre la pectoral. Dos aletas dorsales, la primera dorsal alta y erecta, originada sobre el margen interno de la aleta pectoral con la punta posterior libre delgada y finalizando sobre o por detrás del origen de la aleta pélvica, segunda aleta dorsal de la altura de la primera y con puntas posteriores que finalizan bastante antes de la fosa del pedúnculo caudal. Base de la aleta anal cerca de dos veces la base de la segunda dorsal, con margen posterior ligeramente cóncavo. Aletas pectorales cortas y anchas. Aletas pélvicas con margen posterior recto. Presenta coloración amarillo claro a naranja, con tintes metálicos (Compagno, 1984).
Squalus cubensis	Tiburón espinoso cubano	Tiburón mediano de cuerpo alargado y delgado, con cabeza y morro delgados y puntiagudos, ojos sin membrana nictitante, espiráculos grandes en forma de medialuna. Solapa nasal anterior delgada;

		distancia desde la punta del morro hasta la esquina interna del nostrilo es menor que la distancia desde la esquina interior de la narina hasta el surco del labio superior. Cinco aberturas branquiales, todas antes de las pectorales. Una larga y delgada espina frente a cada aleta dorsal; la primera dorsal se origina sobre el medio del margen interno de la aleta pectoral y la segunda dorsal mucho más pequeña que la primera. Aletas pectorales con borde posterior marcadamente cóncavo, con punta posterior angular y puntiaguda. Fosa precaudal superior bien desarrollada e inferior ausente. Aleta caudal sin muesca debajo de su punta y con un largo lóbulo inferior, con dentículos dérmicos del flanco pequeños, alargado y con una sola punta en adultos. Presenta coloración oscuro gris en la región dorsal y blancuzco en la región ventral, sin marcas a los costados y ápices de las aletas dorsales generalmente negros; margen posterior de las aletas pectorales y anal son blancos muy conspicuos (Smith, 1997)
Squatina david	Tiburón ángel de David	Tiburón mediano, de cuerpo moderadamente grande y aplanado, con forma de raya; cabeza y cuerpo comprimido dorso ventralmente. La cabeza es un óvalo transverso en vista dorsal, con cuello definido. Pliegues bajos en los lados de la cabeza y ojos en la parte superior de la cabeza, presenta un par de espiráculos grandes detrás de los ojos con espacio entre espiráculos y ojos. Narinas en la parte superior del morro, las barbillas nasales con forma de barra, sin flecos y la barbilla exterior dividida, las solapas de las narinas con forma triangulas y bordes lisos. Posee una boca terminal. Cinco hendiduras branquiales largas debajo de la cabeza. Dos aletas dorsales pequeñas, de igual tamaño y

		ovaladas cerca de la base de la aleta caudal; aletas pectorales muy ampliadas, triangulares, con bordes frontales rectos y sin hombros posteriores, estrechamente redondeadas a angulares, bordes interiores ampliamente convexos y redondeados, separados de la cabeza y aletas pélvicas con muescas bien desarrolladas; aletas pélvicas más pequeñas y triangulares; sin aleta anal; aleta caudal muy corta, casi simétrica, con lóbulo inferior ligeramente más largo. Dentículos dérmicos en la parte superior de la espalda, sueltos, espaciados y ásperos. Sin fila de púas desde la nuca a la primera aleta dorsal; la cabeza presenta púas puntiagudas pequeñas sobre la boca y las crestas de los ojos, con un parche liso y ovalado de tubérculos sobre el centro de la boca, entre los ojos. Posee una coloración gris a marrón amarillento sobre la superficie dorsal; los machos presentan pequeñas manchas oscuras dispersas de tamaño igual o menor al ojo y las hembras adultas presentan puntos blancos de menor tamaño al ojo abundantes dispersos; la región ventral es blanca (Acero *et al*., 2016).
Mustelus canis	Tiburón musola	Tiburón mediano de cuerpo alargado y delgado, caracterizado principalmente por una cresta dérmica punteada en el medio del dorso. Su superficie ventral es plana, cabeza aplanada en región superior y un hocico relativamente corto; tiene ojos ovalados y moderadamente grandes, ambos poseen membrana nictitante longitudinal y espiráculos pequeños pero prominentes. Presenta amplio espacio entre los nostrilos, una boca relativamente ancha y surcos labiales más largos en la mandíbula superior que en la inferior. Cinco hendiduras branquiales, las dos últimas sobre las

		pectorales; dos aletas dorsales, ambas con punta redondeada y muy cóncavas en su margen y esquinas posteriores agudas; la primera dorsal más alta que la segunda y se origina detrás de la base de las aletas pectorales; origen de la aleta anal por debajo del punto medio de la segunda dorsal; aletas pectorales anchas, aleta caudal baja y de punta roma, lóbulo superior con una muesca subterminal bien marcada con lóbulo ventral pequeño y redondeado. Presenta dentículos dérmicos sobre el flanco, alargados y con una sola punta. Presenta coloración negro oliva o gris pizarra, que varía dependiendo el sustrato en el que se encuentre, así mismo, en la región ventral presenta color amarillento o gris blanquecino (Hemstra, 1997).
Mustelus higmani	Tiburón musola de Higman	Tiburón moderadamente pequeño, de cuerpo alargado y delgado, caracterizado por una cresta dérmica baja y puntiaguda en el dorso a lo largo de la línea media, así mismo, es moderadamente plano en el vientre. Tiene una cabeza aplanada en la región dorsal, hocico puntiagudo, moderadamente largo, ojos ovalados y muy pequeños, ampliamente separados, con membrana nictitante longitudinal, espiráculos pequeños, narinas muy separadas y boca relativamente ancha; los surcos labiales son aproximadamente iguales en longitud en ambas mandíbulas. Cinco hendiduras branquiales, las últimas dos sobre la aleta pectoral; primera aleta dorsal un poco más alta que la segunda, ambas aletas ligeramente más puntiagudas en la punta con margen posterior fuertemente cóncavo y punta trasera afilada en ambas aletas. Aleta anal debajo de la mitad de la segunda dorsal. Aletas pectorales cortas, anchas, con margen posterior ligeramente cóncavo. La base de la cola es comprimida

		lateralmente, sin quillas o fosetas; aleta caudal muy baja, con punta truncada y muesca subterminal grande, presenta un lóbulo ventral pequeño y puntiagudo. Dentículos dermales en el flanco generalmente con tres puntas. Presentan coloración negra y flancos superiores gris con reflejos dorados a metálicos y coloración blanca en la región ventral (Cervigon *et al*., 1992).
Mustelus minicanis	Tiburón musola enano	Tiburón moderadamente pequeño, de cuerpo robusto y moderadamente plano en la región ventral, se caracteriza por una cresta dérmica punteada a lo largo de la línea media. Cabeza corta y aplanada en la región dorsal y un morro con punta delgada y no largo, ojos grandes ovalados muy juntos, boca ancha, surcos labiales superiores e inferiores casi iguales. Cinco hendiduras branquiales, las últimas dos ubicadas sobre la aleta pectoral. Dos aletas dorsales, la primera más alta que la segunda, enteramente delante de las pélvicas, ambas con una punta ligeramente redondeada con margen posterior muy cóncavo y punta posterior aguda. Aleta anal debajo del punto medio de la segunda dorsal; aletas pectorales moderadamente anchas con margen posterior ligeramente cóncavo. Pedúnculo caudal comprimido, sin quillas ni depresiones. Aleta caudal ligeramente más elevada que el cuerpo, con punta truncada y lóbulo superior con muesca subterminal, sin embargo, con lóbulo ventral poco desarrollado. Dentículos dérmicos sobre el flanco alargados con una sola punta. Presenta coloración gris dorsalmente y blancuzca en la región ventral (Heemstra, 1997).

Mustelus norrisi	Tiburón musola de Norris	Tiburón moderadamente mediano, con cuerpo alargado y delgado, con una cresta dérmica punteada a lo largo del dorso y aplanado ventralmente. Cabeza delgada y aplanada en la región dorsal, morro con punta delgada y moderadamente largo, ojos pequeños y ovalados con membrana nictitante longitudinal inferior y espiráculos pequeños, narinas no muy separadas y boca angosta, surcos labiales superiores e inferiores casi del mismo largo. Cinco hendiduras branquiales, con la cuarta y quinta ubicadas sobre la pectoral; dos aletas dorsales con puntas redondeadas y margen posterior cóncavo y punta posterior aguda, primera dorsal más alta que la segunda, su base enteramente delante de las aletas pélvicas. Aleta anal con origen bajo el punto medio de la segunda dorsal, aletas pectorales angostas, con borde posterior cóncavo. Base de la aleta caudal un poco comprimida, sin quilla o muescas. Aleta caudal no elevada, con punta de borde recto y una muesca subterminal presente por debajo, lóbulo inferior moderadamente grande y puntiagudo. Dentículos dérmicos sobre el flanco con dos crestas que se unen en la punta. Presenta coloración gris a marrón grisáceo en el dorso, pálido abajo, ocasionalmente con un color claro en la punta de la primera aleta dorsal, y en la punta de la segunda dorsal se evidencia coloración negruzca (Compagno, 1984).

Información sobre las especies presentes extraída de: *Patrones de distribución de la riqueza de elasmobranquios marinos en Colombia*. Arango et al. 2022.

Tabla 6.

Especies de tiburones compartidas entre el Pacífico y Caribe Colombianos.

Nombre científico	Nombre común	Diagnosis
Carcharinus altimus	Tiburón jaquetón	Especie de tamaño medio a grande con cuerpo fusiforme, presenta aletas pectorales moderadamente alargadas, coloración generalmente gris en el dorso y claro en el vientre, con un hocico relativamente corto; presenta distribución cosmopolita, en aguas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico, se encuentra principalmente en zonas pelágicas y en alta mar. Se alimenta principalmente de peces pelágicos y ocasionalmente de invertebrados presentes en aguas abiertas.
Carcharinus falciformis	Tiburón sedoso	Especie de cuerpo delgado y alargado, con aletas pectorales dorsal bien desarrollada, presenta una apariencia "sedosa", lo cual da origen a su nombre y su coloración es uniforme en tonos grises; se distribuye en agua tropicales y subtropicales de todo el mundo y principalmente se encuentra en la parte pelágica. Su dieta consiste principalmente en peces pelágicos, calamares y otros cefalópodos, ocasionalmente puede carroñar (Compagno *et al*., 2005).
Carcharinus leucas	Tiburón toro	Especie de cuerpo robusto y macizo, con cabeza ancha y un hocico corto, sus aletas pectorales presentan forma triangular y posee una coloración gris oscuro en la parte superior y blanco en la parte inferior; se encuentra en ambientes costeros tropicales s subtropicales y se destaca por su capacidad de adentrarse en agua dulce, encontrándose en estuarios, ríos y áreas marinas. Es un depredador oportunista, de modo que se alimenta de peces, aves, reptiles, pequeños mamíferos, crustáceos, entre otros, evidenciando una notoria flexibilidad alimentaria (Compagno, 1984).
Carcharinus limbatus	Tiburón punta negra	Especie de cuerpo robusto con hocico alargado y puntiagudo, ojos pequeños, aletas pectorales moderadamente grandes con puntas traseras cortas y

		caracterizados por puntas negras en las aletas desde estadios juveniles hasta adultos, coloración principalmente gris a lo largo del cuerpo y región ventral más blanquecina; presenta distribución cosmopolita, su alimentación consiste principalmente de especies presentes en la región pelágica y ocasionalmente presentes en la región bentónica (Compagno, 1984).
Carcharinus longimanus	Tiburón océanico de puntas blancas	Especie de cuerpo robusto con cabeza deprimida y achatada, un hocico corto y ancho. Presenta aletas pectorales y primera dorsal muy grandes, cuyos extremos son redondeados y presentan coloración blancuzca; en juveniles y adultos hay cresta interdorsal presente. El color en dorso y flancos es típicamente marrón, sin embargo, en algunos casos puede ser de color grisáceo, el vientre siempre es más claro que el dorso, presentando incluso coloración amarillenta en algunos individuos. Presenta distribución cosmopolita a nivel epipelágico, principalmente en zonas con profundidades superiores a 180m y temperaturas a 21°C (Miller *et al*., 2022)
Galeocerdo cuvier	Tiburón tigre	Especie caracterizada por su gran tamaño, hocico significativamente corto y romo, cabeza cuadrada y de gran tamaño, surco labial que alcanza los ojos y presencial de pequeños espiráculos presentes como una hendidura detrás del ojo. La primera aleta dorsal se origina posteriormente a la inserción de la aleta pectoral, la segunda dorsal se origina frente a donde se origina la aleta anal. Posee una característica coloración de color gris con barras negras verticales en la mitad superior de los costados en adultos y manchas oscuras grandes en juveniles. Es una especie bento-pelágica encontrada principalmente en aguas temperadas y tropicales, además, puede ser encontrado en regiones con agua salobre; es un depredador generalista, sin embargo, su dieta se puede ver

		interferida por los cambios zonales y geográficos, lo cual indica que su dieta se ve altamente afectada por su hábito migratorio (Compagno, 1984; Brandão *et al*., 2023).
Negaprion brevirostris	Tiburón limón	Especie de tamaño moderadamente grande y cuerpo robusto, con cabeza amplia, plana y hocico romo; posee dos aletas dorsales, siendo la posterior más corta que la anterior y la primera con el origen justo detrás de la aleta pectoral, las aletas dorsal, anal, pélvica y pectoral poseen bordes posteriores cóncavos con un surco longitudinal y recto en la base superior de la cola, posee una aleta caudal muy asimétrica con un lóbulo inferior bien desarrollado. Posee coloración que varía de oliva oscuro a marrón amarillento dorsalmente, con una parte inferior de color amarillo más claro. Se distribuye en aguas tropicales del Atlántico y Pacífico oriental, es común en aguas costeras, sin embargo, también puede entrar en agua dulce. Su dieta consiste principalmente en peces, sin embargo, también se alimenta de cefalópodos y crustáceos (Carpenter, 2010). Presenta dimorfismo sexual, siendo las hembras más grandes que los machos.
Prionace glauca	Tiburón azul	Especie de cuerpo delgado y esbelto, hocico alargado y ojos grandes sin muescas posteriores con una membrana nictitante sobre cada ojo, carece de espiráculos y presenta branquias papilosas en las aberturas branquiales internas. Las aletas pectorales poseen forma de hoz, son grandes y largas en comparación con las demás aletas, la aleta caudal es alargada y comprimida, con una muesca justo debajo del extremo del lóbulo superior. Presenta coloración azul oscuro brillante en la región dorsal, un color azul metálico en los laterales y coloración blanca en la región ventral. Es una especie cosmopolita epipelágica que se encuentra en aguas templadas y tropicales, ocasionalmente se

		encuentras cerca de la costa cuando la plataforma continental es estrecha (Compagno *et al.,* 2003).
Hexanchus griseus	Tiburón cañabota gris	Especie de tamaño mediano, cuerpo fusiforme alargado, más grueso anteriormente, cabeza ancha, aplastada y hocico corto y redondeado, ojos grandes. Presenta dentículos pequeños en la piel, de forma trapezoide, aplastados y desiguales. Posee una única aleta dorsal muy retrasada, pequeña, con origen hacia la mitad de la base de las ventrales, poco más pequeña que la anal muy próxima a la aleta caudal, esta última altamente amplia con lóbulo inferior poco aparente y lóbulo superior muy desarrollado. Línea lateral bien definida y seis aberturas branquiales, muy largas y próximas entre sí. Coloración dorsalmente gris oscuro con tinte rojizo, más blancuzco hacia la región ventral. Posee una amplia distribución a lo largo de los océanos Pacífico, Atlántico e Índico, normalmente habita aguas profundas durante el día y sube a la superficie durante la noche para alimentarse (Ebert *et al., 2021).*
Isurus oxyrinchus	Tiburón mako de aleta corta	Especie de tamaño moderadamente grande, cuerpo delgado, ojo negro mediano-pequeño y hocico largo y puntiagudo, aberturas nasales sobre los costados del hocico, primera aleta dorsal grande con origen sobre el borde de las aletas pectorales, segunda dorsal muy pequeña e, igual que la aleta anal, situadas cerca de la base de la aleta caudal; aleta anal con origen bajo el centro de la base de la segunda dorsal. Aletas dorsales relativamente largas y angostas, más cortas que el largo de la cabeza, aleta caudal casi simétrica en forma semilunar con lóbulo inferior fuertemente desarrollado, base de la cola aplanada y con una quilla lateral fuerte que se extiende sobre la aleta caudal. Posee coloración azul oscuro a púrpura en la región dorsal y blanca en la región ventral, la boca y debajo del hocico poseen coloración blanca. Se distribuye

		de manera circunglobal en mares tropicales y templados del Pacífico, Atlántico e Indico, son pelágicos y se encuentran típicamente desde la superficie del agua hasta profundidades de 150m, aunque se han encontrado hasta a una profundidad de 740m (Compagno, 1984; Natanson *et al*., 2006; Weigmann, 2016).
Rhyncodon typus	Tiburón ballena	Especie significativamente grande, con cuerpo robusto cilíndrico, hocico muy corto, amplio y achatado, ojos pequeños y redondos ubicados detrás de la boca. Boca amplia pero corta, abre casi toda al frente de la cabeza, un poco detrás de la punta del hocico. Dos aletas dorsales, la primera sobre las pélvicas, la segunda es mucho más pequeña y está sobre la aleta anal; cola asimétrica, pero con un lóbulo inferior grande, base caudal aplanada con una quilla larga en el costado que continúa hacia adelante como una cresta a lo largo del cuerpo. Posee dos o más crestas por encima y a lo largo del cuerpo. Coloración oscura con manchas y barras blancas prominentes. Especie cosmopolita, distribuida por todo el mundo en mares tropicales y subtropicales. Es uno de los únicos tiburones que se alimenta por filtración mediante sus peines branquiales (Compagno *et al*., 2005).
Sphyrna lewini	Tiburón martillo	Especie de cuerpo grande, moderadamente delgado, cabeza ancha y angosta con extensiones laterales angostas, margen anterior ampliamente convexo y hendido debido a una muesca medial prominentes, una hendidura lateral más conspicua cerca de cada extremo del martillo, una muesca pequeña a cada lado en el amrgen anterior entre la muesca medial y las muescas laterales. Primera aleta dorsal moderadamente grande y erecta, punta libre posterior no alcanza el origen de las pélvicas, segunda aleta dorsal baja pero larga, punta libre posterior casi llega al posterior recto; aleta caudal fuertemente asimétrica con un lóbulo inferior grande y un lóbulo superior con una

		muesca debajo de la punta. Coloración gris-café, en la región dorsal y laterales y blancuzca en la región ventral debajo de las pectorales con puntas negras. Especie cosmopolita que se encuentra principalmente en aguas tropicales, cálidas templadas y regiones costeras y oceánicas (Ebert *et al.,* 2015).
Sphyrna media	Tiburón martillo cruz	Especie de tamaño mediano, cuerpo moderadamente delgado y cabeza moderadamente ancha y corta con extensiones laterales en la cabeza en forma de mazo, margen anterior de la cabeza arqueada con muescas laterales mediales poco profundas; hocico largo con un surco corto delante de la narina, boca ampliamente arqueada. Primera aleta dorsal grande y erecta con un margen posterior cóncavo, la punta posterior de libre alcanza o sobrepasa el origen de las aletas pélvicas; base de la segunda dorsal cerca de la mitad de la longitud de la base de la aleta anal con origen cerca del centro de la aleta anal, la cual posee un margen fuertemente cóncavo. Aleta caudal fuertemente asimétrica con un lóbulo inferior grande y lóbulo superior con muesca debajo de la punta. Coloración gris café en el dorso y costados y más blancuzca en la región ventral. Se distribuye en el Atlántico Occidental desde Panamá hasta el sur de Brasil y en el Pacífico oriental desde el Golfo de California hasta Ecuador (Compagno, 1984; Ebert *et al*., 2015).
Sphyrna mokarran	Tiburón martillo gigante	Especie de gran tamaño, de cabeza ancha, el martillo con extensiones laterales forma una lámina con una muesca en el centro de la cabeza, margen anterior de la cabeza casi recto en adultos, y un poco más redondeado en juveniles, con muesca medial y laterales poco profundas. Primera aleta dorsal muy alta y curva, con un extremo puntiagudo y segunda aleta dorsal grande a altura de la 3ra hendidura branquial; margen posterior de la segunda dorsal y anal

		con incisión pronunciada y bases casi iguales, posee aletas pélvicas grandes con márgenes posteriores fuertemente cóncavos; aleta caudal fuertemente asimétrica con un lóbulo inferior grande, lóbulo superior con muesca bajo la punta. Posee coloración gris café en el dorso y costados y una coloración blancuzca en la región ventral, sin marcas prominentes en las aletas. Posee distribución circunglobal en mares costeros, cálidos, templados y tropicales, desde el Golfo de California hasta el norte de Perú, principalmente presente en la región pelágica costera y en la región semiocéanica (Compagno, 1984; Smith, 1997).
Sphyrna tiburo	Tiburón cabeza de pala	Especie moderadamente pequeña, de cabeza angosta, en forma de pala redonda, por lo que no presenta extensiones laterales prominentes características de los tiburones martillo, el margen anterior de la cabeza es muy arqueado y sin hendiduras. Primera aleta dorsal moderadamente grande y erecta, su margen posterior es cóncavo, se origina detrás de la punta posterior de la aleta pectoral y la punta libre no alcanza las pélvicas, base de la segunda aleta dorsal cerca de la mitad de la base de la aleta anal; aleta caudal fuertemente asimétrica, con un lóbulo inferior grande y un lóbulo superior con muesca abajo de la punta. Posee coloración gris o gris café en el dorso y costados y una coloración blancuzca en la región ventral, ocasionalmente presenta manchas oscuras en la región dorsal. Se distribuye en el Atlántico occidental desde Carolina del Norte hasta el sur de Brasil y en el Pacífico Oriental desde el sur de California hasta Ecuador (Compagno, 1984).

Información sobre las especies presentes extraída de: *Patrones de distribución de la riqueza de elasmobranquios marinos en Colombia*. Arango et al. 2022.

En Colombia, según el Plan Ambiental para la Protección y Conservación de Tiburones, Rayas Marinas y Quimeras, hay confirmadas un total de 138 especies de condrictios, de las cuales 76 son tiburones. Culturalmente, según resultados obtenidos de encuestas realizadas aleatoriamente, se tiene un concepto no tan favorable de los tiburones, en su mayoría causados por el "miedo" producido por la visión errónea de los mismos, por otro lado, principalmente en las comunidades costeras, los tiburones han funcionado como fuente de alimento, recursos e incluso se han considerado como deidades en algunas comunidades (Oceana, 2021; Sharkophile, 2023). Por otro lado, tienen una alta relevancia ecológica debido a su función como depredadores tope de los ecosistemas que habitan, ya que hacen parte de los últimos eslabones de la cadena alimenticia (Heithaus et al., 2008), desempeñando funciones de control de poblaciones de numerosas especies marinas (Myers et al., 2007), lo que mantiene en equilibrio los ecosistemas en los que se encuentra presente (Terborgh y Estes, 2010) y así mismo, produce efectos positivos en el ecosistema, como lo son la protección de ecosistemas coralinos y praderas de pastos marinos.

5.3. Importancia de los medios audiovisuales en la divulgación científica

La revisión bibliográfica evidencia que los medios audiovisuales e ilustrativos favorecen el aprendizaje, facilitan la retención de la información y estimulan el interés, especialmente en públicos jóvenes o no especializados. Por tanto, una cartilla ilustrada se consolida como un recurso efectivo para la divulgación científica sobre los tiburones. La idea de crear la guía ilustrativa es para llamar la atención de poblaciones por medio de lo visual, sencillo de comprender, Echegaray (2022), menciona que "Los medios audiovisuales ayudan a presentar conceptos de una manera objetiva, clara y accesible. Además de proporcionar diferentes medios de aprendizaje, estimulan el interés, la motivación del estudiante, renuevan la capacidad de

atención y ayuda a retener las ideas por más tiempo.", así mismo, Barros & Barros (2015) en su artículo, complementan mencionando que diversas investigaciones demuestran que los medios audiovisuales es una herramienta altamente eficaz para trasmitir el conocimiento al lograr captar la atención del espectador de una manera más efectiva. Así mismo se menciona que este tipo de recursos favorecen el aprendizaje a nivel autónomo y/o personalizado al lograr adaptarse al ritmo de la persona que lo está consumiendo sin lograr perder la motivación por hacerlo. Es por esto por lo que se decide realizar una guía ilustrativa para brindar el conocimiento necesario de una manera efectiva y llamativa para el consumidor.

5.4. Propuesta de la guía y prototipos de la cartilla ilustrativa

5.4.1. Diseño inicial del prototipo

La guía tiene como objetivo desde su primera fase el ser un material visualmente atractivo, claro y accesible para el público general, incentivando así el interés y la comprensión del lector frente al tema. Se piensa como una cartilla concisa, con una estructura básica que permita una lectura más ágil, sin embargo, debido a la gran cantidad de información que se recopila el uso de ilustraciones se considera indispensable para la estética y claridad visual.

El contenido se organiza en capítulos temáticos para favorecer una comprensión detallada de los temas que se quieren dar a conocer progresivamente, la estructura se divide de la siguiente manera:

- Capitulo 1: ¿Qué son y de dónde vienen los Elasmobranchii?
- Capitulo 2: Evolución a través de las eras geológicas

- Capitulo 3: Características actuales
- Capitulo 4: Ordenes de Elasmobranchii
- Capitulo 5: Tiburones en Colombia

Esta estructura permite desarrollar una narrativa científica que combina la información técnica y especifica con la información sencilla uy desglosada.

5.4.2. Uso de herramientas gráficas y digitales

El diseño de la guía se realiza dentro de la plataforma Canva, utilizando la versión pro para facilitar el acceso a mayores recursos gráficos. Al identificar la eficacia de los elementos gráficos detallados y descriptivos se toma esta caracteristica como uso fundamental dentro del diseño. En el caso donde no se disponga un elemento fotográfico de algún organismo se utiliza la inteligencia artificial como herramienta de creación ilustrativa a partir de información consultada previamente y descripciones morfológicas específicas para mayor precisión en el aspecto del organismo; por otro lado, para las especies con las que ya se cuenta con un registro fotográfico, también se empleó la inteligencia artificial incluyendo de la misma manera los registros previos para una mayor precisión, además de esto se incluyeron imágenes complementarias que aportan a la estética general de la cartilla, ayudando a reforzar información de manera visual. Se opta por tonalidades en su mayoría claras, conservando únicamente los elementos más relevantes para la comprensión del lector. Finalmente, dentro del texto, se utiliza la información previamente consultada y trabajada dentro del cuerpo del documento, presentada de forma concisa y focalizada conservando únicamente ciertos elementos.

5.4.3. Revisiones y ajustes

El prototipo se revisa por parte del director del trabajo de grado, quien muestra aprobación parcial a lo que se tiene diseñado previamente, señala que el desarrollo va por buen camino, aunque no se realiza una validación más amplia por parte de otros docentes. Esta revisión permite mantener el enfoque en mejorar el diseño, la distribución del contenido y la claridad del lenguaje sin llegar a alterar el objetivo original del proyecto.

5.4.4. Versión final

El resultado final es una guía de más de 140 páginas, incluyendo caratula, portada, capítulos temáticos y conclusiones. No se incorpora recursos adicionales como actividades interactivas o medios digitales complementarios ya que el enfoque se centra en la experiencia visual directamente de la cartilla. EL lenguaje utilizado es accesible sin perder el rigor científico y se distingue por un estilo narrativo fluido acompañado de ilustraciones que facilitan el entendimiento del lector frente a conceptos que pueden llegar a ser complejos. La guía se dirige a un público general incluyendo personas interesadas o no en la vida marina, estudiantes, docentes o cualquier lector que quiera ampliar sus conocimientos sobre los tiburones en un contexto tanto general como colombiano.

5.4.5. Valor como herramienta de divulgación

La guía se diferencia de otros materiales de divulgación científica tradicionales por su apuesta a la estética visual, el uso de ilustraciones generadas por inteligencia artificial y una narrativa que no depende únicamente del texto, al reducir la densidad textual y aumentar la densidad grafica se convierte en una herramienta de divulgación más atractiva y, por lo tanto, efectiva para la retención de público. Se busca que el lector aprenda de una manera más intuitiva, despertando un sentimiento de curiosidad y motivación mediante un método visual, algo poco común en las publicaciones con rigor netamente científico.

5.5. Proyección de la divulgación y aplicaciones futuras

Como resultado del proceso de diseño y organización del material, se consolida una cartilla ilustrativa con el propósito de servir como herramienta de divulgación científica accesible, comprensible y visualmente atractiva. Está dirigida a un público general con énfasis en comunidades interesadas en la diversidad de tiburones presentes en Colombia. La cartilla se proyecta como un recurso complementario, con textos de educación tanto formal como informal. Su contenido la permite ser utilizada en instituciones educativas, museos, centros de investigación, espacios comunitarios y plataformas digitales, contribuyendo a la educación ambiental marina. Además, Se contempla su distribución en formato gratuito de manera virtual para facilitar el acceso a personas y promover su uso en diversos entornos de aprendizaje, por otro lado, si se requiere la copia física para alguna institución se requiere un pago por la copia. Se reconoce su potencial como base para la creación de material didáctico adicional como recursos audiovisuales, talleres, juego, así como para futuras aplicaciones que fortalezcan la divulgación científica marina. Así mismo, el contenido recopilado en la cartilla puede ser de utilidad como punto de partida para proyectos de investigación que busquen visibilizar la importancia ecológica y patrimonial de los tiburones en Colombia, así como generar procesos de sensibilización que motiven la conservación de estos organismos a partir del conocimiento de su diversidad.

Conclusiones

En Colombia, se encuentran aproximadamente 63 especies de tiburones actualmente presentes, distribuidas en 36 géneros y 20 familias; sin embargo, si se toman en cuenta registros presentes en colecciones biológicas, es posible encontrar hasta 88 especies de tiburones en el

territorio nacional (Mejía-Falla et al., 2007). Así mismo, se debe tomar en consideración que la taxonomía, al no estar totalmente establecida, esta puede variar según el autor, de modo que, hay ciertas especies, como lo es “Squatina armata” que puede ser considerada una sinonimia de “Squatina californica” o no, dependiendo del autor, de modo que, se puede crear una brecha de conocimiento sobre la información presente en registros para el país. Por otro lado, el concepto de “identificación provisional” está constantemente presente en los registros y documentos de los que se extrajo la información debido a las pequeñas variaciones presentes entre especies, así mismo, no es posible verificar totalmente la presencia de ciertas especies en aguas colombianas, especialmente aquellas cosmopolitas o con rangos de distribución muy amplios.

Recomendaciones

Se recomienda realizar pruebas con distintos públicos para evaluar el conocimiento de cada uno y tener la información en cuenta para realizar futuros proyectos similares evaluando impactos visuales, nivel de comprensión y efectividad de las mismas para mejorar detalles que en cierto punto no fueron tomados en cuenta.

Se recomienda actualizar periódicamente la información ya que debido al gran avance que se ha tenido a nivel de conocimientos tanto de los organismos actuales como de los hallazgos antiguos, se tiene información dispersa como diferente en cada plataforma de investigación, especialmente en lo que respecta a nivel Colombia.

Se recomienda adaptar el contenido científico para todos los públicos sin eliminar la terminología científica o perder la estructuración que se requiere en este tipo de documentos.

Se recomienda realizar este tipo de investigaciones de recopilación de información no solo con los tiburones, sino también con rayas y quimeras, esto con el fin de tener información completa acerca del grupo de Elasmobranchii.

Referencias bibliográficas

Acero, A. & Tavera, J.J. & Anguila, R. & Hernández, L. (2016). A New Southern Caribbean Species of Angel Shark (Chondrichthyes, Squaliformes, Squatinidae), including Phylogeny and Tempo of Diversification of American Species. Copeia, 104(2), 577–585

Agencia estatal Consejo superior de investigaciones científicas. (2022). Tiburones. ICM divulga. Pp 1-4.

Ahilan, B. & Vinoliya, Crosslin & M., Alwinpeter & Pavinkumar, P.. (2021). ECOLOGICAL IMPORTANCE OF SHARKS. JOURNAL OF AQUACULTURE IN THE TROPICS. 36. 31-38. 10.32381/JAT.2021.36.1-4.4.

Aloncle, H. A. 1966. Propuesta de un interesante personaje anatómico en La determinación de radldae. Extracto del Bulletis, por i'1.P.M.M. (14): 42-50.

Anderson, R.C., J.E. Randall and R.H. Kuiter, 1998. New records of fishes from the Maldive Islands, with notes on other species. Ichthyol. Bull. 67(2):20-36.

Arango, J. A., Ballesteros, C., Bessudo, S., Hooker, H. B., Bolaños, N., Caldas, J. P. Duarte, L. O., Gomez, F., Lara, G., Loaiza, J., Mejía, P. A., Velandia, M., Navia, A. F. 2022. Patrones de distribución de la riqueza de elasmobranquios marinos en Colombia. Rev de Biología Marina y Oceanografía. Vol. 57, N° especial: 8-19, https://doi.org/10.22370/rbmo.2022.57.Especial.3177

Bailly, N. (2015). Ginglymostoma cirratum (Bonnaterre, 1788). In: Froese, R. and D. Pauly. Editors. (2015) FishBase

Balart, E.F., J. González-García and C.J. Villavicencio-Garayzar, 2000. Notes on the biology of Cephalurus cephalus and Parmaturus xaniurus (Chondrichthyes: Scyliorhinidae) from the west coast of Baja California Sur, México. Fish. Bull. 98:219-221.

Barros Bastida, Carlos, & Barros Morales, Rusvel. (2015). Los medios audio Barros Bastida, Carlos, & Barros Morales, Rusvel. (2015). Los medios audiovisuales y su influencia en la educación desde alternativas de análisis. Revista Universidad y Sociedad, 7(3), 26-31. Recuperado en 12 de junio de 2025, de

Bass, A.J. & Heemstra, P.C. & Compagno, L.J.V. (1986). Familias Hexanchidae, Carcharhinidae In Smith's Sea Fishes, por M.M. Smith & P.C. Heemstra, eds. Macmillian, Johannesburgo: 45-47, 67-87

Beck, K.G., Soler-Gijón, R., Carlucci, J.R., and Willis, R.E. 2016. Morphology and histology of dorsal spines of the xenacanthid shark Orthacanthus platypternus from the Lower Permian of Texas, USA: Palaeobiological and palaeoenvironmental implications. Acta Palaeontologica Polonica 61 (1): 97–117

Becker, M. A., Chamberlain, J.A. Jr., Stoffer, P.W. Pathologic tooth deformities in modern and fossil chondrichthians: a consequence of feeding-related injury. Lethaia, v. 33, p. 103-118, 2000

Beltrán, G. 2008. Estudio paleoecológico de los tiburones del mioceno tardío de Isla Cedros, Baja California, México [Tesis]. Universidad autónoma de baja california. pp. 1-8

Bester, C. 2012. "Silvertip Sharks" (On-line). Ichthyology at the Florida Museum of Natural History.http://www.flmnh.ufl.edu/fish/Gallery/Descript/silvertipshark/silvertipshark.html

Bigelow, H.B. and W.C. Schroeder, 1948. Sharks. p. 59-546. In J. Tee-Van, C.M. Breder, S.F. Hildebrand, A.E. Parr and W.C. Schroeder (eds.) Fishes of the Western North Atlantic. Part one. Lancelets, cyclostomes, sharks. Sears Foundation for Marine Research, Yale University, New Haven. 576 p.

Bleckmann, H & Hofmann, M.H. 1999. Special senses. In: Hamlett WC. Sharks skates and rays, the biology of elasmobranch fishes. Baltimore, MD: JHU Press; 300-328.

Brandão, Mariana & Luiz, André & Conrado, André & Luiza, & Ferreira, Ishikawa & Carlos, & Bruno, Carlos Eduardo. (2023). Biología del tiburón-tigre Galeocerdo cuvier: Revisión - Biology of the tiger shark Galeocerdo cuvier. Review.

Brigs, H. 2022. Megalodón: la razón por la que pudo extinguirse el tiburón más grande que jamás haya existido. BBC.

Caldas, Juan Pablo y LÓPEZ-GARCÍA, Juliana. Familia Hexanchidae. En: Guía para la identificación de especies de tiburones, rayas y quimeras de Colombia. Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – CORALINA; Gobernación de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Fundación SQUALUS, 2011. p. 11-19.

Camhi, M., S.L. Fowler, J.A. Musick, A. Bräutigam and S.V. Fordham, 1998. Sharks and their relatives - Ecology and conservation. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. iv + 39 p.

Cappetta, H. 1987. Handbook of paleoichthyology, Vol #B, Chondrichthyes II, Mesozoic and Cenozoic Elasmobranquii. Gustav Fischer. New York. 193pp.

Cappetta, H. 2012. Chondrichthyes: Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii: Teeth. In: Schultze, H.-P., Ed., Handbook of Paleoichthyology, Volume 3E, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munich, 1-512

Carpenter, K. 2010. "Negaprion brevirostris" (On-line). FishBase.

Carrier, J. C., Musick, J. A., & Heithaus, M. R. (Eds.). (2004). Biology of sharks and their relatives. CRC Press.

Carrier, Jeffrey C.; MUSICK, John A.; HEITHAUS, Michael R. 2010. Sharks and their relatives II: Biodiversity, Adaptive Physiology, and Conservation. Nova York: Ccr Press, p. 711

Carrier, J., Musick, J.A. y Heithaus, M.R., 2012. Biology of Sharks and their relatives. 2nd Edition. CRC Press, 633 p

Carroll, R. L. 1988. Vertebrate paleontology and evolution. Ed W. H. Freeman and company. USA. pp 62-83

Castillo, A. 2012. Ostracodermos. Orígenes, diversidad y relaciones filogenéticas. Paleontología de Vertebrados I. pp 2-17.

Castillo, J. 1989. Tiburones. Rev. De. Dif. Ciencias. Universidad autónoma de México.

Castro, J.I., 2011. Resurrection of the name Carcharhinus cerdale, a species different from Carcharhinus porosus. aqua, International Journal 17(1):1-10.

Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A.J. Lemus, R. Márquez, J.M. Poutiers, G. Robaina and B. Rodriguez, 1992. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aquas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO, Rome. 513 p. Preparado con el financiamento de la Comisión de Comunidades Europeas y de NORAD.

Chofield, P.J. & Burgess, G.H. (1997). Etmopterus robinsi (Elasmobranchii, Etmopteridae), a New Species of Deepwater Lantern Shark from the Caribbean Sea and Western North Atlantic, with a Redescription of Etmopterus hillianus. Bulletin of Marine Science, 60(3), 1060–1073

Colbert, E. H., Morales, M. Minkoff, E. C. 2001. Colbert´s Evolution of the bertebrates: A history of the backbones animals throught time. Ed 5. Wiley-Liss. USA. pp 53-58

Compagno, J. L. V. 1988. Sharks of the Order Carcharhiniforms. The Blackburn Press. New Jersey, USA. 486 pp

Compagno, L. 2001. SHARKS OF THE WORLD AN ANNOTATED AND ILLUSTRATED CATALOGUE OF SHARK SPECIES KNOWN TO DATE. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes No. 1, Vol. 2. ISSN 1020-8682.

Compagno, L. J. V. (2005). Sharks of the World: An Illustrated and Annotated Guide. Princeton University Press.

COMPAGNO, L. J. V. 1970. Sharks of the world. FAO Fisheries Synopsis. Grahamstown, v. 4, n. 125, parte 1, p.: 251-655.

COMPAGNO, L. J. V. 1984. Sharks of the World: An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Rome: FAO species catalogue. Vol 4. 404p.

Compagno, L., Didier, D., & Burgess, G. 2005. Chapter 2 Classification of Chondrichthyan Fish. In S. L. Fowler, R. D. Cavanagh, M. Camhi, G. H. Burgess, G. M. Cailliet, S. V. Fordham, C. A. Simpfendorfer, & J. A. Musick (Eds.), Sharks, Rays and Chimaeras: The Status of the Chondrichthyan Fishes (pp. 4-11). Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN SSC Shark Specialist Group.

Compagno, L.J.V. y V.H. Niem, 1998. Hexanchidae. Tiburones vaca, tiburones de seis branquias y siete branquias. págs. 1208-1210. En K.E. Carpenter y V.H. Niem (eds.), Guía de identificación de la FAO con fines pesqueros. Los Recursos Marinos Vivos del Pacífico Centro-Occidental. FAO, Roma.

Compagno, L.J.V., 1999. Checklist of living elasmobranchs. p. 471-498. In W.C. Hamlett (ed.) Sharks, skates, and rays: the biology of elasmobranch fishes. Johns Hopkins University Press, Maryland.

Compagno, Leonard J. V.. 1989. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. Environmental Biology Of Fishes, South Africa, n. 28, p.33-75, 14 jun.

Conrado, M. P. 2020. Tiburones en Colombia: Los riesgos de una regulación débil. Aida.

Cuny, G. (2013). Requins de la préhistoire à nos journs. Éditions Belin. Francia. 224 pp. ESCUDERO-MOZO, M.J.; MÁRQUEZ-ALIAGA, A.; GOY, A. et al. (2015). Middle Triassic carbonate platforms in eastern Iberia: evolution of their fauna and palaeogeographic significance in the western

Tethys. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 417: 236–260.

De la Cruz Agüero, J., M. Arellano Martínez, V.M. Cota Gómez and G. de la Cruz-Agüero, 1997. Catalogo de los peces marinos de Baja California Sur. IPN-CICIMAR, La Paz, Mexico. P. 346.

Del Moral-Flores et al. 2015. Ginglymostoma unami sp. nov. (Chondrichthyes: Orectolobiformes: Ginglymostomatidae): una especie nueva de tiburón gata del Pacífico oriental tropical. Revista Mexicana de Biodiversidad. Pag. 48-58.

Benton, M.J. 1993. The Fossil Record 2. Chapman & Hall. London.

Bonfante, O & Santiago, A. 2020. Datos geoespaciales marinos, la base de toda actividad marítima. Dimar.

Dulvy, N.K. and J.D. Reynolds, 1997. Evolutionary transitions among egg-laying, live-bearing and maternal inputs in sharks and rays. Proc. R. Soc. Lond., Ser. B: Biol. Sci. 264:1309-1315.. Ebert, D.A. & Stehmann, M. (2013). Sharks, batoids, and chimaeras of the North Atlantic. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes, 7. Rome, FAO: 523 pp.

Ebert, D.A., 1994. Diet of the sixgill shark Hexanchus griseus off southern Africa. S. Afr. J. Mar. Sci. 14:213-218.

Ebert, D.A., S. Fowler and M. Dando, 2015. A pocket guide to sharks of the world. Princeton University Press, New Jersey,

Ebert, D.A., S. Fowler and M. Dando, 2021. Sharks of the World: A complete guide. Princeton University Press, 607pp

Ebiegberi, D. 2013. Impact of solid waste disposal in Yenagoa and the introduction of modern waste management technologies. Izon-Beli research institute. Nigeria.

Echegaray, M. 2022. La importancia de los medios audiovisuales en la educación. Universidad Continental.

Eliosa, H. R. & Silva, A. B. 2023. El olfato y su trascendencia evolutiva en los vertebrados. Elementos 130. pp 3-10.

Emde G. V. 2007. Electrorrecepción: reconocimiento de objetos en peces africanos débilmente eléctricos. En: JT., Zielinsky BS. Neurociencia de los sistemas sensoriales. San Diego: Elsevier; 536pp.

Escobar Alejandro, V. Cota, C. Lucero, M. Lucero, J. Ramirez, R. Rangel, O. Escobar, A. Elizalde, S. Espinoza. 2018. Bitacoras de pesca de tiburón y mantarraya: un instrumento para la investigación y educación. III simposio nacional de tiburones y rayas. UNAM. pp 204-209.

Fernandez, B. Fernandez, P. Pereira, B. 2015. Extinciones masivas de la tierra. Rev. Nuclerar España. Pp 38-42.

Fischer, A. 2022. Así fue el megalodón: el tiburón gigante de 17 metros que comía orcas para desayunar. National geographic.

Freitas Almeida, Carolina , Veiga Conrado, André Luiz , Sevghebian, Eliza , Malavasi Bruno Carlos Eduardo . Visión y electro recepción de Condricthyes: Revisión. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria [en linea]. 2017, 18(9), 1-12 Disponible en:

Garcia, N. 2008. Tiburones: conservación, pesca y comercio internacional. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO DE ESPAÑA. pp. 19-24

Gasparini, J.L. and S.R. Floeter, 2001. The shore fishes of Trindade Island, western South Atlantic. J. Nat. Hist. 35:1639-1656.

Ginter, M. & Hampe, O. & Duffin, C.J. 2010. Handbook of Paleoichthyology, Vol. 3D: Chondrichthyes Paleozoic Elasmobranchii: Teeth Verlag Dr. Friedrich Pfeil.

Gómez Pallerola, J. E. (1992). Nota sobre los tiburones hybodontos de las calizas litográficas del Cretácico Inferior del Montsec (Lérida). Boletín Geológico y Minero, 103(3-5), 783–813.

González, J. M. 2021. Taxonomía, morfología, anatomía y muestreo biológico de elasmobranquios.

Greshko, M. 2021. Un fenómeno misterioso provocó el desplome de las poblaciones de tiburones hace 19 millones de años. National geographic.

Guisande, C. 2011. TIBURONES, RAYAS, QUIMERAS, LAMPREAS Y MIXÍNIDOS DE LA COSTA ATLÁNTICA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA Y CANARIAS. [Ebook]. 1 pp. 262. 9788499696119

Heemstra, P.C. (1997). A Review of the Smooth-Hound Sharks (Genus Mustelus, Family Triakidae) of the Western Atlantic Ocean, with Descriptions of Two New Species and a New Subspecies. Bulletin of Marine Science, 60(3), 894–928

Heemstra, P.C., 1995. Additions and corrections for the 1995 impression. p. v-xv. In M.M. Smith and P.C. Heemstra (eds.) Revised Edition of Smiths' Sea Fishes. Springer-Verlag, Berlin

Heitaus, M., Frid, A., Wirsing, A., Worm, B. 2008. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. Trends in ecology & evolution 23(4): 202-210

Heithaus, M.R., A. Frid, A.J. Wirsing y B. Worm. 2008. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. Trends in ecology & evolution 23(4): 202-210

Heithaus, M.R., A. Frid, A.J. Wirsing y B. Worm.

Hennemann, R. M., 2001, SHARKS AND RAYS - ELASMOBRANCH GUIDE OF THE WORLD , ed. Ikan, Frankfurt, Allemagne.

Hodnett, J-P. M., Toomey, R., Egli, H.C., Ward, G., Wood, J. R., Olson, R., Tolleson, K., Tweet, J. S., & Santucci, V. L. (2024) New ctenacanth sharks (Chondrichthyes; Elasmobranchii; Ctenacanthiformes) from the Middle to Late Mississippian of Kentucky and Alabama. Journal of Vertebrate Paleontology. https://doi.org/10.1080/02724634.2023.2292599

Horovit, I & Carillo, J. D. 2012. Capitulo 3: El registro fósil del paleozoico [E-book]. Venezuela Paleontológica: Evolución de la diversidad en el pasado. N.1 (pp.63-78)

Howe, J. and V.G. Springer, 1993. Catalog of type specimens of recent fishes in the National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, 5: Sharks (Chondrichthyes: Selachii). Smithson. Contrib. Zool. 540:19.

Ingeominas. (1997). Informe de recopilación bibliográfica y geológica preliminar de la Zona Bananera de Santa Marta. Ingeominas 61 p.

Invemar. 2012. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: 2000. Serie documentos generales 3. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andréis”

Invermar. 2020. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros de Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. pp. 27.

Itano, W. (2014). IMAGING TECHNIQUES FOR STUDIES OF MICROWEAR ON EDESTUS TEETH. Trilobite Tales. 32. 15-20. https://www.researchgate.net/publication/276293577_IMAGING_TECHNIQUES_FOR_STUDIES_OF_MICROWEAR_ON_EDESTUS_TEETH

IUCN. 2021. Red list.

Jacques, C., Ortega, M. A., García, J. C., Tinoco, C. L., Peñalba, M. A. 2016. Nuestra Tierra., N.25., pp 2-19. México.

Jordan, D.S. and C.H. Gilbert. 1883. Description of four new species of sharks, from Mazatlan, Mexico. Proc.U.S. Natl.Mus., 5:102-10

Jordan, D.S. y Evermann, B.W. 1898. Los peces de América del Norte y Central: un catálogo descriptivo de las especies de vertebrados peces que se encuentran en las aguas de América del Norte, al norte del istmo de Panamá. Parte III. Boletín del Museo Nacional de los Estados Unidos, 47(3), 2183a–3136

John G. Maisey "The Spine-Brush Complex in Symmoriiform Sharks (Chondrichthyes; Symmoriiformes), with Comments on Dorsal Fin Modularity," Journal of Vertebrate Paleontology 29(1), 14-24, (1 March 2009). https://doi.org/10.1671/039.029.0130

Lamilla, J. y C. Bustamante. 2005. Guía para el reconocimiento de: tiburones, rayas y quimeras de Chile. Oceana 17(nov. 2005):1-80

Lisney TJ y Collin SP. 2007. Tamaño relativo de los ojos en elasmobranquios. Brain Behav. Evol. 67:266– 279.

Lisney TJ. 2010. Una revisión de la biología sensorial de los peces quimeroides (Chondrichthyes; Holocephali). Artículo en Reviews in Fish Biology and Fisheries.ISSN 0960-3166.Volumen 20.Número 4.Ed.Springer. Norbyvagen, Suecia. 571-590

Lubbock, R. and A. Edwards, 1981. The fishes of Saint Paul's Rocks. J. Fish Biol. 18(2):135-157.

Lund, R. (1984). The morphology of Falcatus falcatus (St. John and Worthen), a Mississippian stethacanthid chondrichthyan from the Bear Gulch Limestone of Montana. Journal of Vertebrate Paleontology, 4(1), 1–19. https://doi.org/10.1080/02724634.1984.10011931

Maisey, J.G. (2009) . The spine-brush complex in symmoriiform sharks (Chondrichthyes; Symmoriiformes), with comments on dorsal fin modularity. Journal of Vertebrate Paleontology, 29(1), 14–24. DOI: 10.1671/039.029.0130

Manzanares, E & Botella, H. 2019. Tiburones triásicos de la península Ibérica. Asociación paleontológica Alcoyana. N.12.

Matos, J. Perez, M. Benitez, Z. 2015. Condrictios: Tiburones, Rayas y Quimeras. Boletín de zoología InfoZOA. Vol. 9 pp. 1-11. ISSN: ISSN: 2346-1837

Maury, J. 2023. Efecto del cambio climático en tiburones del Mediterráneo. Ciències i Tecnologies del Mar. Universitat politècnica de Catalunya.

McDonald, A. 2023. Los científicos encuentran una nueva pista sobre lo que llevó a la desaparición del megalodón. CNN.

McEachran, J.D. and J.D. Fechhelm, 1998. Fishes of the Gulf of Mexico. Volume 1: Myxiniformes to Gasterosteiformes. University of Texas Press, Austin. 1112pp.

Meisel, A. 2005. Los estudios sobre historia económica de Colombia a partir de 1990: principales temáticas y aportes. Cartagena: Banco de la República.

Mejía-Falla, P., Navia, A., Mejía-Ladino, L, Acero, A., Rubio, E. 2007. Tiburones y rayas de Colombia (Pisces: Elasmobranchii): Lista actualizada, revisada y comentada. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 36. 111-149. 10.25268/bimc.invemar.2007.36.0.203.

Mendoza-Vargas, Oscar Uriel & Espinosa Arrubarrena, Luis & Salgado-Ugarte, Isaias. 2016. ¿Desde cuándo existen los tiburones? Rev Nuestra Tierra. N. 25. pp 11-16.

Miller et al. 2022. Manual del ICCAT. Capítulo 2.2.1.6, Tiburón Oceánico. Comisión internacional para la conservación del Atún Atlántico

Ministerio de agricultura. 2020. PLAN DE ACCION NACIONAL PARA LA CONSERVACION Y MANEJO DE TIBURONES, RAYAS Y QUIMERAS DE COLOMBIA (PAN-Tiburones Colombia).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (mads). 2012. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D. C. Colombia.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. 2022. PLAN AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE TIBURONES, RAYAS MARINAS Y QUIMERAS. Minambiente.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (mavdt). (2010). Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (mavdt). 2010. Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2020). COLOMBIA, LA OPORTUNIDAD DEL AGUA: DOS OCÉANOS Y UN MAR DE RÍOS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS Propuestas del Foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos. Vol 7. Bogotá: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Myers, R.A., J.K. Baum, T.D. Shepherd, S.P. Powers y C.H. Peterson. 2007. Cascading eects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. Science 315(5820): 1846-1850.

Myers, R.F., 1991. Micronesian reef fishes. Second Ed. Coral Graphics, Barrigada, Guam. 298 pp.

Nakano y seki, 2003. Synopsis of biological data on the blue shark, Prionace glauca Linnaeus (PDF) Synopsis of biological data on the blue shark, Prionace glauca Linnaeus

Nakano y stevens, 2008. The Biology and Ecology of the Blue Shark, Prionace Glauca

Natanson, L.J., N.E. Kohler, D. Ardizzone, G.M. Cailliet, S.P. Wintner and H.F. Mollet, 2006. Validated age and growth estimates for the shortfin mako, Isurus oxyrinchus, in the North Atlantic Ocean. Environ. Biol. Fishes 77:367-383.

National geographic. 2010. Periodo cámbrico.

National geographic. 2013. Anatomía en los tiburones. National geographic.

National geographic. 2022. Periodo Carbonífero.

Nelson, J.S., 1994. Fishes of the world. Third edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. 600 p.

Nelson, J.S., 2006. Fishes of the World. 4th ed. Hoboken (New Jersey, USA): John Wiley & Sons. xix+601 p.

Nelson, J. S., Grande, T., & Wilson, M. V. H. (2016). Fishes of the World (5th ed.). John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781119174844

Oceana, 2021. Importancia de los Tiburones. Oceana Europe.

Otoya, S. 2016. ¿Cuáles son las principales amenazas que enfrentan los tiburones?

Posada, B. O. y Henao, P. (2008). Diagnóstico de la erosión y sedimentación en la zona costera del Caribe colombiano. Santa Marta: Invemar.

Ramirez, A. 2018. INFORME NACIONAL DE COLOMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ritter, E.K. & Compagno, L.J.V. 2013. First record of a smalltooth sandtiger shark, Odontaspis ferox, from the Galapagos Islands. Marine Biodiversity Records, 6, Article e130 DOI: 10.1017/S1755267213001115

Rodriguez, L. M. Viñas, M. De los gironi, M. Lima, L. Smith, K. Ortiz, R. Bravo, G. Montes, M. E. 2003. Serie “Conozcamos el mar” Tiburones. Ministerio de ciencia, tecnología y medio ambiente. Acuario nacional de Cuba.

Russell, B.C. and W. Houston, 1989. Offshore fishes of the Arafura Sea. Beagle 6(1):69-84.

Santoyo, P. 2016. Los supercontinentes de la tierra [Boletín científico]. Universidad autónoma del estado de Hidalgo. Vol 4. n. 8.

Sharkophile. 2023. Tiburones y la cultura Maorí, dioses del mar. Sharkophile

Smith, C.L., 1997. National Audubon Society field guide to tropical marine fishes of the Caribbean, the Gulf of Mexico, Florida, the Bahamas, and Bermuda. Alfred A. Knopf, Inc., New York. 720 p

Soares, K. & Zanini, F. (2001). Redescription and anatomical investigation of Schroederichthys maculatus Springer, 1966 and S. saurisqualus Soto, 2001 with comments on their systematics (Chondrichthyes:

Carcharhiniformes: Atelomycteridae). Zoologischer anzeiger, Volume 302. Pg 224-238.

Soares, K.D.A. & de Carvalho, M.R. (2019). The catshark genus Scyliorhinus (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae): taxonomy, morphology and distribution. Zootaxa, 4601(1), 001–147

Soares, K.D.A., U.L. Gomes and M.R. de Carvalho, 2016. Taxonomic review of catsharks of the Scyliorhinus haeckelii group, with the description of a new species (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae). Zootaxa 4066(5):501-534.

Sour-Tovar, F., Quiroz-Barroso, S. A. y Applegate, S. P. 2000, Presence of Helicoprion (Chondrichthyes, Elasmobranchii) in the Permian Pantlanoaya Formation, Puebla, Mexico. Journal of Paleontology vol. 74, no. 2, p. 363-366.

Terborgh, J. y J.A. Estes. 2010. Trophic Cascades: Predators, Prey and the Changing Dynamics of Nature. Island Press, Washington D.C.

The Biology and Ecology of the Blue Shark, Prionace Glauca - Sharks of the Open Ocean - Wiley Online Library

Centro de Investigaciones Pacífico, Consultado en Junio, 2025. Caracterización del Pacífico Colombiano. Universidad del Valle, seccional pacífico.

UNWIN, D. M. (ed.) 1998. Cretaceous fossil vertebrates. Special Papers in Palaeontology, 60, 1-219. GARDNER, J.D. and CIFELLI, R.L. 1998. A primitive snake from the Cretaceous of Utah. 87-100. Jn UNWIN, D. M. (ed.). Cretaceous fossil vertebrates. Special Papers in Palaeontology, 60, 1-219.

Weigmann, S., 2016. Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. J. Fish Biol. 88(1):1-201.

White, W.T., D.A. Ebert, G.J.P. Naylor, H.-H. Ho, P. Clerkin, A. Veríssimo and C.F. Cotton, 2013. Revision of the genus Centrophorus (Squaliformes: Centrophoridae): Part 1 -Redescription of Centrophorus granulosus (Bloch & Schneider), a senior synonym of C. acus and C. niaukang Teng. Zootaxa 3752(1):035-072.

Wroe, S., Huber, D. R., Lowry, M., McHenry, C., Moreno, K., Clausen, P., Ferrara, T. L., Cunningham, E., Dean, M. N & Summers, A. P. 2008. Three-dimensional computer analysis of white shark jaw mechanics: how hard can a great white bite?. Journal of Zoology (pp. 1-7).

WWF. 2022. 4 especies de tiburones amenazadas en Colombia. WWF.

WWF. 2024. Los tiburones son clave para la salud de nuestros océanos y el clima. WWF.

Zanella, I. López, A. Arauz, R. 2010. LA ALIMENTACIÓN DE TIBURONES MARTILLO JOVENES (SPHYRNA LEWINI) CAPTURADOS EN EL GOLFO DE NICOYA, COSTA RICA. Bol. Invest. Mar. Cost. 39 (2). Pp. 447-453. ISSN 0122-9761. Santa Marta, Colombia.

Anexos

9.1. Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de los tiburones a lo largo de la cadena evolutiva.....Pag. 13
Tabla 2. Clasificación taxonómica de los tiburones a lo largo de la cadena evolutiva.....Pag. 14
Tabla 3. Estadística de las fuentes consultadas dentro del documento.....Pag. 52
Tabla 4. Tiburones del Pacífico Colombiano.....Pag. 54
Tabla 5. Tiburones del Caribe Colombiano.....Pag. 69
Tabla 6. Especies de tiburones compartidas entre el Pacífico y Caribe Colombiano.....Pag. 102

9.2 Índice de figuras (Puede compartir hoja con índice de tablas)

Figura 1. Ilustración comparativa de los géneros Cladoselache y Xenacanthus.....Pag. 11
Figura 2. Morfología general de los tiburones.....Pag. 16
Figura 3. Esquema general de la aleta caudal de un tiburón.....Pag. 18
Figura 4. Organización dental de los tiburones.....Pag. 19
Figura 5. Ilustración de las ampollas de Lorenzini presentes en los tiburones.....Pag. 22
Figura 6. Distancia máxima a la que llega cada uno de los sentidos de un tiburón.....Pag. 23
Figura 7. Aparato reproductor de hembras y machos de tiburón en diferentes etapas de maduración.....Pag. 26
Figura 8. Clasificación de las eras geológicas a lo largo de la línea evolutiva.....Pag. 28
Figura 9. Diferencia entre tiburones primitivos y tiburones actuales.....Pag. 30
Figura 10. Comparativa de tiburones primitivos.....Pag. 34
Figura 11. Localización de las unidades ambientales océanos y costeras.....Pag.47

9.3 Glosario

- **Abisal:** Zona marina que corresponde a profundidades mayores a 2000 metros.
- **Arco hioideo:** Estructura embrionaria que se desarrolla en la cabeza y cuello durante el desarrollo de un feto.
- **Bioluminiscencia:** Producción de luz de ciertos organismos mediante una transformación de energía química a luminosa.
- **Cambio anatómico:** Alteraciones en la estructura de un cuerpo de un organismo.
- **Condocráneo:** Estructura cartilaginosa del esqueleto que crece para envolver el cerebro.
- **Condrictios:** Clase de peces con mandíbulas y esqueletos cartilaginosos.
- **Criterio taxonómico:** Atributos utilizados para clasificar organismos vivos en categorías jerárquicas (dominio, reino, filo, clase, orden, familia, género, especie).
- **Cúspide:** punto o relieve de la corona de un diente, se encuentra en la superficie de masticación.
- **Depresión:** Área de relieve terrestre que se encuentra a una altura menor que el terreno circundante.
- **Dimorfismo sexual:** Diferencias físicas que distinguen a individuos de una misma especie de diferente sexo.
- **Dinámica trófica:** Proceso de transferencia de energía entre los niveles tróficos de un ecosistema.
- **Distribución cosmopolita:** Presencia de una especie en la mayoría de los continentes del mundo.
- **Divergencia Evolutiva:** Proceso dónde dos a más especies con un ancestro común evolucionan de maneras diferentes con características distintas.
- **Escualeno:** Aceite natural que se encuentra en el sebo humano e hígado de tiburón.
- **Estímulos:** Señal proveniente de un agente interno o externo que provoca una reacción en el organismo.
- **Estrategia trófica:** Diferentes formas en que un organismo se alimenta dentro de la red trófica.
- **Fósil:** Resto o evidencia de un organismo que se preservo a través del tiempo.
- **Fusiforme:** Forma alargada y estrecha en los extremos, con el centro más ancho.

- **Grupo monofilético:** Grupo de organismos que incluye un ancestro común y todos sus descendientes.
- **Hendiduras branquiales:** Estructuras embrionarias cruciales en la formación de diversas estructuras de la cabeza y el cuello, y en los peces, también sirven para el intercambio de gases.
- **Heterocerca:** Aleta caudal de los peces con dos lóbulos desiguales.
- **Lamelas:** Estructura fina y delgada dónde se lleva a cabo el intercambio de gases entre el agua y la sangre.
- **Linaje:** Secuencia de especies que forman una línea directa de descendencia.
- **Locomoción:** Capacidad de un organismo de moverse de un lugar a otro.
- **Morfología:** Estudio de la forma, estructura y características externas e internas de los organismos, tanto animales como plantas.
- **Nicho ecológico:** Función o rol que desempeña una especie en su ecosistema.
- **Paleoictiólogos:** Científicos especializados en el estudio de los peces fósiles dentro del campo de la paleontología.
- **Poros hiomandibulares:** Orificios a lo largo de los lados de la cabeza que son considerados parte del sistema sensorial del pez, incluye el sistema de línea lateral y otros receptores sensoriales.
- **Red trófica:** Representación gráfica de las interconexiones de la cadena alimentaria del ecosistema.
- **Somero:** Área de aguas poco profundas.
- **Surcos perinasales:** Líneas verticales que se forman en la piel alrededor de la nariz.
- **Taxones:** Cada grupo dentro de la clasificación de los seres vivos.