



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y  
TECNOLOGÍAS**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Modalidad Artículo Académico**

**Tema**

**Edad y Crecimiento del tiburón cazón *Mustelus henlei* (Gill,  
1863), del océano Pacífico Ecuatoriano**

**Autor**

**Josue Santiago Conforme Aguilera**

**Jean Josue Delgado Mero**

**Periodo 2024 - 2**

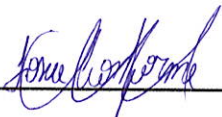
**Tutor: Jesús Briones-Mendoza, PhD.**

## Declaración de autoría

Conforme **Aguilera Josue Santiago** y **Delgado Mero Jean Josue** declaramos que hemos concluido la realización del trabajo de titulación bajo la modalidad de Artículo Académico previo a la obtención del título de Biólogo, con el tema: **“Edad y crecimiento del tiburón *Cazón Mustelus henlei* (Gill 1963) en el Pacífico Ecuatoriano.”**

Se ha revisado la versión final del manuscrito y apruébanos su presentación para su publicación. Nos encontramos en el derecho de asegurar que este trabajo es original, y no ha sido publicado previamente.

Firma:



---

Conforme Aguilera Josue Santiago


C.I: 131645096-2



---

Delgado Mero Jean Josue

C.I: 135053139-6

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad Ciencias de la Vida y Tecnología de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

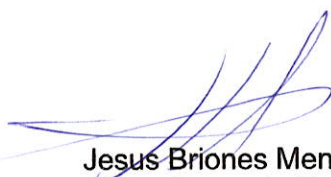
Haber dirigido, revisado y aprobado el Trabajo de investigación/artículo académico, bajo la autoría del estudiante **Delgado Mero Jean Josue** legalmente matriculado en la carrera de biología, período académico 2024-2025, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación de artículo académico, cuyo tema del proyecto es **“Edad y Crecimiento del tiburón cazón *Mustelus henlei* (Gill, 1863), del océano 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, y la originalidad del mismo, requisitos 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, 18 de diciembre de 2024.

Lo certifico,



Jesus Briones Mendoza PhD  
**Docente Tutor**  
**Área: Ciencias pesqueras**

 <b>Uleam</b> <small>UNIVERSIDAD LAICA</small> <small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	<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>BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	<b>REVISIÓN: 1</b>  Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad Ciencias de la Vida y Tecnología de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:


Haber dirigido, revisado y aprobado el Trabajo de investigación/artículo académico, bajo la autoría del estudiante **Conforme Aguilera Josue Santiago** 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 **“Edad y Crecimiento del tiburón cazón *Mustelus henlei* (Gill, 1863), del océano 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, y la originalidad del mismo, requisitos 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, 18 de diciembre de 2024.

Lo certifico,

  
**Jesus Briones Mendoza PhD**  
**Docente Tutor**  
**Area: Ciencias pesqueras**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLÓGICAS**  
**CARRERA DE BIOLOGÍA**

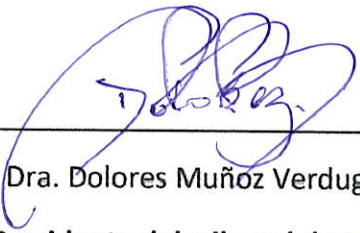
**Modalidad Artículo Académico**

**EDAD Y CRECIMIENTO DEL TIBURÓN CAZÓN *MUSTELUS HENLEI* (GILL 1863) EN EL  
PACÍFICO ECUATORIANO.**

**Autores:**

Conforme Aguilera Josue Santiago


Delgado Mero Jean Josue



Dra. Dolores Muñoz Verduga, PhD  
**Presidente del tribunal de Titulación**



Blga. Maribel Carrera Fernández, PhD  
**Miembro Tribunal de Titulación**



Blgo. Klever Mendoza Nieto, PhD  
**Miembro Tribunal de Titulación**

# Edad y Crecimiento del tiburón cazón *Mustelus henlei* (Gill, 1863), del océano Pacífico Ecuatoriano

Josue Conforme-Aguilera <sup>1</sup>; Jean Delgado-Mero <sup>1</sup>

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

Correo: [jca.1316450962@gmail.com](mailto:jca.1316450962@gmail.com), [jeanjdm123@gmail.com](mailto:jeanjdm123@gmail.com)

## Resumen

Se realizó este estudio con el motivo de generar nueva información, mediante el análisis y lectura de las vértebras de *Mustelus henlei*, en donde se recolectaron muestras en la zona pesquera de Jaramijó-Manabí-Ecuador, desde agosto del 2023 a julio del 2024. En total se obtuvieron 164 individuos que constaban de 97 hembras y 67 machos con tallas que oscilaban entre 43.30 – 70.40 cm LT (media  $\pm$  SD: 55.28  $\pm$  6.35) y 42 – 58.5 cm LT (media  $\pm$  SD: 51.93  $\pm$  4.07) respectivamente. Las edades estimadas comprendieron entre 2 y 7 años para hembras y para machos entre 2 y 4 años. Se encontraron diferencias significativas entre sexo con un ( $p < 0.05$ ), demostrando mayor crecimiento en hembras a comparación de machos. Para las curvas de crecimiento se tomaron en cuenta dos enfoques estadísticos; multimodelos frecuentistas y bayesianos, a través de los criterios de información AIC Y exclusión LOOIC, de los cuales el que más se ajustó para estos datos fue el enfoque bayesiano, con modelo Von bertanlaffy, con los siguientes datos para combinados, ( $L_{\infty} = 94,23$  cm LT,  $g = 0.14$ ), para hembra ( $L_{\infty} = 94,81$  cm LT,  $g = 0.13$ ) y para macho ( $L_{\infty} = 78,68$  cm LT,  $g = 0.29$ ).

Palabras claves: Historia de vida, pacifico ecuatoriano, modelos bayesianos.

## Abstract

This study was carried out with the aim of generating new information through the analysis and reading of the vertebrae of the species, samples were collected in the fishing zone of Jaramijó-Manabí-Ecuador, from August 2023 to July 2024. A total of 164 individuals were obtained, consisting of 97 females and 67 males with lengths ranging from 43.30 - 70.40 cm LT (mean  $\pm$  SD: 55.28  $\pm$  6.35) and 42 - 58.5 cm LT (mean  $\pm$  SD: 51.93  $\pm$  4.07) respectively. Age estimates ranged from 2 to 7 years for females and from 2 to 4 years for males. Significant differences were found between sexes with a ( $p < 0.05$ ), showing higher growth in females compared to males. For the growth curves, two statistical approaches were taken into account; frequentist and Bayesian multi-models, through the information criteria AIC and LOOIC exclusion, of which, the one that best fitted these data was the bayesian approach, with Von bertanlaffy model, with the next data for both sex ( $L_{\infty} = 94.23$  cm LT,  $g = 0.14$ ), for female ( $L_{\infty} = 94.81$  cm LT,  $g = 0.13$ ) and for male ( $L_{\infty} = 78.68$  cm LT,  $g = 0.29$ ).

Key words: Life history, Ecuadorian Pacific, Bayesian models.

## 1. INTRODUCCIÓN:

El tiburón Cazón pardo (*Mustelus henlei*) Gill, 1863, de la familia Triakidae, es una especie con gran abundancia en ambientes acuáticos templados y tropicales, se encuentra en la plataforma continental, aunque principalmente habita en aguas más profundas. Así mismo, se han identificado poblaciones en bahías cerradas, con mayor frecuencia en zonas con fondos fangosos y arenosos, alcanzando un rango de profundidad de hasta 200 metros desde la zona intermareal (Rodríguez-Romero et al., 2013). El tiburón cazón pardo tiene una distribución geográfica que abarca la costa oriental del Océano Pacífico, desde el norte de California (EE. UU.) hasta el Golfo de California en lo que corresponde a su distribución en la zona norte, y desde Ecuador hasta Perú en su distribución del sur (Rodríguez-Romero et al., 2013).

La especie es pequeña, tiene un cuerpo delgado y una cabeza corta. Sus ojos son pequeños y de forma ovalada, con un espiráculo visible detrás de ellos. Los dientes son pequeños y asimétricos. Su dorso es de un tono café claro, mientras que la parte ventral es blanca. La primera aleta dorsal tiene forma triangular y un margen posterior desgarrado, originándose por encima del extremo de las aletas pectorales (Compagno, 1984; Méndez, 2008). La segunda aleta dorsal es más extensa que la aleta anal. Las aletas pectorales y el pedúnculo caudal tienen dimensiones moderadamente largas, (Compagno, 1984); el tamaño promedio varía de 50 cm a 70 cm; una longitud total máxima de alrededor de 95 cm; es vivípara aplacentaria; presenta de 1 a 18 crías por camada; tamaño al nacer de 19 cm a 21 cm LT; los machos y las hembras alcanzan la madurez sexual a un tamaño que varía de 51 cm a 63 cm LT (Fischer et al., 1995). Existen pocos estudios sobre la dieta de *M. henlei* en los cuales se ha reportado que se alimenta principalmente de camarones, crustáceos, peces (Russo, 1975; Talent, 1982; Gómez C. et al., 2003) y poliquetos (Haesker & Czech, 1993). Se clasifica como un depredador terciario o mesodepredador. (Cortés, 1999).

A pesar de tener un interés comercial (Silva Santos, 2012), llegan a las costas de Ecuador como parte de una captura incidental, al igual que otros tiburones del océano Pacífico oriental, ya sea por pescas industriales o artesanales (Coello Salazar & Herrera, 2018), otros condriictios suelen ser descartados por tallas (Lamilla et al., 2008). Esto ha limitado la realización de estudios sobre edad y crecimiento sobre *M. henlei*, por lo que resulta necesario generar datos estadísticos que pueden utilizarse por instituciones reguladoras de pesca en Ecuador, la presente investigación determinara la edad y crecimiento de *M. henlei*. En relación con su ciclo de vida, se estima que tiene una duración aproximada de 15 años (Méndez, 2008), se han llevado a cabo diversos estudios en aguas templadas, y se ha observado que la edad y el crecimiento del tiburón *M. henlei* muestran variaciones significativas entre diferentes regiones geográficas a lo largo de su rango de distribución. (Méndez, 2008; Yudin & Cailliet, 1990). Teniendo en cuenta esta variabilidad, se podría anticipar que se obtendrían datos distintos en las aguas tropicales del océano ecuatoriano.

## 2. Materiales y métodos:

### Área de estudio

El muestreo se realizó en el muelle de Jaramijó ( $0^{\circ}56'35''\text{S}$   $80^{\circ}38'17''\text{W}$ ) (Fig. 1) en un periodo de agosto del 2023 a julio del 2024 se realizaron visitas al muelle 3 veces por semana dependiendo de la disponibilidad de tiempo, en las cuales explicábamos el trabajo a realizar y amablemente los comerciantes/pescadores nos permitían acceder al recurso.

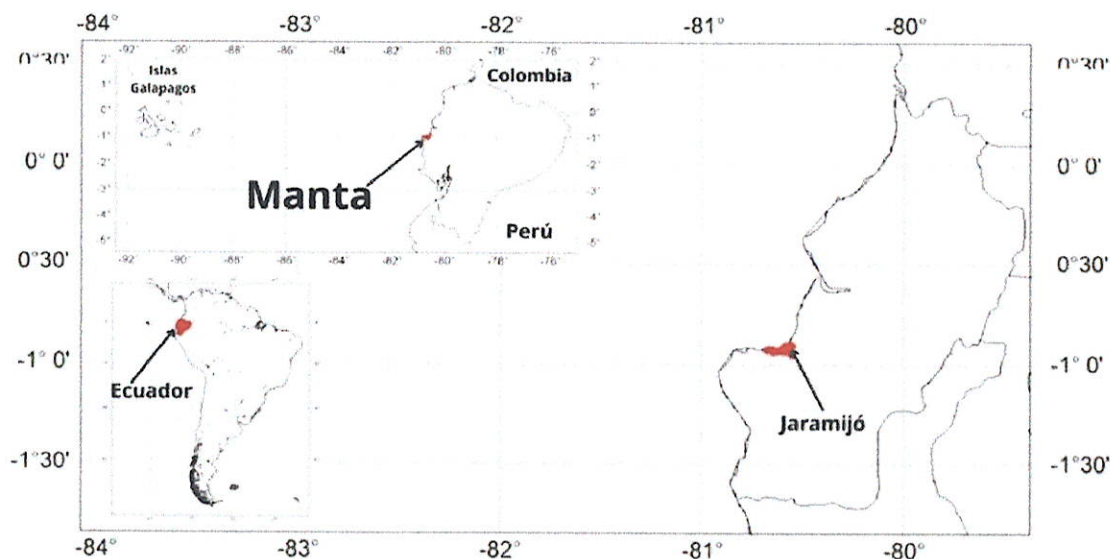


Figura 1. Lugar en donde se realizó el muestreo.

### Trabajo de campo

Los especímenes descargados en el muelle serán medidos en (cm) lo más preciso posible a partir de una cinta métrica (la misma en cada uno de los muestreos para evitar sesgos), se tomarán datos de longitud total (LT), longitud precaudal (LP) y longitud Interdorsal (LIP) (Fig. 2), e identificación del sexo.

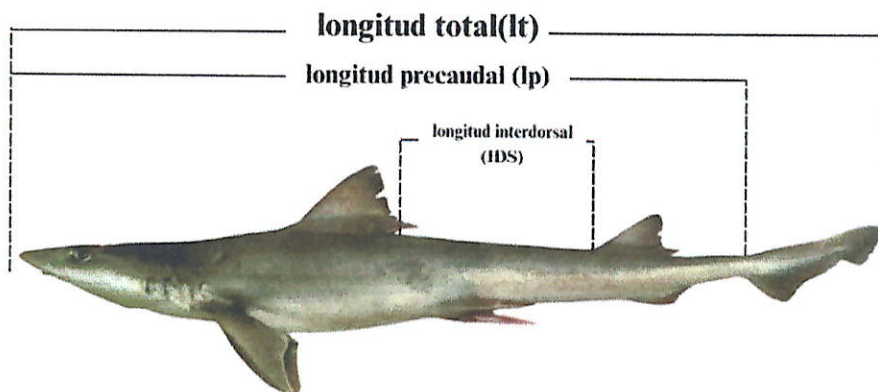


Figura 2. Tipos de medidas aplicadas en el muestreo, A (Longitud total), B (Longitud precaudal), C (Longitud Interdorsal). Fuente: Tomado y modificado de (Martínez-Ortiz, 2010)

Una vez completadas las mediciones del tiburón, se mantendrá la disposición en el mismo orden inicial para conservar la secuencia en la hoja de registro. A continuación, se obtendrán muestras de vértebras



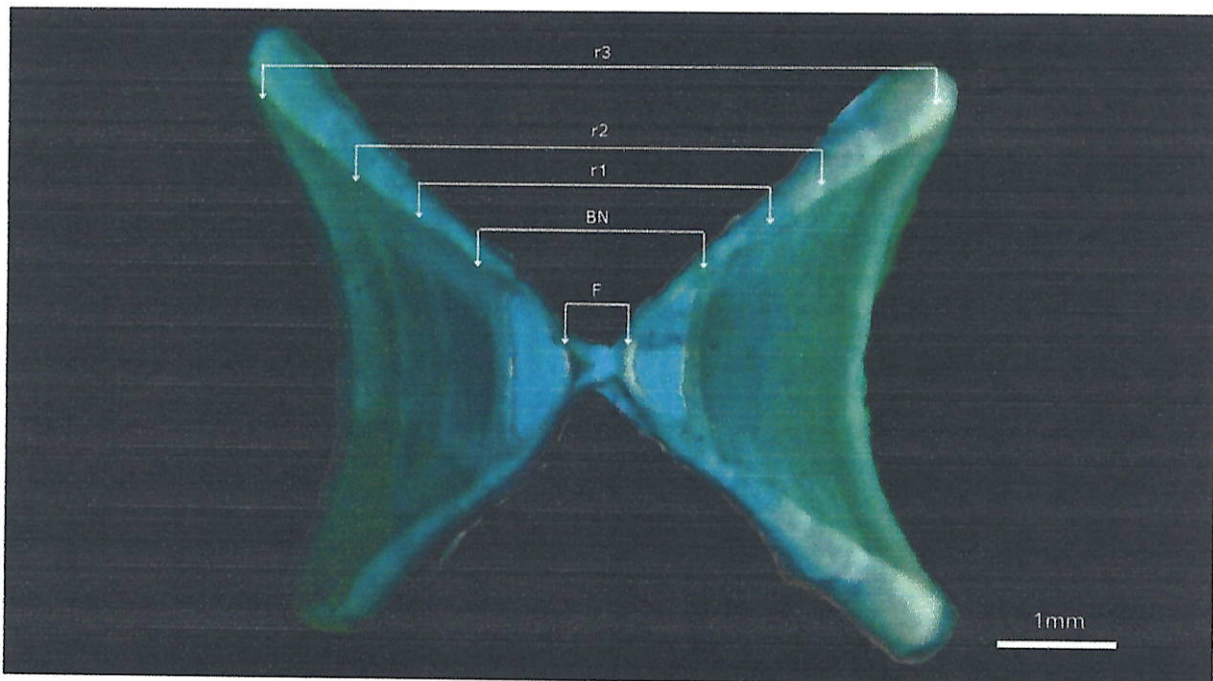
de la región cervical y en caso de que el comerciante lo permita las obtendremos debajo de la primera aleta dorsal ya que ahí se encuentran las de mayor tamaño. Este procedimiento se ha seleccionado debido a que estas muestras son las más accesibles y recomendadas por la mayoría de los autores, (Cailliet et al., 1983). Luego de extraerlas procedemos a guardarlas en fundas transparentes con el objetivo de rotularlas con el número de muestra, sexo y fecha. Por último, se almacenarán en refrigeración para mantenerlas en estado óptimo.

### Trabajo de laboratorio

Una vez las muestras fueron descongeladas, se las procederá a limpiar, lo cual consiste en retirar el tejido, arcos neurales y hemales, con ayuda de un bisturí, después de seccionar las vértebras serán sumergidas en hipoclorito de sodio al 10% para quitarles tejidos residuales, para retirar cualquier residuo del hipoclorito de sodio se enjuagaran con agua, una vez finalicemos este proceso se dejará secar al aire libre, todo rotulado respectivamente para no perder el orden en el que las vértebras fueron recolectadas.

Una vez las vértebras estén secas se adherirán a paletas de madera utilizando cianoacrilato y se cortarán sagitalmente mediante una sierra de doble cuchilla de baja velocidad, específicamente la Isomet Buehler. Los cortes tendrán un grosor que oscilará entre 0,2 y 0,3 mm, generando una sección con una forma similar a un corbatín. (Méndez, 2008)

### Tinción



**Figura 3.** fotografía de un corbatín seccionado con 0.2mm de grosor, correspondiente a un hembra de *M. henlei* capturado en el Pacífico Sur Ecuatoriano de 53 cm LT, cuya edad estimada fue de 3 años. F representa al foco, BN: banda de nacimiento, r: bandas anuales.

Antes de la lectura se buscó la forma más asequible para que las bandas de nacimiento se visualizaran de la mejor forma posible, lo que nos llevó a testear varios tintes en diferentes concentraciones (Nitrato de plata, Azul de metileno, aceite de inmersión, verde claro) (Pérez-Rojas et al., 2020), probando estos tintes con diferentes métodos (a contra luz, sin luz, a luz directa y con fondo negro) (Mora Zamacona, 2017), tiñendo corbatín y vertebra, esto con el fin de despejar cualquier duda referente al tinte usado, luego de varias pruebas determinamos que el método y tinte que mejores resultados nos daría, sería colocar a contraluz el corbatín, tiñéndolo con verde claro diluido en agua destilada en una proporción de 1 a 1 (Fig. 3).

#### **Determinación y validación de la edad.**

La edad de los tiburones se determinó mediante la observación y conteo de las bandas opacas y traslúcidas presentes en las vértebras (Cailliet & Goldman, 2004). La lectura se llevó a cabo teniendo en cuenta el punto de vista de los dos lectores llevando registro de la edad en el Excel de la base de datos. Debido a que hay dos puntos de vista la lectura podría coincidir como no, en caso de que coincidiera se aceptaba la edad determinada. En caso de discrepancia, se realizaba nuevamente la lectura y se buscaba llegar a un acuerdo entre los dos lectores (D'Alberto et al., 2016).

Para la lectura se utilizó un microscopio digital con cámara integrada, en el cual fotografiaba las vértebras y corbatines para una posterior lectura en caso de que se necesitase por alguna discrepancia en los puntos de vista.

#### **Precisión y sesgo.**

Al momento de evaluar la precisión, se realizó un cálculo del porcentaje de acuerdo entre los lectores (PA), utilizando la siguiente expresión descrita por (Goldman, 2005):

$$PA = \frac{\text{Número de acuerdos}}{\text{Número de vértebras leídas}} * 100$$

Se estimó el error porcentual promedio (APE, por sus siglas en inglés) (Beamish & Fournier, 1981):

$$APE = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)}{X_j} * 100$$

El coeficiente de variación (CV) también se calculó para evaluar la precisión (Chang, 1982; Campana, 2001)

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2}{R - 1}}}{X_j} * 100$$

Se usaron distintas variables para el análisis de edad de los tiburones. Siendo las presentes: R, refiriéndose al número de veces que se calculó la edad del tiburón; X<sub>j</sub>, hace mención a la edad promedio

calculada para el tiburón  $j$ -ésimo; y  $X_{ij}$ , que corresponde a la  $i$ -ésima edad calculada para el tiburón  $j$ -ésimo. Para verificar si existía algún sesgo sistemático entre las lecturas de ambos lectores, se usó la prueba de simetría de Bowker (Hoenig et al., 1995). Asimismo, se examinó visualmente el sesgo entre los dos lectores mediante un gráfico propuesto por (Campana et al., 1995). Todos los análisis de precisión y de sesgo se llevaron a cabo usando el paquete FSA (Ogle et al., 2017) mediante el lenguaje de programación R (R Core Team & Team, 2021).

### Modelos de crecimiento

El estudio se basó en investigaciones previas (Emmons et al., 2021; Smart & Grammer, 2021) donde se emplearon dos enfoques para estimar los parámetros de edad y crecimiento. En donde como primer paso, se aplicó un enfoque multimodelo bayesiano a través del paquete BayesGrowth (Smart, 2020; Smart & Grammer, 2021). posteriormente se utilizó un enfoque multimodelo frecuentista utilizando el paquete Aquaticlifehistory (Smart et al., 2016; Smart, 2019) con el fin de comparar ambos modelos, teniendo claro que los multimodelos bayesianos son el enfoque principal.

### Curvas de crecimiento

A los datos obtenidos de longitud total-edad, se ajustaron tres modelos, para describir el crecimiento de *M. henlei*.

#### 1) von Bertalanffy con dos parámetros (VBGM-2) (von Bertalanffy 1983).

La función de crecimiento de von bertalanffy, es una de las funciones más utilizadas dentro de la biología pesquera desde su introducción a la ciencia pesquera por Beerton & Holt 1957.

Este modelo también ha sido frecuentemente utilizado en los estudios de crecimiento de numerosas especies de elasmobranquios (Cailliet & Goldman, 2004). Su modelo es:

#### VBGM-2

$$L_t = L_\infty - (L_\infty - L_0) \cdot e^{(-kt)}$$

#### 2) Gompertz con dos parámetros (GGM-2) (Ricker 1979).

Este modelo de crecimiento se suele ajustar a especies específicas de tiburones (Wintner et al., 2002),, aunque es más aplicado para peces batoideos (Mollet et al., 2002) y es una función en forma de S similar a la de la función logística.

#### GGM-2

$$L_t = L_\infty \cdot e(-e^{-k(t-t_0)})$$

#### 3) Logístico con dos y parámetros (LGM-2) (Ricker 1979).

Al igual que el modelo de Gompertz, este define una curva de tipo sigmoideal. Su modelo es:

#### LGM-2

$$L_t = L_\infty \cdot \left( 1 + \left( \frac{L_\infty - L_0}{L_\infty} \right) \cdot (e^{-kt}) \right) - 1$$

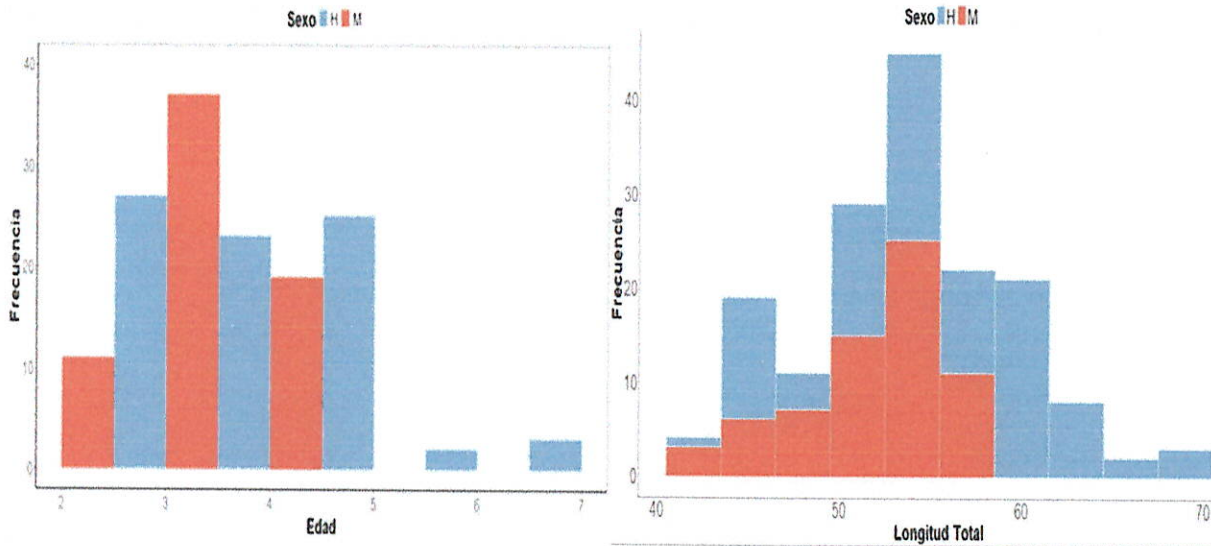
Donde  $L_t$  es la longitud esperada a una determinada edad,  $L_\infty$  es la longitud asintótica,  $k$  y  $g$  son los coeficientes de crecimiento y  $L_0$  es la longitud al nacer.

En los modelos bayesianos, se utilizó el criterio de información de exclusión (LOOIC, por sus siglas en inglés) (Smart, 2020; Smart & Grammer, 2021)

### 3. Resultados

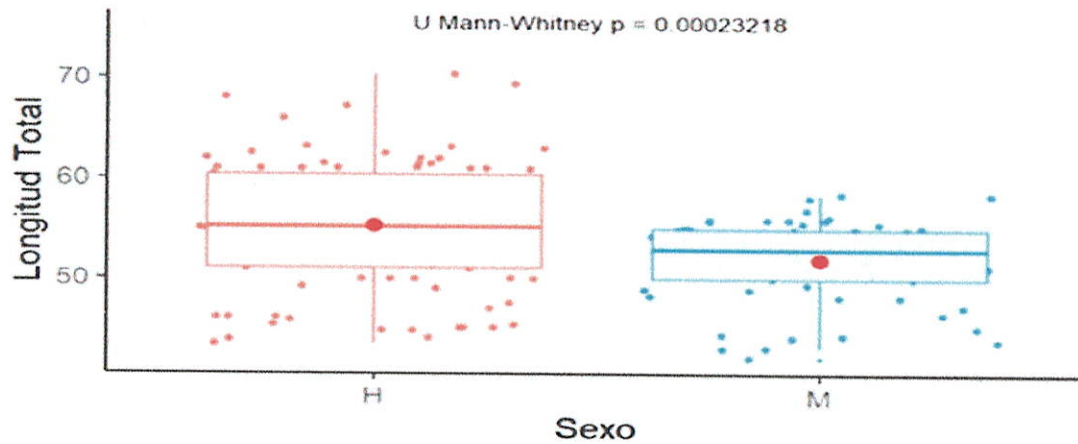
#### Características de la muestra:

Se registraron 164 datos, de los cuales se recolectaron todos con muestras de vértebras de *M. henlei*, que constaban de 97 hembras y 67 machos con tamaños que oscilaban entre 43.30 – 70.40 cm LT (media  $\pm$  SD: 55.28  $\pm$  6.35) y 42 – 58.5 cm LT (media  $\pm$  SD: 51.93  $\pm$  4.07) respectivamente (Fig. 4). Las edades estimadas comprendieron entre 2 y 7 años, con rangos de edad para hembras entre 2 y 7 años y para machos entre 2 y 4 años.

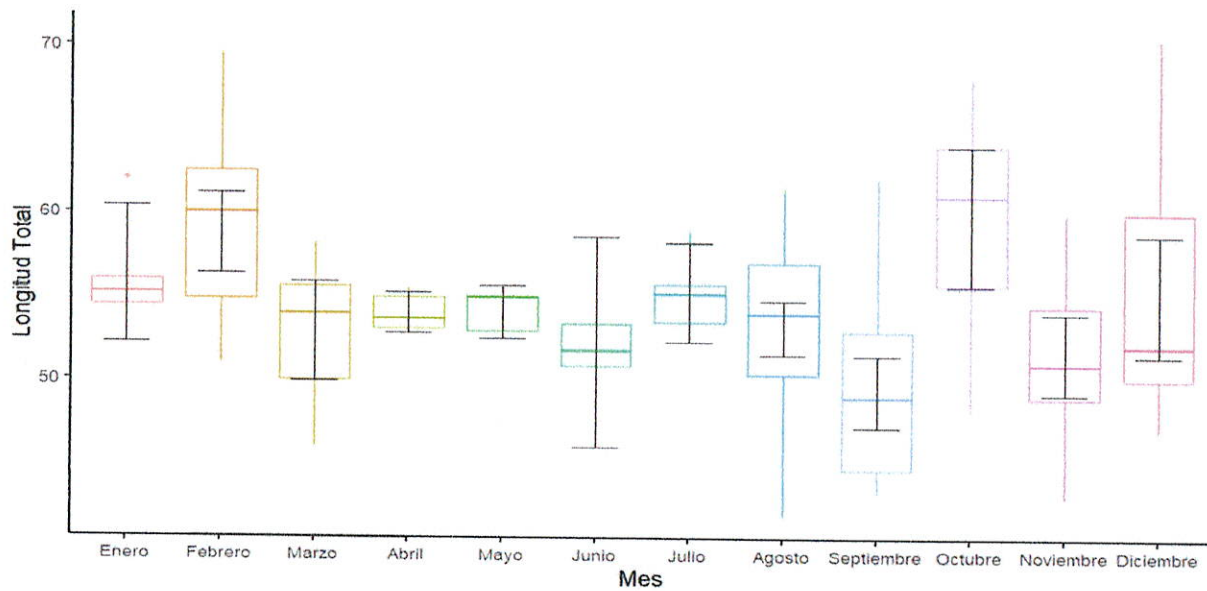


**Figura 4** a. Frecuencia de talla de 164 individuos *M. henlei*; b. Frecuencia de edad que muestra el rango de hembras (n=97) y machos (n=67) de *M. henlei* del Pacífico Ecuatoriano.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov demostró que no hay normalidad en la distribución de tallas p-valor < 2.2e-16. Con la prueba de Levene se verificó que no hay homogeneidad de varianzas entre sexos (p-valor < 0.05). La prueba de U Mann-Whitney mostró que existen diferencias significativas entre sexos (p-valor < 0.05) (Fig. 5). Por otra parte, se evidenció que existe diferencias representativas entre la longitud total de los meses (Kruskal-Wallis, p-valor= 0.0003) (Fig. 6).



**Figura 5** Comparativa de la longitud total por sexos (hembras y machos).



**Figura 6** Comparación de longitud total por meses

**Precisión y sesgo en la determinación de la edad**

Se genero un porcentaje de concordancia (PA±1 año) entre lectores del 75%. El error porcentual promedio (APE) fue de 3.891%, y el coeficiente de variación (CV) de 5.503%, que estuvo dentro del rango estimado por Campana (2001). (Fig. 7) y, además, la prueba de Bowker no detectó sesgo sistemático entre lectores ( $\chi^2 = 3.00$ ,  $df = 5$ ,  $p = 0.69$ ).

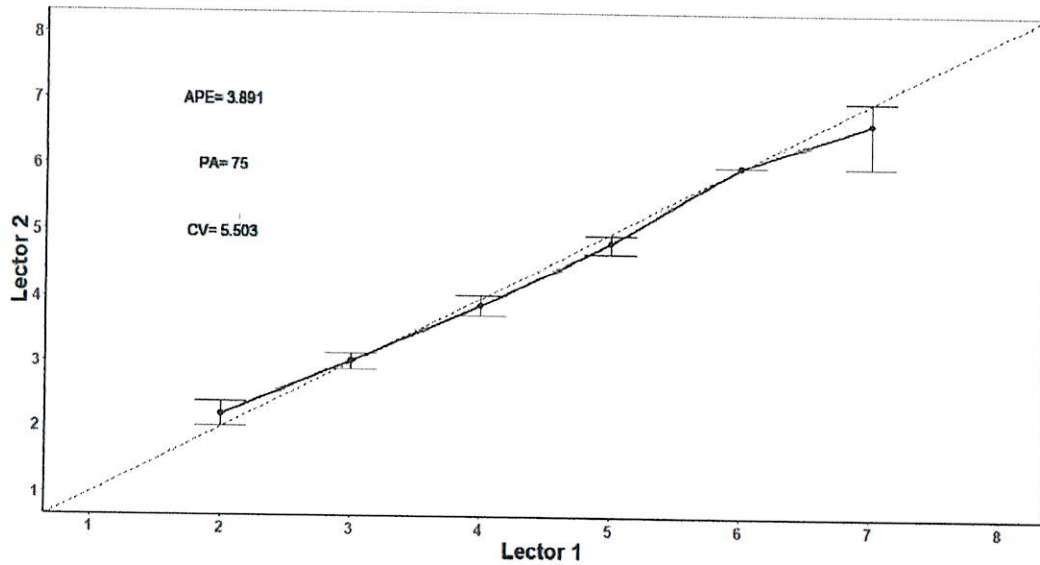


Figura 7. Gráfica de sesgo de edad para 164 *M. henlei* con acuerdos específicos de edad entre los dos lectores independientes

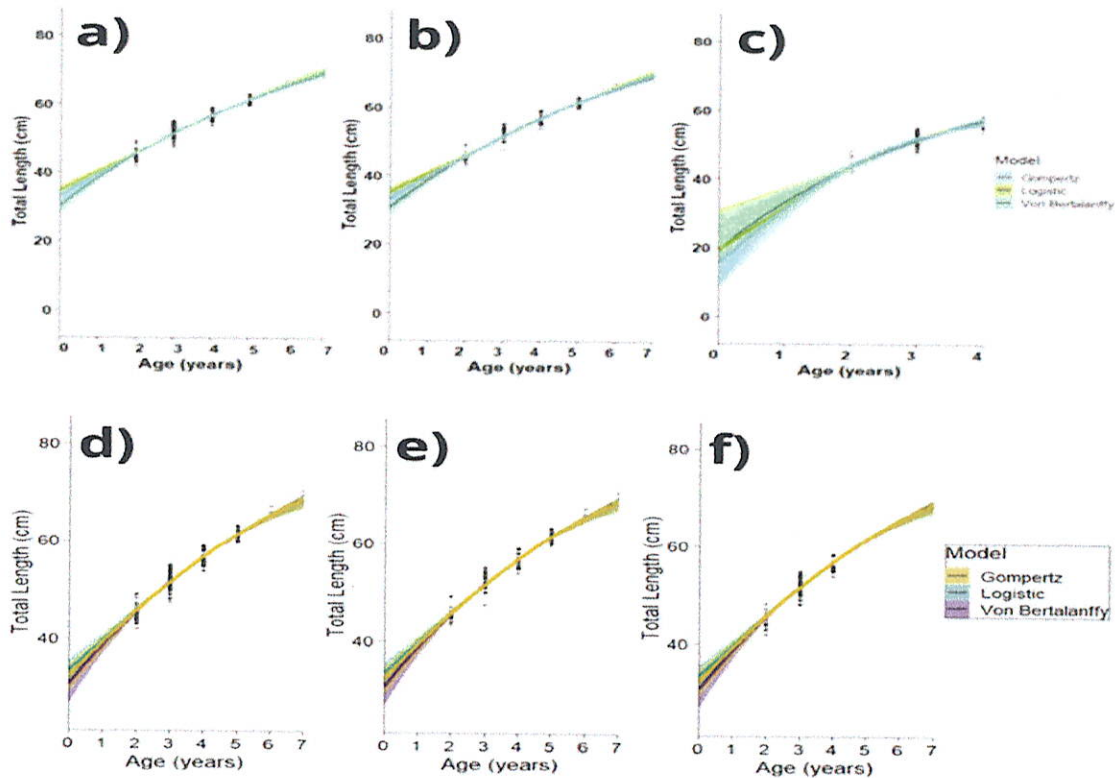
Modelos de crecimiento

	Sexos	Parámetros	Media	SE de la media		Parámetros	Media	SE de la media
Frecuentista	Combinados	$L_{\infty}$	91.37	8.76	Bayesiano	$L_{\infty}$	94.23	0.07
		$k$	0.14	0.03		$k$	0.14	0.00
		$L_0$	30.69	1.65		$L_0$	30.45	0.01
		RSE	1.68			$\sigma$	1.70	0.07
	Hembras	$L_{\infty}$	95.80	11.62		$L_{\infty}$	94.81	0.02
		$k$	0.13	0.04		$k$	0.13	0.00
		$L_0$	31.69	1.76		$L_0$	30.70	0.02
		RSE	1.55			$\sigma$	1.57	0.00
	Machos	$L_{\infty}$	59.95	1.80		$L_{\infty}$	78.68	0.22
		$k$	0.84	0.16		$k$	0.29	0.00
		$L_0$	21.34	4.05		$L_0$	19.04	0.10
		RSE	1.76			$\sigma$	2.01	0.00

Tabla 1. Estimaciones de parámetros de crecimiento por el modelo de von Bertalanfy para *M. henlei*, generadas utilizando el enfoque bayesiano y frecuentista. Donde  $\sigma$  =sigma,  $L_{\infty}$  =longitud asintótica (mm),  $L_0$ =longitud a la edad 0 (mm),  $k$ =coeficiente de crecimiento y (RSE) que representa el error estándar (frecuentista).

El enfoque frecuentista dio como resultado el ajuste de los modelos Von Bertalanffy tanto para sexos combinados ( $L_{\infty}$  = 91,37 cm LT,  $g$  = 0.14,  $L_0$  = 30.69 cm LT) como para hembra ( $L_{\infty}$  = 95,80 cm LT,  $g$  = 0.13,  $L_0$  = 31.69 cm LT), mientras que para macho el modelo que mejor se ajustó fue el logístico con ( $L_{\infty}$  = 59,95 cm LT,  $g$  = 0.84,  $L_0$  = 21.34 cm LT), esto bajo el criterio de información de Akaike(AIC),

para el enfoque Bayesiano el modelo que mejor se ajustó fue Von bertalanffy en este caso para todas las variables, sexos combinados ( $L_{\infty} = 94,23$  cm LT,  $g = 0.14$ ,  $L_0 = 30.45$  cm LT) para hembra ( $L_{\infty} = 94,81$  cm LT,  $g = 0.13$ ,  $L_0 = 30.70$  cm LT) y para macho ( $L_{\infty} = 78,68$  cm LT,  $g = 0.29$ ,  $L_0 = 19,04$  cm LT) bajo el criterio de exclusión LOOIC



**Figura 8.** Curvas de crecimiento de von Bertalanffy (VB), Logístico (Log) y Gompertz (Gom) para A) sexos combinados, B) hembras y C) machos en el análisis frecuentista, y en el enfoque bayesiano los modelos previamente mencionados para D) sexos combinados, E) hembras y F) machos. Los puntos hacen referencia a los valores observados de edad por talla de *M. henlei* durante este estudio.

### Discusión

Del presente estudio con *M. henlei*, las hembras alcanzaron tallas de 43,30 a 70,40 cm LT y edades de 2 a 7 años, mientras que los machos varían de 42 a 58,5 cm y de 2 a 4 años. En contraste, el estudio realizado en California de la misma especie presenta un rango de tallas más amplio, con hembras de 39.5 a 93 cm LT y machos de 32.5 a 81 cm LT, con edades de 1 a 14 años para hembras y 1 a 9 años para machos (Méndez, 2008). Estas diferencias podrían estar influenciadas por la alta tasa de captura que se emplea en las costas de Ecuador del pacífico oriental según indica (Moreno et al., 2018), que el género *Mustelus sp* y demás elasmobranchios suelen caer con gran incidencia en pesquerías realizadas por red de arrastre demersales. Como también puede variar por la zona, profundidad, selectividad y arte de pesca con el que operan las embarcaciones que capturan a los organismos (Méndez, 2008). Como indica el estudio realizado por (Soto-López et al., 2018) las capturas realizadas en la costa del pacífico oriental se realizaron aproximadamente a 100m de profundidad, mientras que

(Pérez-Jiménez & Sosa-Nishizaki, 2008) reportó que la profundidad de captura fue entre 80 y 100 m, mientras en el caso de (Yudin & Cailliet, 1990), la profundidad de captura fue menor a las mencionadas anteriormente, estas no superaron más de los 38,1m y de la actual investigación se recolectaron datos obtenidos a una profundidad aproximada de 110m, lo que puede representarse como uno de los factores responsables al momento de la variación de tamaños obtenidos por estudio (Méndez, 2008).

Para la tinción se utilizó verde claro, facilitando mejor la visualización de los corbatines a diferencia de otros tintes como (azul de metileno, aceite de inmersión y nitrato de plata), que para este estudio presentaron un bajo contraste de las bandas y dificultad para su conteo, siendo el verde claro la mejor opción para el género *Mustelus*, como fue el caso de (Pérez-Rojas et al., 2020), en donde este tinte fue el más efectivo para *M. lunulatus*, mientras en el caso de (Méndez, 2008) el mejor resultado fue el cristal violeta. La estimación del ciclo de vida (edad) en las diferentes familias de elasmobranchios se implementa a través de sus estructuras calcificadas como las vértebras, las espinas dorsales o caudales (Goldman & Cailliet, 2004). El conteo por ambos lectores en las vértebras, presento un 75% de concordancia, un coeficiente de variación de (CV) 5.503% y un error porcentual (APE) de 3.891% lo cual se encontró dentro del rango estimado por (Campana, 2001). A diferencia de (Méndez, 2008) quien realizo su estudio en el golfo de México California, con el 84% en acuerdo, el rango de error porcentual (APE) fue de 8.5% mientras que el coeficiente de variación (CV) fue de 0.12%, que según (Beamish & Fournier, 1981) sugiere que el valor del APE presentado en este estudio tuvo mayor precisión, a diferencia del CV que tuvo menor precisión a lo reportado por (Méndez, 2008). Concordando con (Campana, 2001) que refiere que en la gran mayoría de estudios de tiburones los valores de coeficiente de variación dado en porcentaje son menores de 10%, como el obtenido en este estudio.

**Tabla 2.** Validación cruzada 'Leave One Out' (LOO) y resultados del criterio de información para machos, hembras y sexo combinado *M. henlei*.

Frecuentista	Sexos	Modelos	AIC	AIC DIFF	AIC W	Bayesiano	Modelos	LOOIC	SE LOOIC	LOOIC W
	Combinados	Combinados	VB	641.53	0.00		0.60	VB	6.400.523	1.520.578
Gom			643.06	1.52	0.28	Gom	6.428.462	1.507.570	0.19	
Log			644.65	3.12	0.13	Log	6.461.976	1.501.232	0.04	
Hembras		VB	365.86	0.00	0.48	VB	3.645.788	1.342.495	0.61	
		Gom	366.68	0.82	0.32	Gom	3.660.171	1.313.469	0.30	
		Log	367.56	1.70	0.20	Log	3.683.567	1.285.955	0.09	
Machos		VB	271.33	0.00	0.33	VB	2.796.118	7.992.137	0.71	
		Gom	271.33	0.00	0.33	Gom	2.820.841	7.815.480	0.21	
		Log	271.33	0.00	0.33	Log	2.839.090	7.793.855	0.08	

Para los datos en este estudio se tomaron en cuenta dos enfoques estadísticos; multimodelos frecuentistas y bayesianos, con el fin de determinar cuál de estos multimodelos se ajustaban mejor a la biología de la especie (fig. 8), a través de los criterios de información AIC Y exclusión LOOIC (Tabla 1). Para *M. henlei* parece ser que el modelo al que mejor se ajustan los datos es VB en casi todos los estudios realizados hasta la fecha. Sin embargo, se ha evidenciado que VBGF no siempre arroja las mejores estimaciones en los parámetros de historia de vida (Katsanevakis, 2006) como se dio el caso del presente trabajo en donde para el enfoque frecuentista para sexos combinados y hembras si fue el



modelo que más se ajustó, sin embargo, para machos no arrojó los datos esperados, donde el modelo que mejor se ajustó fue el logístico. (tabla 2).

**Tabla 3.** Estudios de edad y crecimiento de *M. henlei* reportados en diferentes regiones hasta la fecha. M: machos, H: hembras, C: sexos combinados, VB: modelo de von Bertalanffy, Log: modelo Logístico,  $L_{\infty}$ : longitud asintótica, k: coeficiente de crecimiento de VB, g: coeficiente de crecimiento del modelo Log

Estudio	Especie	Sexo	Método	Zona	Modelo	$L_{\infty}$ (CM)	K/G
(Conrath, et.al)	<i>Mustelus canis</i>	H	Bayesiano	Oceano Pacifico	VB	123.57	0.292
		M			VB	105.17	0.440
A J. J. Goosen & M. J. Smale (1997)	<i>Mustelus mustelus</i>	H	Bayesiano	Oceano Indico	VB	204.9	0.06
		M			VB	145.1	0.12
		C			VB	198.9	0.06
Carrillo et.al (2020)	<i>Mustelus higmani</i>	H	Bayesiano	Atlantico Tropical	VB	71.1	0.38
		M			VB	60.4	0.53
(Katherine G. Yudin Y Gregor M. Cailliet (1990)	<i>Mustelus californicus</i>	H	Bayesiano	Pacífico Mexicano	VB	142.4	0.21
		M			VB	101.8	0.35
		C			VB	154.4	0.16
	<i>Mustelus henlei</i>	H			VB	97.6	0.225
		M			VB	86.1	0.285
		C			VB	97.7	0.224
(Loeza, 2008)	<i>Mustelus henlei</i>	H	Bayesiano	Oceano Pacifico	VB	95.4	0.14
		M			VB	72.3	0.28
		C			VB	96.1	0.14
Presente estudio	<i>Mustelus henlei</i>	H	Frecuentista	Pacífico Ecuatoriano	VB	95.80	0.13
		M			VB	59.95	0.84
		C			LOG	91.37	0.14
		H	Bayesiano		VB	94.81	0.13
		M			VB	78.68	0.29
		C			VB	94.23	0.14

Los resultados de los modelos de crecimiento aplicados al *M. henlei* muestran valores de  $L_{\infty}$ , k, y  $L_0$  cuyas variaciones en relación con otros estudios (Tabla 3), podrían deberse a la zona geográfica, diferencias metodológicas y presiones ambientales (Pereyra et al., 2008). Por ejemplo, los valores de  $L_{\infty}$  para hembras (95.80, frecuentista, y 94.81, bayesiano) son similares a los reportados por (Méndez, 2008) (95.4) y (Yudin & Cailliet, 1990) (97.6), aunque "k" en este estudio (0.13) es menor que el de (Yudin & Cailliet, 1990) (0.225), lo que podría reflejar un crecimiento más lento en la población debido a condiciones ambientales específicas, ya que en estudios en los que someten a ciertos factores ambientales el crecimiento se inhibe (Araya & Cubillos, 2002). En el caso de los machos, los valores frecuentistas de  $L_{\infty}$  (59.95) y k (0.84) difieren considerablemente de estudios como Méndez (2008)

( $L_{\infty}=72.3$ ,  $k=0.28$ ) y (Yudin & Cailliet, 1990) ( $L_{\infty}=86.1$ ,  $k=0.285$ ). Por otro lado, el enfoque bayesiano estimó valores más cercanos a los reportados en este estudio ( $L_{\infty}=78.68$ ,  $k=0.29$ ), lo que resalta la capacidad de este enfoque para integrar información previa y compensar posibles sesgos en los datos (Rendón-Macías et al., 2018). En el presente estudio se utilizó La talla al nacer ( $L_0$ ), mostrando valores estimados para sexos combinados (30.69 frecuentista y 30.45 bayesiano). En cuanto a su parentesco con otros especímenes, como *M. lunulatus* y *M. californicus*, presentan tallas mayores en comparación con *M. henlei*. Sin embargo, el coeficiente de crecimiento de los machos en *M. henlei* (0,29) se asemeja al de *M. californicus* (0,35) como menciona (Yudin & Cailliet, 1990). Por otra parte, *M. lunulatus*, presenta un coeficiente menor con (0.16) según (Escobedo, 2006), lo que sugiere un crecimiento más rápido en *M. henlei* y *M. californicus* que en *M. lunulatus*. En el caso de las hembras, se presenta una tendencia parecida ya que: *M. lunulatus* tiene un coeficiente de crecimiento lento (0.08), frente al 0.13 de *M. henlei* y al 0.21 de *M. californicus*. Indicando que, *M. henlei* tiene un crecimiento más rápido comparado con *M. lunulatus*, aunque no supera el crecimiento de *M. californicus*.

### **Conclusión**

Esta investigación es la primera de edad y crecimiento para la especie *M. henlei* en las costas del Ecuador, siguiendo los resultados del modelo bayesiano se indica que el tiburón cazón es una especie con un crecimiento relativamente lento (0.13-0.29).

Se encontraron diferencias en cuanto a las curvas de crecimiento comparadas con varios estudios, mismos que se realizaron en otros territorios del océano pacífico, lo que significaría que, en caso de realizar alguna gestión, nuestra investigación sería óptima para aquello en caso de que se necesitase, sin embargo, es recomendable obtener datos de madurez sexual tanto para hembras como para machos. Se encontraron 5 grupos de edad que corresponden de 2 a 7 en el caso de hembra y de 2 a 4 en el caso de los machos, siendo más abundante una edad de 3 a 5.

### **Agradecimientos**

Queremos agradecer a todos aquellos que formaron parte de este largo proceso, Padres, Familiares, amigos, docentes, obviamente sin olvidarnos de los comerciantes que fueron parte fundamental de este estudio, ya que fueron los que nos permitieron tener acceso al recurso, es por eso que queremos dedicarles este logro.

## Referencias

- Araya, M., & Cubillos, L. (2002). EL ANALISIS RETROSPECTIVO DEL CRECIMIENTO EN PECES Y SUS PROBLEMAS ASOCIADOS. *Gayana (Concepción)*, 66(2), 161-179.  
<https://doi.org/10.4067/S0717-65382002000200010>
- Beamish, R., & Fournier, D. (1981). A Method for Comparing the Precision of a Set of Age Determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(8), 982-983.  
<https://doi.org/10.1139/f81-132>
- Cailliet, G., & Goldman, K. (2004). Age Determination and Validation in Chondrichthyan Fishes. En *Biology of Sharks and Their Relatives* (pp. 399-447).  
<https://doi.org/10.1201/9780203491317.pt3>
- Cailliet, G., Martin, L. K., Kusher, D., Wolf, P., & Welden, B. A. (1983). *Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranchs*.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Techniques-for-enhancing-vertebral-bands-in-age-of-Cailliet-Martin/0e168a515d46c319e5da92ef9380ef2e196317dd>
- Campana. (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, 59, 197-242.  
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00127.x>
- Campana, S., Annand, M., & McMillan, J. (1995). Graphical and Statistical Methods for Determining the Consistency of Age Determinations. *Transactions of The American Fisheries Society - TRANS AMER FISH SOC*, 124, 131-138. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1995\)124<0131:GASMFD>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1995)124<0131:GASMFD>2.3.CO;2)
- Chang, W. Y. (1982). A Statistical Method for Evaluating the Reproducibility of Age Determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(8), 1208-1210.  
<https://doi.org/10.1139/f82-158>
- Coello Salazar, D., & Herrera, M. (2018). *Desembarque de tiburones en las pesquerías Ecuador 2012*. 12, 1-8.
- Compagno, J. V. (1984). *Catálogo de especies de la FAO, vol. 4. Tiburones del mundo. Catálogo anotado e ilustrado de las especies de tiburones conocidas hasta la fecha. Parte 2. Carcharhiniformes*.
- Cortés, E. (1999). Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science*, 56(5), 707-717. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0489>

- D'Alberto, B., Chin, A., Smart, J., Baje, L., White, W., & Simpfendorfer, C. (2016). Age, growth and maturity of oceanic whitetip shark (*Carcharhinus longimanus*) from Papua New Guinea. *Marine and Freshwater Research*, 68. <https://doi.org/10.1071/MF16165>
- Emmons, S. M., D'Alberto, B. M., Smart, J. J., & Simpfendorfer, C. A. (2021). Age and growth of tiger shark (*Galeocerdo cuvier*) from Western Australia. *Marine and Freshwater Research*, 72, 950-963. <https://doi.org/10.1071/MF20291>
- Escobedo, M. Á. (2006). *Determinación de edad y crecimiento en el Tiburón Musola Gris (Mustelus lunulatus Jordan y Gilbert, 1883) en la región norte del Golfo de California por medio de anillos vertebrales*. <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4890>
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K., & Niem, H. (1995). *Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca—Pacífico Centro-Oriental Volumen II, Vertebrados. Parte 1*. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/t0852s>
- Goldman, K. (2005). Age and growth of elasmobranch fishes. *FAO Fisheries Technical Paper*, 474.
- Goldman, K., & Cailliet, G. (2004). Age Determination and Validation in Chondrichthyan Fishes. En *Biology of Sharks and Their Relatives* (pp. 399-447), <https://doi.org/10.1201/9780203491317.pt3>
- Gómez C., G., Zapata, L. A., Franke, R., & Ramos, G. E. (2003). Hábitos alimentarios de *Mustelus lunulatus* y *M. Henlei* (Pisces: Triakidae) colectados en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 32(1), 219-229.
- Haesker, L., & Czech, J. (1993). *Food habits of the brown smoothhound shark (Mustelus henlei) from two sites in Tomales Bay*. *California Department of Fish and Game*. 79(3), 89-95.
- Hoenig, J., Morgan, M., & Brown, C. (1995). Analysing differences between two age determination methods by tests of symmetry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences - CAN J FISHERIES AQUAT SCI*, 52, 364-368. <https://doi.org/10.1139/f95-038>
- Katsanevakis, S. (2006). Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research*, 81(2), 229-235. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.07.002>
- Lamilla, J., Roa, R., Barría, P., Bustamante, C., Concha, F., Cortes, E., Acuña, E., Balbontín, F., Oliva, M., Araya, M., & Meléndez, R. (2008). *Desarrollo metodológico para estimación del descarte de condriictios en pesquerías artesanales—FIPA. SUBPESCA. Fondo de*

- Investigación Pesquera y de Acuicultura*. <https://www.subpesca.cl/fipa/613/w3-article-89150.html>
- Martínez-Ortiz, J. (2010). *Guía de campo para la identificación de los principales tiburones del Océano Pacífico Oriental: Proyecto APEC FWG 01/2001*. APEC.
- Méndez, I. (2008). *Edad y crecimiento del cazón pardo *Mustelus henlei* (Gill, 1863) en la región norte del Golfo de California*.
- Mollet, H., Ezcurra, J., & O'Sullivan, J. (2002). Captive biology of the pelagic stingray, *Dasyatis violacea* (Bonaparte, 1832). *Marine and Freshwater Research*, 53. <https://doi.org/10.1071/MF01074>
- Mora Zamacona, P. (2017). *Estimación de la edad y el crecimiento individual de la raya eléctrica *Narcine entemedor* (Jordan y Starks, 1895) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur* [Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas]. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4236849>
- Moreno, A., Díaz, M., Acosta, M., Jimenez, E., Saltos, J., & Neira, J. (2018). Distribución espacial de Elasmobranquios en la costa continental ecuatoriana. *Ciencia y Tecnología*, 11, 35-41. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i1.188>
- Ogle, D. H., Wheeler, P., & Dinno, A. (2017). FSA: Fisheries stock analysis. *R package version 0.8*, 17, 636.
- Pereyra, I., Orlando, L., Norbis, W., & Paesch, L. (2008). Variación espacial y temporal de la composición por tallas y sexos del gatuso *Mustelus schmitti* Springer, 1939 capturado por la pesca de arrastre en la costa oceánica uruguaya durante 2004. *Revista de biología marina y oceanografía*, 43(1), 159-166. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572008000100017>
- Pérez-Jiménez, J. C., & Sosa-Nishizaki, O. (2008). Reproductive biology of the brown smoothhound shark *Mustelus henlei*, in the northern Gulf of California, México. *Journal of Fish Biology*, 73(4), 782-792. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.01939.x>
- Pérez-Rojas, J. G., Torres-Palacios, K., Uribe, A., Navia, A. F., & Mejía-Falla, P. A. (2020). Evaluation of staining techniques for the observation of growth bands in tropical elasmobranch vertebrae. *Scientia Marina*, 84(4), Article 4. <https://doi.org/10.3989/scimar.05045.03A>
- R Core Team, & Team. (2021). *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing; 2020. In.

- Rendón-Macías, M. E., Riojas-Garza, A., Contreras-Estrada, D., Martínez-Ezquerro, J. D., Rendón-Macías, M. E., Riojas-Garza, A., Contreras-Estrada, D., & Martínez-Ezquerro, J. D. (2018). Análisis bayesiano. Conceptos básicos y prácticos para su interpretación y uso. *Revista alergia México*, 65(3), 285-298. <https://doi.org/10.29262/ram.v65i3.512>
- Rodríguez-Romero, J., Álvarez-Bauman, E., Ochoa-Díaz, M. R., López-Martínez, J., & Maldonado-García, M. (2013). Hábitos alimentarios de *Mustelus henlei* en la costa Occidental de Baja California Sur, México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 48(2), 261-271. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572013000200006>
- Russo, R. (1975). Observations on the food habits of leopard sharks (*Triakis semifasciata*) and brown smoothhounds (*Mustelus henlei*). *Calif. Fish Game*, 61, 95-103.
- Silva Santos, J. (2012). *Biología reproductiva del tiburón mamón pardo Mustelus henlei (Gill, 1863) en la Costa Occidental de Baja California Sur, México.*
- Smart. (2019). *Life History Analysis Tools*. <https://jonathansmart.github.io/AquaticLifeHistory/>
- Smart. (2020). *BayesGrowth: Estimación del crecimiento de los peces mediante el análisis MCMC* [Software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/BayesGrowth/index.html>
- Smart, & Grammer, G. L. (2021). Modernising fish and shark growth curves with Bayesian length-at-age models. *PLOS ONE*, 16(2), e0246734. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246734>
- Smart, Tobin, A., & Simpfendorfer, C. (2016). Multimodel approaches in shark and ray growth studies: Strengths, weaknesses and the future. *Fish and Fisheries*, 17. <https://doi.org/10.1111/faf.12154>
- Soto-López, K., Ochoa-Báez, R. I., Tovar-Ávila, J., Galván-Magaña, F., Soto-López, K., Ochoa-Báez, R. I., Tovar-Ávila, J., & Galván-Magaña, F. (2018). Reproductive biology of the brown smoothhound shark, *Mustelus henlei* (Chondrichthyes: Triakidae), off northwestern Mexico based on macroscopic and histological analyses. *Ciencias Marinas*, 44(2), 125-139. <https://doi.org/10.7773/cm.v44i2.2805>
- Talent, L. G. (1982). Food habits of the gray smoothhound *Mustelus californicus* the brown smoothhound *Mustelus henlei* the shovelnose guitarfish *Rhinobatos productus* and the bat ray *Myliobatis californica* in elkhorn slough California USA. *California Fish and Game*, 68(4), Article 4.

- Wintner, S. P., Dudley, S. F. J., Kistnasamy, N., & Everett, B. (2002). Age and growth estimates for the Zambezi shark, *Carcharhinus leucas*, from the east coast of South Africa. *Marine and Freshwater Research*, 53(2), 557-566. <https://doi.org/10.1071/mf01062>
- Yudin, K. G., & Cailliet, G. M. (1990). Age and Growth of the Gray Smoothhound, *Mustelus californicus*, and the Brown Smoothhound, *M. henlei*, Sharks from Central California. *Copeia*, 1990(1), 191-204. <https://doi.org/10.2307/1445835>