



FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**Modalidad Artículo Académico**

**Tema**

Descripción morfológica del condrocraqueo del Tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*)  
desembarcado en el pacifico ecuatoriano.

**Autor**

Bazurto Vera Anthony Jesús

**Periodo 2024 – 2**

**Tutor académico:** Blga. Maribel Carrera Fernández, Mg.



**Tema de titulación – Modalidad de Artículo Académico**

Descripción morfológica del condrocraneo del Tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*)  
desembarcado en el pacifico ecuatoriano.

**Autor:**

Bazurto Vera Anthony Jesús

Dra. Dolores Muñoz Verduga, Ph.D

Presidente de Tribunal de Titulación

Blg. Javier Quijije López, Mg.


Miembro Tribunal de Titulación

Blg. Javier Cañarte pin, Mg.

Miembro Tribunal de Titulación

Manta, Manabí, Ecuador

Martes, 12 de febrero del 2025

	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A)</b>	<b>CÓDIGO: PAT-04-F-004</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO</b>	<b>REVISIÓN: 1</b> Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría del estudiante **BAZURTO VERA ANTHONY JESÚS** legalmente matriculado en la carrera de Biología, período académico 2024-2025, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación de artículo académico cuyo tema del proyecto es "**Descripción morfológica del condrocráneo del Tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) desembarcado en el pacífico ecuatoriano**".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 03 de enero del 2025

Lo certifico,



Dra Maribel Carrera Fernández  
**Docente Tutor(a)**  
**Área: Biología**

### Declaración de Autoría

Yo, **Bazurto Vera Anthony Jesús** declaro que he contribuido a la realización del trabajo de titulación bajo la modalidad de Artículo Académico previo a la obtención del título de Biólogo, con tema: **Descripción morfológica del condrocraneo del tiburón Mako (*Isurus oxyrichus*) desembarcados en el pacifico ecuatoriano.**

He revisado la versión final del manuscrito y apruebo su presentación para su publicación. También garantizo que este trabajo es original, no ha sido publicado previamente y no está bajo consideración para su publicación en otro lugar.

Además, declaro que no tengo conflictos de interés en relación con este trabajo.

Firma:



Bazurto Vera Anthony Jesús

C.I.: 131259737-8

Manta, Manabí, Ecuador

Martes, 12 de febrero del 2025

## **Descripción morfológica del condrocraáneo del Tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) desembarcado en el Pacífico ecuatoriano.**

**Bazurto Vera Anthony Jesús**

<sup>1</sup>Carrera de Biología, Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Correo Institucional: [e1312597378@live.uleam.edu.ec](mailto:e1312597378@live.uleam.edu.ec)

<sup>2</sup>Grupo de investigación Tiburones y Rayas-Ecuador-ShaREP, Facultad Ciencias de la Vida y Tecnología, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

### **RESUMEN**

La familia Lamnidae, conocida por sus tiburones de gran tamaño y vida migratoria, desempeña un papel crucial en la regulación de poblaciones de peces. El tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*), altamente migratorio en aguas tropicales y templadas, destaca por su velocidad y morfología adaptada para ser un depredador eficaz en la cima de las cadenas tróficas. Este estudio analiza la morfología del condrocraáneo, estructura esencial para soportar órganos sensoriales y proteger el cerebro, mediante muestras recolectadas en Manta, Ecuador, entre enero y abril de 2024. El condrocraáneo presenta adaptaciones específicas como un rostrum hidrodinámico, dientes tipo arpón y cápsulas olfativas prominentes. Elementos como la fenestra estapedial, cresta supraorbital y cartílagos mandibulares son analizados para comprender su funcionalidad en la alimentación, caza y percepción sensorial. Este análisis aporta datos relevantes para estudios morfológicos y ecológicos de *I. oxyrinchus* en su hábitat natural.

### **ABSTRACT**

The Lamnidae family, known for its large, migratory sharks, plays a crucial role in regulating fish populations. The mako shark (*Isurus oxyrinchus*), highly migratory in tropical and temperate waters, stands out for its speed and adapted morphology to be an effective predator at the top of food chains. This study analyzes the morphology of the chondrocranium, an essential structure to support sensory organs and protect the brain, through samples collected in Manta, Ecuador, between January and April 2024. The chondrocranium presents specific adaptations such as a hydrodynamic rostrum, harpoon-like teeth and prominent olfactory capsules. Elements such as the stapedial fenestra, supraorbital crest and mandibular cartilages are analyzed to understand their functionality in feeding, hunting and sensory perception. This analysis provides relevant data for morphological and ecological studies of *I. oxyrinchus* in its natural habitat.

## 1. INTRODUCCIÓN

La familia Lamnidae, conocida como tiburones lamnidos, es la familia de tiburones que llega a ser reconocida por su gran tamaño de fisiología que va de acuerdo a su vida en aguas abierta por su estilo de vida migratorio, Esta familia es conocida ya que gran parte de sus integrantes juegan un papel importante en la regulación de poblaciones de peces dentro de esta familia se encuentra el *Isurus oxyrinchus* conocido comúnmente en los océanos donde se encuentra como tiburón mako o tinto es una especie altamente migratoria en los océanos templados y tropicales del mundo y con presencia en el Ecuador (Compagno, 2001).

Perteneciente a la familia Lamnidae esta especie de tiburón resalta principalmente por la velocidad que llegan a alcanzar y su morfología que les ayuda a ser un depredador eficaz formando parte del tope de sus cadenas tróficas en los hábitats donde se encuentra (Carrier, Musick & Heithaus, 2012), A pesar de su importancia ecológica, la morfología del *I. oxyrinchus* resulta atrayente derivando en diversas investigaciones sobre su comportamiento y el papel que cumplen dentro de sus ecosistemas (Stevens, 2000).

El condrocáneo o esqueleto craneal cartilaginoso, es una estructura de alta importancia debido a que su estructura funciona como soporte para los diversos órganos sensoriales y de es vital importancia para el cerebro y este a su vez de los diversos órganos asociados (Ebert, Fowler, & Compagno, 2013). Pero a pesar de que esta estructura es de vital relevancia pocos son los estudios que se realizan es estas especies de condricios ya que la mayoría de estudios se realizan en condricios de gran tamaño o fósiles. En este contexto el objetivo de este estudio es describir la morfología del neurocráneo del tiburón tinto *Isurus oxyrinchus* y conocer su función.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Área de estudio

Los especímenes se recolectarán en el pacífico ecuatoriano en la zona de descarga de pesca artesanal en Los Esteros – Playita Mía (0°57'02.4"S 80°42'35.7"W). Ubicado en la provincia de Manabí al oeste del perfil costero del Ecuador (Fig. 1).

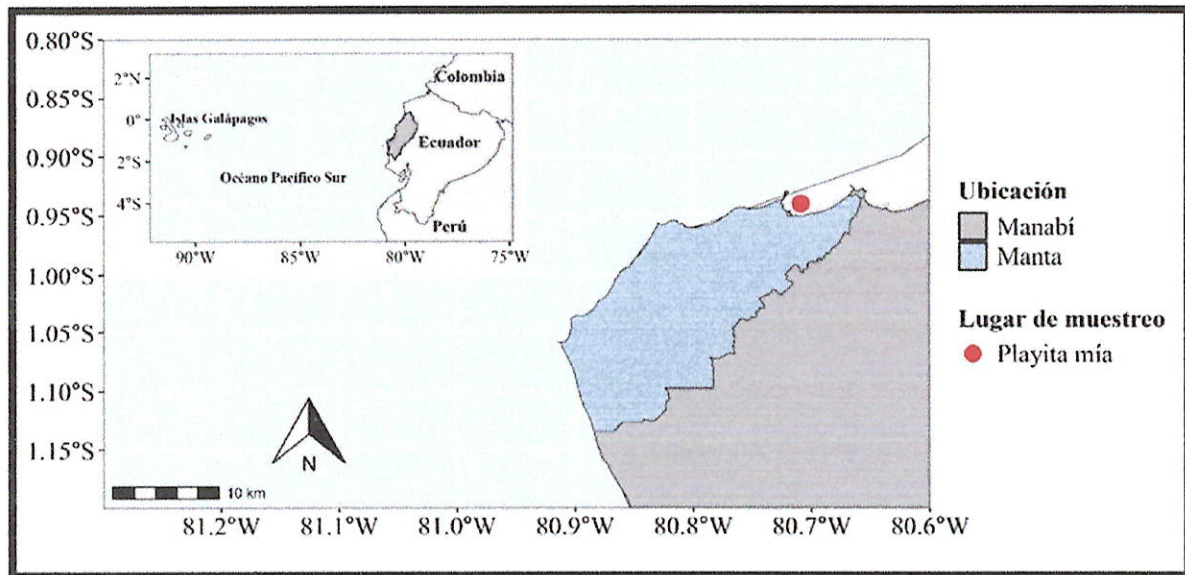


Figura 1. Localización de la zona de estudio. (Sitio del muestreo generada con R studios.)

## 2.2 Recolección de datos

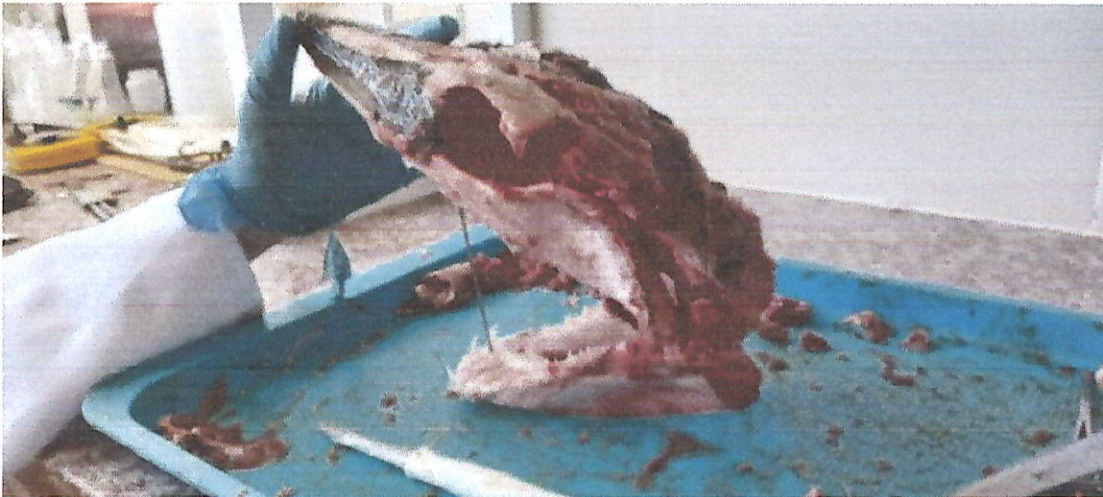
En la zona de Playita Mía en la ciudad de Manta se llevó a cabo la recolección de las muestras del *I. oxyrinchus* durante el periodo de Enero a Abril del 2024 procedentes como pesca incidental por las actividades de pesca ejecutada por los moradores de la zona, esta especie en concreto llega a ser capturada de forma incidental mediante espinel de superficie que va enfocada a peces pelágicos, posterior a su identificación las muestras recolectadas fueron guardadas en fundas plásticas y depositadas en una hielera para luego ser trasladadas al edificio de la carrera de Biología perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Vida y la Tecnología donde fueron etiquetadas y guardadas en el Laboratorio de Ecología de Peces - ShaREP para posteriormente ser diseccionadas y eliminar tejidos musculares y conectivos para el análisis morfológico (Fig. 2)..



Figura 2. Vista lateral del cráneo del tiburón colectados en Playita Mía.

### 2.3 Procesamiento de muestras

Posterior a la recopilación de especímenes en las principales caletas pesqueras de distintas muestras. Se prepararon las muestras limpiando con un kit de disección para la eliminación de tejido muscular de manera cuidadosa preservando la integridad del condrocráneo dejándolos listos para ser sumergidos en Peróxido de hidrogeno para su posterior análisis morfológico (Lana, 2016). (Fig. 3 y 4)



**Figura 3.** Proceso de la limpieza de piel y músculos del Condrocráneo de *I. oxyrinchus*.



**Figura 4.** Vista lateral del condrocráneo posterior al proceso de limpieza de tejidos.



## 2.4. Descripción anatómica.

Se utilizaron diversas fuentes para la obtención de los datos requeridos de las diversas partes del esqueleto cartilaginoso estableciéndose un sistema de referencia de identificación estándar para garantizar la constancia de comparabilidad de resultados a fin de comparar las características morfológicas del condrocráneo entre los diferentes individuos del *I. oxyrichus*. (Tabla 1).

Tabla 1. Términos utilizados para la descripción de las diferentes partes que conforman el condrocráneo.

Terminología	Descripción	Citas Bibliográficas
<b>Fenestra Estapedial (FE)</b>	Abertura ovalada en el oído medio que permite el paso de estructuras relacionadas al oído interno	(Holmgren, 1941)
<b>Cresta Supraorbital (CS)</b>	Parte superior de la órbita ocular, se presenta como un reborde que se extiende para proteger las estructuras internas del ojo	(Ebert, 2011)
<b>Orbita (O)</b>	De forma ovalada semi circular adaptadas para contener y proteger los ojos permite la inserción de músculos y nervios oculares.	(Maisey & Springer, 2013) (Alexander, 1998)
<b>Rostrum (R)</b>	Estructura alargada y puntiaguda que ayuda la hidrodinámica y alberga las ámpulas de Lorenzini.	(Compagno, 1898).
<b>Narinas (N)</b>	Divididas en 2 parte anterior y posterior para la entrada de agua por el órgano olfativo.	(Ebert, 2011)
<b>Rama dentaria (RD)</b>	Curvada y largada estructura que sostiene los dientes, posee hileras de dientes triangulares con forma de arpón	(Compagno, 2002)
<b>Cartilago Paletocuadrado (CP)</b>	Ligeramente curvada y robusta compuesta e 2 partes la palatina y la cuadrada	(De Iuliis & Pulerà, 2011)
<b>Cartilago de Meckle (CM)</b>	Conectada en su sección posterior con el paletocuadrado, de forma alargado proporcionado soporte y flexibilidad para la protrusión	(De Iuliis & Pulerà, 2011) (Ebert, 2011)
<b>Hioidemandibular (H)</b>	Alargado y robusta esta estructura permite la conexión entre el paleta cuadrado y el condrocráneo	(Ebert, 2011)
<b>Foramen Magnum (FM)</b>	Permite el paso del cordón medular, posee márgenes gruesos con una forma semi circular	(Maisey & Springer, 2013) (Holmgren, 1941)

<b>Fosa Parietal (FP)</b>	Proporciona una ligera cavidad ligeramente circular delimitada por la cresta craneal	(Maisey & Springer, 2013) (Holmgren, 1941)
<b>Techo Craneal (TC)</b>	Estructura convexa proporciona una cobertura al cerebro	(Ebert, 2011) (Holmgren, 1941) (Maisey & Springer, 2013)
<b>Foramina Superficial Oftalmológica (FSO)</b>	Ligadas con el sistema nervioso y vascular, crucial para la inervación de la región ocular.	(Holmgren, 1941) (Ebert, 2011)
<b>Cavidad Precerebral (CPr)</b>	Aloja y protege el bulbo olfativo la cavidad también juega un papel importante en estructuras sensoriales	(Holmgren, 1941) (Ebert, 2011)
<b>Rostral Fenestra (RF)</b>	En la parte anterior del condrocraáneo presenta una proyección alargada generalmente ovalada	(Maisey & Springer, 2013)
<b>Fosa Subetmoideal (FSb)</b>	Depresión cóncava situada por debajo de las capsulas olfativas.	(Holmgren, 1941)
<b>Muesca Orbital (MO)</b>	Forma parte del límite inferior de la muesca orbital.	(Maisey & Springer, 2013) (Holmgren, 1941) (Ebert, 2011)
<b>Capsula Ótica (CO)</b>	Asociada al sistema auditivo, alberga el oído interno.	(Ebert, 2011)
<b>Centrum occipital (Coc)</b>	Forma cilíndrica adaptada para alinearse con la primera vertebra.	(Ebert, 2011)
<b>Capsula Nasal (CN)</b>	Estructura asociada al sistema olfativo resguarda las lamelas olfativas.	(Maisey & Springer, 2013)
<b>Fontanela Anterior (FA)</b>	Posterior al plato nasal, delimitada por las placas del techo craneal.	(Patricia et al., 2019) (Holmgren, 1941)

### 3. RESULTADOS

Se revisaron 5 condrocraneos de la especie durante el periodo de estudio. El condrocráneo de *I. oxyrinchus* presenta una estructura cartilaginosa característica de los condriictios, con un forma alargada e hidrodinámica con regiones claramente definidas, región rostral que incluye los procesos orbitales y preorbitales con una mandíbula alargada y puntiaguda con la presencia de dientes tipo arpón curvados hacia el interior, el condrocráneo del *I. oxyrinchus* presenta cápsulas óticas ubicadas en las zonas laterales,, las cápsulas olfativas son prominentes, mientras en la región dorsal la fontanela anterior esta provista de un tejido fibroso a forma de protección para el cerebro (Fig. 5).



Fig.5. Condrocráneo del tiburón tinto *I. oxyrinchus*.

A continuación, se describen las partes que conforman el condrocráneo desde la vista lateral podemos observar las siguientes estructuras (Fig. 6).:

### **3.1 Fenestra Estapedial (FE)**

La Fenestra Estapedial del *I. oxirinchus* es una abertura de forma generalmente ovalada o redondeada aunque pequeña esta fenestra es crucial para permitir el paso de las estructuras cartilaginosas relacionadas con el oído interno, la fenestra está rodeado por cartílago compacto del condrocraáneo, lo que le otorga estabilidad y protección a las estructuras del oído interno que pasan por dicha abertura. Conocida como la ventana oval, es una estructura anatómica ubicada en el oído medio.

### **3.2 Cresta Supraorbital (CS)**

Esta estructura es una proyección o elevación del cartílago craneal que forma un borde definido sobre las orbitas, su estructura es robusta y ligeramente arqueada lo que le permite proteger los ojos de impactos, posee una forma alargada y curva. Es una estructura anatómica que se encuentra en la parte superior de la órbita ocular, específicamente en el hueso frontal del cráneo.

### **3.3 Órbita (O)**

Las orbitas tienen una forma aproximadamente ovalada o circular, adaptadas para contener los ojos del tiburón, además, las orbitas no están completamente cerradas por detrás, permitiendo la inserción de los músculos oculares y el paso de los nervios y vasos sanguíneos que conectan el ojo con el cerebro. Entonces la órbita es una estructura importante que alberga y protege los ojos en los elasmobranquios, la órbita está formada principalmente por cartílago.

### **3.4 Rostrum (R)**

Es una estructura alargada y puntiaguda que se extienden hacia adelante desde la parte anterior del cráneo. Esta estructura está compuesta principalmente por tres cartílagos rostrales otorgando flexibilidad y ligereza, además, también juega un papel importante en la percepción sensorial ya que en el rostrum se encuentran las ámpulas de Lorenzini.

### **3.5 Narinas (N)**

Cada narina está dividida en dos aberturas, una anterior y otra posterior. Estas aberturas están separadas por un pequeño pliegue o válvula, siendo una característica de los tiburones, la abertura incurrente permite la entrada de agua a la cámara nasal y la abertura excurrente facilita la salida del agua después de que ha pasado por el órgano olfativo. Están diseñadas para permitir que el agua fluya a través de ellas, lo que facilita la entrada de partículas que el tiburón puede llegar a detectar, las narinas son

relativamente grandes en comparación con su tamaño, además su posición en la parte frontal de la cabeza les permite tener un sentido direccional del olfato (Ebert, 2011)

### **3.6 Rama dentaria (RD)**

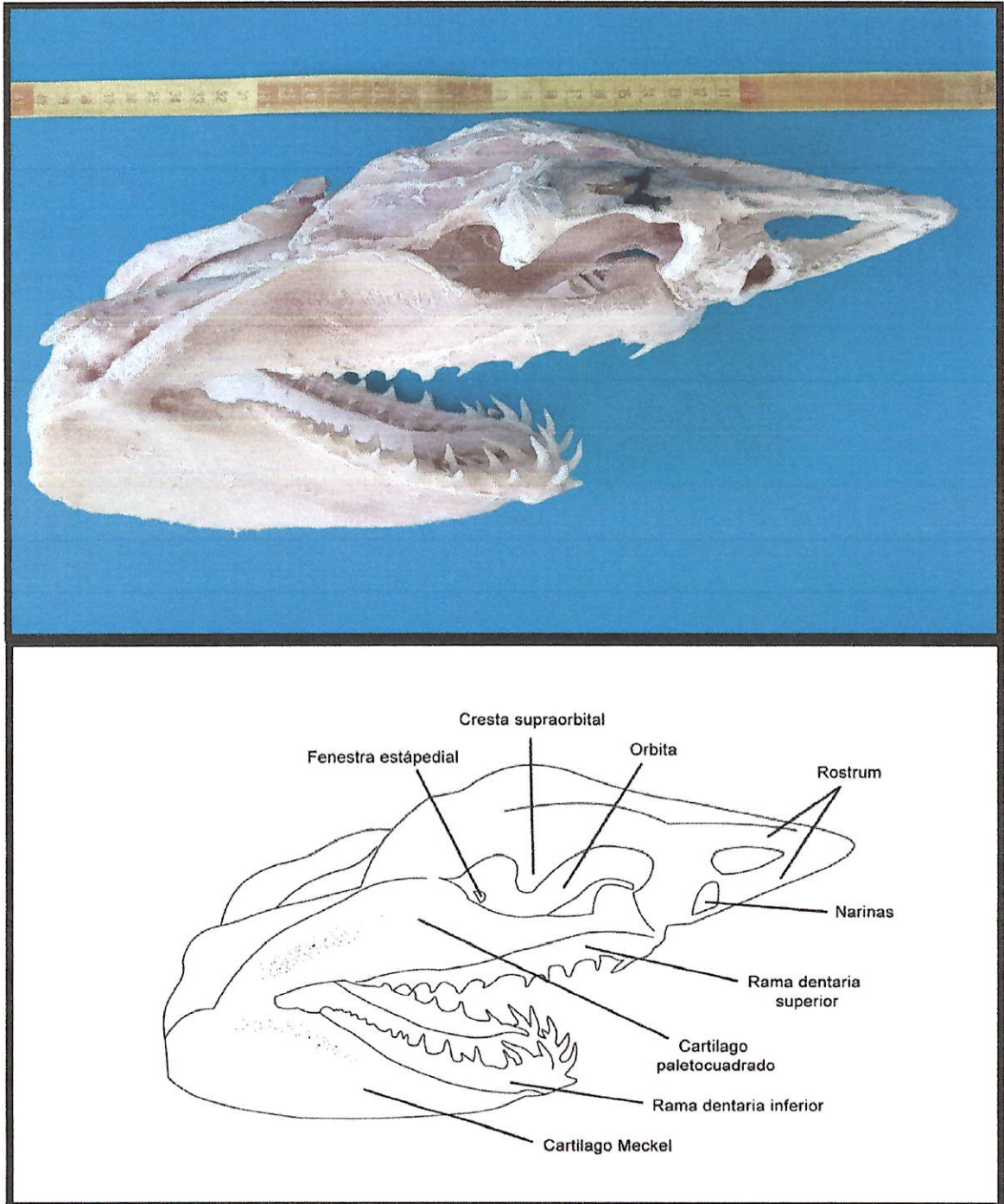
La rama dentaria tiene una forma alargada y ligeramente curvada adaptándose a la estructura general de la mandíbula, es más delgada hacia la parte anterior y se engrosa hacia la parte posterior, en su superficie superior la rama dentaria posee hileras de alvéolos dentarios que son depresiones donde se insertan los dientes que posteriormente reemplazarán a otros durante la vida del tiburón, los cuales llegan a perder durante el proceso de caza. La rama dentaria es la que sostiene los dientes del tiburón los cuales son alargados curvos y afilados característicos de la especie.

### **3.7 Cartílago Palatocuadrado (CP)**

Este cartílago alargado y robusto, se divide en dos partes la anterior (palatina) que está conectada a la base del cráneo y una posterior (cuadrada) que se une con el cartílago de Meckel mediante la articulación cuadrata mandibular, este cartílago presenta una ligera curvatura para adaptarse a la forma hidrodinámica.

### **3.8 Cartílago de Meckel (CM)**

Esta estructura cartilaginosa posee una forma alargada y curva, en su sección posterior se engrosa para conectarse con el cartílago palatocuadrado, en su parte anterior se conecta con la sínfisis que une ambas estructuras. Este cartílago es fundamental para la formación de la mandíbula jugando un papel crucial en la mecánica de la alimentación. Proporciona soporte y flexibilidad, la forma y disposición del cartílago de Meckel permiten que la mandíbula se articule adecuadamente con el cartílago palatocuadrado.



**Figura 6.** Vista lateral del condrocraqueo (*I. oxyrinchus*). Señalando las partes visibles de condrocraqueo: Fenestra estapedial (FE), Cresta supraorbital (CS), Orbita (O), Rostrum (R), Narinas (N), Rama Dentaria (RD), Cartilago Paletoc cuadrado (CP), Cartilago de Meckel (CM).

Las siguientes partes descritas se ejemplifican en la Figura 7.

### 3.9 Hioidemandibular (H)

El hioidemandibular posee una forma alargada y robusta con una ligera curvatura que le permite conectarse efectivamente con el cartílago palatoc cuadrado y la estructura del

condrocráneo, este cartílago, además, de brindar soporte también permite cierto grado de movilidad en la mandíbula superior facilitando el movimiento necesario para la apertura amplia y un cierre potente durante la captura de presas.

### **3.10 Foramen Magnum (FM)**

El foramen tiene una forma entre ovalada y circular lo suficientemente grande para permitir el paso del cordón medular, pero también ajustada para proteger la estructura nerviosa, sus bordes están bien definidos y los márgenes de éste son gruesos y robustos lo que refleja la necesidad de proteger esta zona, El foramen magnum permite la conexión directa entre el cerebro del tiburón y su médula espinal.

### **3.11 Fosa Parietal (FP)**

La fosa parietal es una depresión superficial, en el condrocráneo generalmente de forma elíptica o ligeramente circular su tamaño y profundidad depende el individuo, delimitada por las crestas craneales laterales que conforman los bordes de la bóveda craneal, este proporciona una ligera cavidad que puede servir de protección para las estructuras internas del cráneo.

### **3.12 Techo Craneal (TC).**

La forma que posee es convexa en su superficie superior, lo que proporciona una estructura hidrodinámica.

### **3.13 Foramina Superficial Oftalmológica (FSO)**

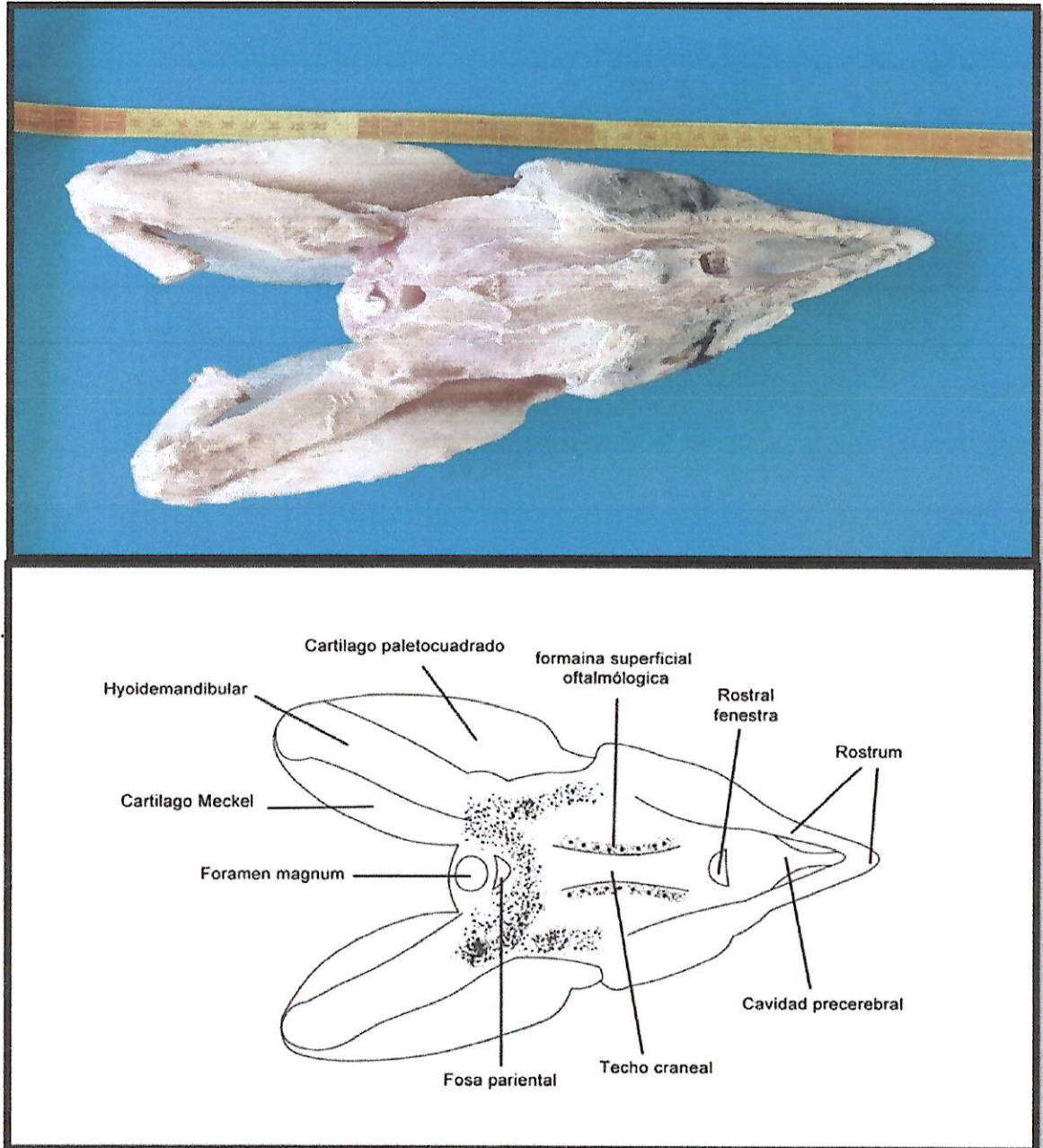
Esta estructura tiene una forma generalmente ovalada, aunque varían en tamaño y forma dependiendo del individuo, están bordeados por cartílagos. Estas aberturas son visibles en la superficie dorsal del cráneo, por encima de las órbitas.

### **3.14 Cavidad Precerebral (CPr)**

La cavidad tiene una forma alargada y cóncava ubicada en el centro rostral, la longitud de este depende del tamaño del tiburón y protege el bulbo olfativo, la cavidad también un papel en el aislamiento de las estructuras sensoriales.

### **3.15 Rostral Fenestra (RF)**

La fenestra se encuentra en la porción anterior del condrocráneo, en el rostrum o proyección alargada del cráneo que se extiende hacia adelante desde la región del cráneo, es generalmente de forma ovalada.



**Figura 7.** Vista dorsal del condrocraneo del (*I. oxyrinchus*). Señalando las partes visibles del condrocraneo: Hioidemandibular (H), Foramen Magnum (FM), Fosa Parietal (FP), Techo Craneal (TC), Foramina Superficial Oftalmológica (FSO), Cavidad Precerebral (CPr), Rostral Fenestra (RF).

Desde la vista ventral y frontal se aprecian las siguientes estructuras en la Figura 8.

### 3.16 Fosa Subetmoideal (FSb)

La fosa subetmoideal se encuentra en la parte ventral y anterior del condrocráneo, en la región del etmoides, una zona cartilaginosa, que forma parte del rostrum por debajo de



la región, entre las capsulas olfativas y las estructuras del rostrum, presenta una depresión cóncava situada en la base del rostrum de forma ovalada o triangular, los márgenes de la fosa son suaves y bien definidos lo que ayuda a delimitar las regiones sensoriales.

### **3.17 Muesca Orbital (MO)**

Ubicada en la región lateral del condrocáneo, específicamente en el área que forma parte del límite inferior de la órbita, situado entre los cartílagos supra orbitales y los que forman la base del cráneo, la muesca orbital tiene una forma de depresión o escotadura poco profunda de forma semi circular.

### **3.18 Cápsula Ótica (CO)**

Una estructura asociada con el sistema auditivo que ayuda al equilibrio del elasmobranquio (Ebert, 2011)., se encuentra cerca de la base del cráneo y alberga el odio interno del tiburón, está situada a ambos lados del condrocáneo.

### **3.19 Centrum Occipital (Coc)**

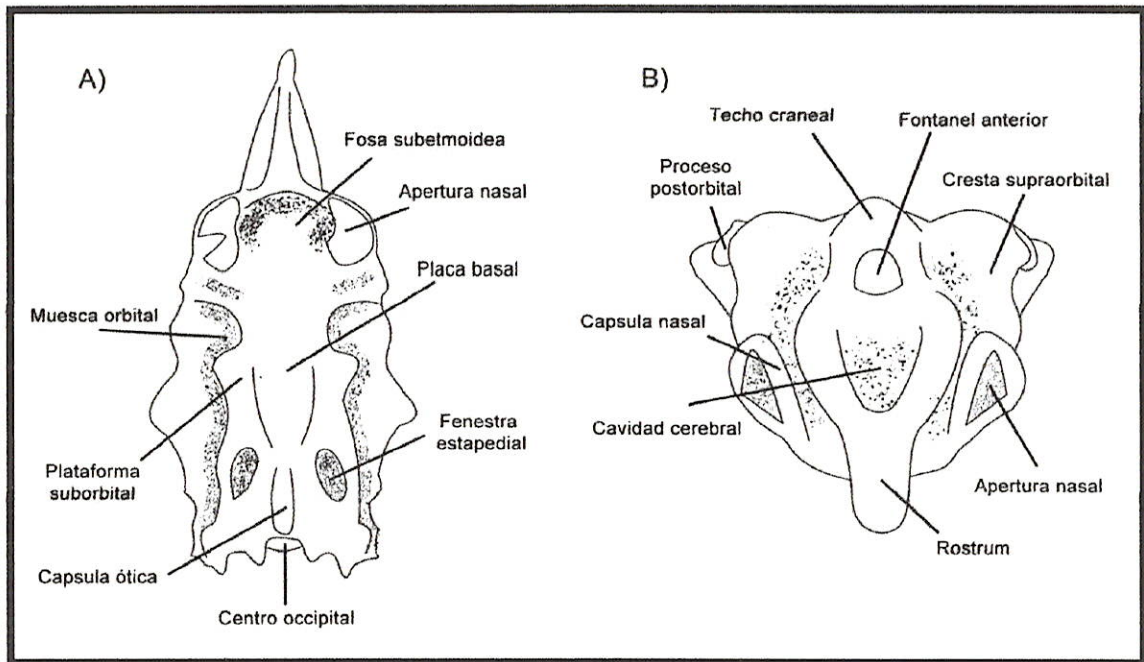
Se encuentra en la parte posterior del condrocáneo justo en la transición entre el cráneo y la columna vertebral, pose un forma cilíndrica u ovoide adaptada para poder alinearse con la primera vertebra, se logra apreciar una superficie ligeramente lisa presentado estriaciones correspondientes a las inserciones de músculo.

### **3.20 Cápsula Nasal (CN)**

La cápsula nasal, ubicada en la región anterior del condrocáneo, se asocia al sistema olfativo, situada en la región rostral. Esta estructura está enfocada en que las aberturas conocidas como narinas, dentro de esta estructura se encuentra las lamelas olfativas y las propias narinas, presenta una forma ovalada donde se alojan las estructuras internas (Maisey & Springer, 2013).

### **3.21 Fontanela Anterior (FA)**

Presenta una abertura alargada con forma ovalada ubicada en la región posterior al plato nasal, delimitada con las placas que forman el techo craneal, presenta una cubierta de un tejido fibroso conectivo que protege el espacio interno donde se encuentran las estructuras nerviosas.



**Figura 8.** Vista (A) ventral y Vista (B) frontal del condrocraqueo del I, *oxyrinchus*. Señalando las partes visibles: Fosa Subetmoideal (FSb), Muesca Orbital (MO), Placa Basal (PB), Plataforma Suborbital (PSb), Capsula Ótica (CO), Centro Occipital (COc). Vista (B): Rostrum ( R), Apertura Nasal (AP), Cuidad cerebral (C), Capsula Nasal (CN), Proceso postorbital (PP), Techo Craneal (TC), Fontanela anterior (FA), Cresta Supraorbital (CS).

#### 4. DISCUSIÓN

En esta sección se compararon las características de las diferentes estructuras con otras especies de tiburones de la misma familia y la función que cumplen cada una. En el caso de la **Fenestra Estapedial (FE)** esta abertura es crucial para la transmisión del sonido desde el oído medio hacia el oído interno está situada en la parte media de la cavidad timpánica y es el punto de contacto con el estribo, uno de los huesecillos del oído (Holmgren, 1941) describe que la fenestra estapedial de *Isurus oxyrinchus* es pequeña y ovalada, rodeada por cartílago compacto que protege las estructuras auditivas internas. En *Isurus paucus*, según Compagno (1990), la fenestra es proporcionalmente mayor, adaptada a hábitats profundos. Para *Carcharodon carcharias*, Bruce( 2009); Maisey & Springer (2013) reportan una fenestra más grande y redondeada, lo que sugiere un sistema auditivo especializado para detectar vibraciones. En contraste, *Lamna nasus* presenta una fenestra más pequeña, indicando menor sensibilidad auditiva según Maisey & Springer (2013).

Ebert,( 2011) describe que la **cresta supraorbital** de *Isurus oxyrinchus* es robusta y arqueada, protegiendo los ojos de impactos, mientras que Mollen et al. (2012) menciona

para *Isurus paucus* una cresta más plana, adaptada a entornos pelágicos. *Carcharodon carcharias* presenta una cresta prominente y curvada, ideal para cazar presas grandes a alta velocidad, a diferencia de lo indicado por Kimley & Aimley, (1998); Maisey & Springer,( 2013) para *Lamna nasus*, cuya cresta es menos desarrollada debido a su estilo de caza menos agresivo. Maisey & Springer,(2013) describen que *Isurus oxyrinchus* posee **órbitalas** ovaladas y grandes, optimizadas para un amplio campo visual y percepción de profundidad en caza rápida, similar a lo registrado por Mollen et al. (2012) para *Isurus paucus*, aunque en esta especie son más pequeñas, reflejando una estrategia de emboscada. Stone & Shimada,(2019) mencionan que *Carcharodon carcharias* tiene órbitas más circulares, ideales para emboscar. Stevens et al., (1983) mencionan que *Lamna nasus* presenta órbitas estrechas, adaptadas a un estilo de caza menos visualmente dependiente. En cuanto al **Rostrum** Compagno, (1989) describe el rostrum en *Isurus oxyrinchus* como alargado y puntiagudo, favoreciendo la hidrodinámica y equipado con ámpulas de Lorenzini para la detección sensorial. En el caso de *Isurus paucus* Mollen et al., (2012) menciona que es más corto y ancho, posiblemente asociado con una menor dependencia de altas velocidades en su entorno. En contraste Kimley & Aimley, (1998) menciona que el rostrum de *Carcharodon carcharias* es ancho y robusto, diseñado para soportar fuerzas intensas al capturar presas grandes como mamíferos marinos.

Las **Narinas** son estructuras importantes que desempeñan un papel crucial en la percepción olfativa del tiburón, ubicadas en la parte anterior de la cabeza y son responsables de la detección de olores en el agua lo que es esencial para la caza y la navegación. Ebert, (2011) menciona que las narinas de *Isurus oxyrinchus* son grandes y direccionales, optimizando la sensibilidad olfativa, mientras que en *Isurus paucus* son ligeramente más estrechas, adaptadas a presas lentas en aguas profundas. Maisey & Springer, 2013 describen que en *Carcharodon carcharias* las narinas son similares pero más grandes, ideales para detectar presas a largas distancias. Holmgren, 1941 menciona que en *Lamna nasus* son más pequeñas en proporción al cuerpo, reflejando una estrategia distinta para localizar presas.

Compagno, 2002 menciona que la **rama dentaria** de *Isurus oxyrinchus* es alargada, con dientes triangulares y afilados para desgarrar carne, similar a lo descrito por Dodrill & Gilmore (1979) en *Isurus paucus*, aunque con dientes menos afilados, adaptados a presas más blandas. Ebert (2011) señala que *Carcharodon carcharias* tiene una rama dentaria robusta con dientes grandes y aserrados, ideales para desgarrar mamíferos marinos. Maisey & Springer, (2013) describen que en *Lamna nasus* la rama dentaria es compacta, adaptada para capturar peces de baja velocidad. Luliis & Pulerà, (2011)

mencionan que *Isurus oxyrinchus* posee un **cartílago palatoc cuadrado** robusto y curvado, optimizando la maniobrabilidad en la captura de presas. Ebert, (2011) y Holmgren (1941) destacan que en *Carcharodon carcharias* este cartílago es más grande, soportando fuerzas de mordida potentes. En contraste, Maisey & Springer, (2013 ) describen que en *Lamna nasus* es más pequeño y menos curvado, reflejando una menor necesidad de maniobras precisas. Mientras que **el cartílago de Meckel** en *Isurus oxyrinchus* es alargado y curvado, optimizado para la alimentación depredadora. Ebert, (2011) señala que en *Carcharodon carcharias* este cartílago es más grueso, reflejando una mayor fuerza mandibular para desgarrar grandes presas. Maisey & Springer, (2013) describen que en *Lamna nasus* es menos robusto, adaptado a estrategias de caza menos agresivas. En cuanto al **hioidemandibular** en *Isurus oxyrinchus* es alargado, optimizando el movimiento mandibular para cazar presas rápidas. Holmgren, 1941 señala que en *Carcharodon carcharias* es más robusto, reflejando la fuerza para someter mamíferos marinos. Maisey & Springer, 2013 describen que en *Lamna nasus* tiene una robustez intermedia, indicando menor dependencia de la protrusión mandibular.

Ebert, 2011 menciona que *Isurus oxyrinchus* tiene un **foramen magnum** grande, optimizando la conexión cerebro-médula para su alta velocidad. Ehret et al., 2009 destacan que en *Carcharodon carcharias* es más robusto, brindando mayor protección ante tensiones de caza. Maisey & Springer, 2013 describen que en *Lamna nasus* y *Lamna ditropis* los forámenes son de tamaño intermedio, reflejando menor adaptación a velocidad extrema. **La fosa parietal** es poco profunda en *I. oxyrinchus* optimizada para agilidad, mientras que *Isurus paucus* tiene una fosa más profunda, mejorando la estabilidad y eficiencia en el desplazamiento. En *Carcharodon carcharias*, la fosa parietal es más prominente, según Maisey & Springer (2013) adaptada a las fuerzas mecánicas de cazar grandes presas, a diferencia de *Lamna nasus* y *Lamna ditropis*, donde las fosas son menos profundas, indicando menor necesidad de protección contra presiones mecánicas intensas. El **Techo Craneal** es crucial para la natación eficiente, esta morfología refleja una adaptación a la presión hidrostática del medio acuático, proporcionando al tiburón una ventaja en términos de velocidad, maniobrabilidad y resistencias durante sus actividades de caza (Holmgren, 1941; Ebeert, 2011; Maisey & Springer, 2013). En *Isurus oxyrinchus* es convexo, optimizado para la hidrodinámica y alta velocidad, mientras que *Isurus paucus* tiene una curvatura más pronunciada, favoreciendo la estabilidad en aguas tranquilas. Mollen et al.,( 2012) señalan que *Carcharodon carcharias* tiene un techo más robusto, diseñado para soportar grandes

fuerzas al cazar presas grandes. *Lamna nasus* y *Lamna ditropis* presentan techos más planos, adaptados a un estilo de vida menos dependiente de la velocidad extrema.

Maisey & Springer (2013) mencionan que las **foraminas superficiales oftalmológicas** en *Isurus oxyrinchus* son grandes, optimizando la percepción visual para cazar presas rápidas, mientras que en *Isurus paucus* son más estrechas, con menor dependencia de la visión. En *Carcharodon carcharias* las foraminas son más amplias, necesarias para detectar presas a mayores distancias, mientras que en *Lamna nasus* y *Lamna ditropis* son más pequeñas, indicando menor especialización visual. Maisey & Springer, 2013 mencionan que la **cavidad precerebral** en *Isurus oxyrinchus* es alargada y profunda, favoreciendo la especialización en el olfato, mientras que en *Isurus paucus* es más estrecha, reflejando menor dependencia de este sentido. En *Carcharodon carcharias* la cavidad es más grande, permitiendo detectar presas a largas distancias, mientras que en *Lamna nasus* y *Lamna ditropis* las cavidades son más pequeñas, indicando menor especialización olfativa. En cuanto a la **Fenestra Rostral** Maisey & Springer, 2013 mencionan que en *Isurus oxyrinchus* es grande, optimizando la detección de presas por olfato, mientras que en *Isurus paucus* es moderada, indicando menor dependencia de este sentido. *Carcharodon carcharias* tiene una fenestra prominente, adaptada a la detección precisa de presas, mientras que en *Lamna nasus* y *Lamna ditropis* es más pequeña, reflejando menor especialización olfativa., **La fosa subetmoideal** en *Isurus oxyrinchus* es profunda, protegiendo los órganos olfativos durante la natación rápida, mientras que en *Isurus paucus* es menos profunda, con menor especialización en el olfato. *Carcharodon carcharias* tiene una fosa más grande para proteger los órganos sensoriales a mayores profundidades, mientras que *Lamna nasus* y *Lamna ditropis* presentan fosas más pequeñas, sugiriendo menor dependencia del olfato.

Maisey & Springer, (2013) mencionan que la **muesca orbital** en *Isurus oxyrinchus* es profunda, protegiendo las estructuras nerviosas y vasculares, mientras que en *Isurus paucus* es más superficial. *Carcharodon carcharias* tiene una muesca más robusta para la caza de grandes presas, y *Lamna nasus* y *Lamna ditropis* presentan muescas menos profundas, reflejando menor presión mecánica durante la caza. Estas variaciones son adaptaciones a las demandas biomecánicas de cada especie. Respecto a la cápsula óptica de *Isurus oxyrinchus*, Maisey & Springer, (2013) mencionan que es robusta, optimizada para el equilibrio en alta velocidad, mientras que en *Isurus paucus* es más pequeña. *Carcharodon carcharias* tiene una cápsula óptica más grande, adaptada a la

caza de grandes presas, mientras que *Lamna nasus* y *Lamna ditropis* tienen cápsulas más pequeñas, reflejando un menor enfoque en la velocidad y maniobrabilidad. El **Centrum Occipital** está adaptado a la natación rápida, siendo más robusto en *Isurus paucus*. *Carcharodon carcharias* tiene un centro más grande y fuerte para soportar esfuerzos mecánicos durante la caza, mientras que *Lamna nasus* y *Lamna ditropis* presentan centros más pequeños, adecuados a menores demandas de fuerzas mecánicas extremas. Maisey & Springer, 2013 mencionan que la **cápsula nasal** de *Isurus oxyrinchus* es ovalada y especializada para la detección rápida de presas mediante el olfato, esencial para su caza en alta velocidad. En comparación, *Isurus paucus* tiene una cápsula más pequeña, adaptada a una caza basada en emboscadas en aguas profundas. Las especies del género *Lamna* presentan cápsulas nasales aún más pequeñas, reflejando una menor dependencia del olfato. **La fontanela anterior** en *Isurus oxyrinchus* es amplia, permitiendo mayor flexibilidad craneal para aceleraciones rápidas y alta velocidad. En *Isurus paucus*, la fontanela es más estrecha, adaptada a un movimiento menos exigente. *Carcharodon carcharias* tiene una fontanela robusta para mayor soporte estructural durante la caza de grandes presas, mientras que las especies del género *Lamna* presentan fontanelas más pequeñas, reflejando un estilo de vida menos centrado en maniobrabilidad rápida (Maisey & Springer, 2013).

## 5. CONCLUSIÓN

La anatomía craneal del *Isurus oxyrinchus* revela estructuras especializadas que cumplen funciones clave para su supervivencia en el medio marino. La fenestra estapedial, fundamental para la transmisión de sonidos al oído interno, está rodeada por cartílago compacto que protege y estabiliza sus componentes auditivos. Estructuras como la cresta supraorbital y la órbita muestran adaptaciones robustas que protegen los ojos y facilitan una visión amplia, crucial para la caza. El rostrum, con su diseño hidrodinámico, mejora la eficiencia natatoria y aloja órganos sensoriales como las ampollas de Lorenzini, esenciales para la detección de presas.

El condrocraáneo del tiburón incluye elementos como la rama dentaria, adaptada para soportar dientes reemplazables ideales para su dieta depredadora, y cartílagos mandibulares como el paletocuadrado y de Meckel, que permiten una mecánica mandibular eficiente. Otras estructuras, como el hioidemandibular, facilitan la movilidad y protrusión mandibular, maximizando la captura de presas. La disposición y morfología de estos elementos reflejan una evolución precisa para cazar en entornos de alta velocidad.

Adicionalmente, componentes como la cápsula nasal y la cavidad precerebral resaltan la importancia del sistema olfativo, mientras que elementos como el foramen magnum y las fosas craneales protegen el sistema nervioso y aseguran la estabilidad estructural del cráneo. Estas características combinadas demuestran adaptaciones anatómicas complejas que optimizan la percepción sensorial, la caza y la supervivencia del \*I. oxyrinchus\*.

Finalmente, el condrocráneo del *Isurus oxyrinchus* exhibe una serie de adaptaciones anatómicas complejas que reflejan su estilo de vida depredador y su capacidad de supervivencia en entornos marinos exigentes. Desde estructuras especializadas en la percepción sensorial, como el rostrum y las cápsulas nasal y ótica, hasta elementos que garantizan la movilidad y protección, como el hioidmandibular y las crestas craneales, cada componente cumple una función crucial. Esta integración estructural no solo optimiza la caza y la navegación, sino que también garantiza la estabilidad, eficiencia y maniobrabilidad necesarias para prosperar como un depredador ágil y efectivo en el océano.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi mas profundo agradecimiento a la Dra. Maribel Carrera, cuya guía, apoyo incondicional, dedicación y a todos los conocimientos impartidos que fueron fundamental para alcanzar este logro. A mi familia por el amor, paciencia y constante respaldo, extendiendo mi gratitud al Blgo. Jefferson Mendoza Mero por su valiosa ayuda en la recolección de muestras, asimismo agradezco a la Blga. Sheyla Sabando por su apoyo y amistad.

Al grupo de investigación de ShaREP por su colaboración en el proceso de limpieza de las muestras, finalmente a cada una de las amistades que he forjado a lo largo de mi carrera, les agradezco por haber hecho de este viaje una experiencia inolvidable, cada momento compartido, cada risa y cada enseñanza quedaran guardados en mi memoria como un recordatorio de uno mis mejores logros.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, R. L. (1998). Blood supply to the eyes and brain of lamniform sharks (Lamniformes). *Journal of Zoology*, 245(3), 363-369. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1998.tb00111.x>

Compagno, L. J. V. (1990). Relationships of the megamouth shark, *Megachasma pelagios* (Lamniformes: Megachasmidae), with comments on its feeding habits. NOAA Tech. Rep. NMFS, 90, 357-379.

Compagno, L. J. V. (2002). Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Vol. 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). FAO Species Catalogue for Fishery Purposes (FAO).

De Iuliis, G., & Pulerà, D. (2011). CHAPTER 3—The Shark. En G. De Iuliis & D. Pulerà (Eds.), *The Dissection of Vertebrates (Second Edition)* (pp. 27-77). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375060-0.00003-6>

Dodrill, J. W., & Gilmore, R. G. (1979). First North American continental record of the longfin mako (*Isurus paucus* Guitart Manday). *Florida Scientist*, 52-58.

Ebert, D. A. (2011). Deep-sea cartilaginous fishes of the southeastern pacific ocean ISSN 1020-8682: Vol. No. 10. FAO. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-00124-X>

Ehret, D. J., Hubbell, G., & Macfadden, B. J. (2009). Exceptional preservation of the white shark *Carcharodon* (Lamniformes, Lamnidae) from the early Pliocene of Peru. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 29(1), 1-13. <https://doi.org/10.1671/039.029.0113>

FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. (s. f.).

Holmgren, N. (1941). Studies on the head in fishes embryological, morphological, and phylogenetical researches: part ii: Comparative anatomy of the adult selachian skull, with remarks on the dorsal fins in sharks. *Acta Zoologica*, 22(1-3), 1-100. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.1941.tb00340.x>

Klimley, A. P., & Ainley, D. G. (1998). *Great white sharks: The biology of *Carcharodon carcharias**. Academic Press.



Lana, F. D. O. (s. f.). Morfología, Identificación Molecular E Movimentação Do Tubarão Lombo-Preto, *Carcharhinus Falciformis* (Bribon, 1939), No Atlântico Oeste Tropical.

Lana, F., Soares, K. D. A., Hazin, F. H. V., & Gomes, U. L. (2021). Description of the chondrocranium of the silky shark *CARCHARHINUS FALCIFORMIS* with comments on the cranial terminology and phylogenetic implications in carcharhinids (Chondrichthyes, Carcharhiniformes, Carcharhinidae). *Journal of Morphology*, 282(5), 685-700. <https://doi.org/10.1002/jmor.21339>

Maisey, J. G. (2008). The postorbital palatoquadrate articulation in elasmobranchs. *Journal of Morphology*, 269(8), 1022-1040. <https://doi.org/10.1002/jmor.10642>

Maisey, J. G., & Springer, V. G. (2013). Chondrocranial Morphology of the Salmon Shark, *Lamna ditropis*, and the Porbeagle, *L. nasus* (Lamnidae). *Copeia*, 2013(3), 378-389. <https://doi.org/10.1643/CG-12-130>

Mollen, F. H. (2010). A partial rostrum of the porbeagle shark *Lamna nasus* (Lamniformes, Lamnidae) from the Miocene of the North Sea Basin and the taxonomic importance of rostral morphology in extinct sharks. *Geologica Belgica*. <https://popups.uliege.be/1374-8505/index.php?id=3401>

Mollen, F. H., Wintner, S. P., Iglesias, S. P., Van Sommeran, S. R., & Jagt, J. W. (2012). Comparative morphology of rostral cartilages in extant mackerel sharks (Chondrichthyes, Lamniformes, Lamnidae) using CT scanning. *Zootaxa*, 3340(1), 29-43.

Motta, P., Habegger, M. L., Lang, A., Hueter, R., & Davis, J. (2012). Scale morphology and flexibility in the shortfin mako *Isurus oxyrinchus* and the blacktip shark *Carcharhinus limbatus*. *Journal of Morphology*, 273(10), 1096-1110. <https://doi.org/10.1002/jmor.20047>

Parker, W. K. (1878). On the Structure and Development of the Skull in Sharks and Skates. *The Transactions of the Zoological Society of London*, 10(4), 189-234. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1878.tb00286.x>

Patricia, F.-W., Guzman, D., Iñigo, B., Urtzi, I., Maria, B. J., & Manu, S. (2019). Morphological Characterization and Hydrodynamic Behavior of Shortfin Mako Shark (*Isurus oxyrinchus*) Dorsal Fin Denticles. *Journal of Bionic Engineering*, 16(4), 730-741. <https://doi.org/10.1007/s42235-019-0059-7>

Stevens, J. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57(3), 476-494. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0724>

Stevens, J. D., Dunning, M. C., & Machida, S. (1983). Occurrence of the porbeagle shark, *Lamna nasus*, in the Tasman Sea. *Japanese Journal of Ichthyology*, 30(3), 301-307.

Stone, N. R., & Shimada, K. (2019). Skeletal anatomy of the bigeye sand tiger shark, *Odontaspis noronhai* (Lamniformes: Odontaspidae), and its implications for lamniform phylogeny, taxonomy, and conservation biology. *Copeia*, 107(4), 632-652.