



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

**Modalidad Artículo Académico**

**Tema:**

“Periodo reproductivo, edad y estimación de los parámetros de crecimiento del guapuro amarillo, *Polydactylus Opercularis* (GILL, 1863), desembarcadas en Machalilla-Manabí-Ecuador”.

**Autores:**

Baque Vélez Michael Jordan

Barcia Pincay Elkin Fausto

**Tutor:**

Biól. Víctor Manuel Veliz Quijije, MSc.

**Manabí-Ecuador**

2025(1)

## Declaración de Autoría

Nosotros, Baque Vélez Michael Jordan y Barcia Pincay Elkin Fausto 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: "Periodo reproductivo, edad y estimación de los parámetros de crecimiento del guapuro amarillo, *Polydactylus Opercularis* (GILL, 1863), desembarcadas en Machalilla-Manabí-Ecuador".

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

Además, declaramos que no tenemos conflictos de interés en relación a nuestro trabajo.

### Firmas:

Baque Vélez Michael Jordan

CI. 131529108-6

Barcia Pincay Elkin Fausto

CI. 131425394-7

	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A).</b>	<b>CÓDIGO:</b> PAT-04-F-004
	<b>PROCEDIMIENTO:</b> TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	<b>REVISIÓN:</b> 1 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, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Michael Jordan Baque Vélez** legalmente matriculado/a en la carrera de Biología, período académico 2025-2026, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **"Periodo reproductivo, edad y estimación de los parámetros de crecimiento del guapuro amarillo, Polydactylus Opercularis (GILL, 1863), desembarcadas en Machalilla-Manabí-Ecuador"**.

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, 07 de agosto de 2025.

Lo certifico,



Blgo. Víctor Manuel Véliz Quijije, MSc.  
**Docente Tutor(a)**  
**Área: Ciencia pesquera**

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

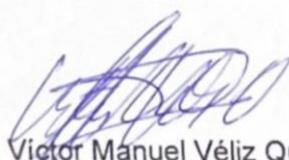
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Elkin Fausto Barcia Pincay** legalmente matriculado/a en la carrera de Biología, período académico 2025-2026, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **"Periodo reproductivo, edad y estimación de los parámetros de crecimiento del guapuro amarillo, *Polydactylus Opercularis* (GILL, 1863), desembarcadas en Machalilla-Manabí-Ecuador"**.

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, 07 de agosto de 2025.

Lo certifico,



Blgo. Víctor Manuel Véliz Qujije, MSc.  
**Docente Tutor(a)**  
**Área: Ciencia pesquera**

## **Agradecimientos**

### **Agradecimiento de Jordan**

Quiero darle gracias a Dios por permitirme sobrellevar esta etapa de mi vida con éxito y a mis padres Bernal Baque y Lourdes Vélez por ser ese apoyo incondicional en todo el transcurso de mi vida. Agradezco a mis amigos y compañeros de clases por apoyarme en todos estos años de sacrificio y trabajo constante. También le quiero agradecer a mis gatos por ser ese pilar de fuerza en mi corazón y en especial a mi Agatha, aunque ya no está presente en este mundo, todo lo que soy ahora se lo debo a ella.

### **Agradecimientos de Elkin**

Quiero empezar agradeciéndole a Dios, quien ha sido mi guía y mi fortaleza durante esta etapa de mi vida, a mis padres Fausto Barcia y Sonia Pincay por ese apoyo incondicional, a mis hermanos Delton y Jordy por ser mis mayores ejemplos de perseverancia, sin ustedes no hubiera logrado este sueño, así mismo, expreso mis sinceros agradecimientos a mis tíos Andrés Barcia, Genny Burgos y a mis primos/hermanos por haberme acogido en su hogar durante el transcurso de mi carrera universitaria, a mi tío Ángel Pincay por sus sabios consejos y por ser mi ejemplo a seguir. Gracias a todos mis familiares y amigos cercanos por el apoyo brindado, este logro también es de ustedes, los amo mucho.

Finalmente, queremos expresar nuestra gratitud a nuestro tutor de tesis el Biólogo Víctor Manuel Veliz Quijje por tenernos paciencia y guiarnos en este largo camino.

## **Dedicatoria**

Este logro alcanzado se lo dedicamos en primer lugar a Dios, quien fue nuestra guía durante esta etapa de nuestras vidas, a nuestros padres, familiares y amigos que siempre estuvieron apoyándonos en cada logro alcanzado. Así mismo, a nuestros docentes y compañeros por haber sido parte de esta formación como profesionales. Gracias por ser parte de esta aventura llamada Biología.

# Periodo reproductivo, edad y estimación de los parámetros de crecimiento del guapuro amarillo, *Polydactylus Opercularis* (GILL, 1863), desembarcadas en Machalilla-Manabí-Ecuador

Baque-Vélez Michael<sup>1</sup>; Barcia-Pincay Elkin<sup>1</sup>

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

Correo: [mbaquevelez@gmail.com](mailto:mbaquevelez@gmail.com); [barelkin4@gmail.com](mailto:barelkin4@gmail.com)

## Resumen

El propósito de estudio fue analizar la biología y los parámetros de crecimiento del guapuro amarillo (*Polydactylus opercularis*) desembarcadas en Machalilla, Manabí, Ecuador. Los muestreos se realizaron durante el periodo de junio del 2024 a junio del 2025, donde se registró un total de 303 individuos, entre las cuales 116 fueron hembras, 186 machos y un indeterminado. La proporción de sexo fue 1.6M:1H, indicando que la población presento una mayor proporción en los machos. La relación longitud-peso mostró un crecimiento alométrico negativo ( $b= 2.719$ ). El análisis de edad de *P. opercularis* se realizó por medio de la lectura de las marcas de crecimiento registrado por los otolitos sagitta, se logró identificar hasta 4 grupos de edades. Las lecturas de edades se verificaron por dos lectores, resultando un error promedio porcentual (APE) de 3.84 y un coeficiente de variación (CV) de 5.43. Los parámetros de crecimiento estimaron valores de longitud media máxima de  $L_{\infty}=46.92$  cm y una tasa de crecimiento  $K=0.46$ . Además, Se evidencio que las hembras alcanzan la madurez sexual a los 25.18 cm y los machos a los 26.71 cm. Estos resultados son fundamentales para el desarrollo de estrategias de manejo pesquero sostenible, al proporcionar información sobre la edad, crecimiento y reproducción de la especie.

**Palabras claves:** Crecimiento, proporción, alométrico, reproducción, edad.

## **Reproductive period, age and estimation of growth parameters of the yellow-faced grebe, *Polydactylus opercularis* (GILL, 1863), landed in Machalilla-Manabí-Ecuador**

### **Abstract**

The purpose of this study was to analyze the biology and growth parameters of the yellow-faced guapuro (*Polydactylus opercularis*) landed in Machalilla, Manabí, Ecuador. Sampling was carried out from June 2024 to June 2025, where a total of 303 individuals were recorded, of which 116 were females, 186 males, and one indeterminate. The sex ratio was 1.6M:1H, indicating that the population had a higher proportion of males. The length-weight ratio showed negative allometric growth ( $b=2.719$ ). The age analysis of *P. opercularis* was carried out by reading the growth marks recorded by the sagitta otoliths, identifying up to 4 age groups. Age readings were verified by two readers, resulting in a mean percentage error (APE) of 3.84 and a coefficient of variation (CV) of 5.43. Growth parameters estimated mean maximum length values of  $L_{\infty}=46.92$  cm and a growth rate  $K=0.46$ . Furthermore, it was shown that females reach sexual maturity at 25.18 cm and males at 26.71 cm. These results are fundamental for the development of sustainable fisheries management strategies, as they provide information on the age, growth, and reproduction of the species.

**Keywords:** Growth, proportion, allometric, reproduction, age.

## 1. Introducción

Desde sus inicios, la pesquería se utilizaba para proveer alimento a varias familias, pero hoy en día la pesca está generando muchos beneficios socioeconómicos en múltiples naciones del mundo (Sabando-Zambrano & Palacios-Cedeño, 2023). En Ecuador la pesquería de peces pelágicos pequeños constituye uno de los recursos pesqueros de mayor importancia, debido a que su extracción, procesamiento, desembarque y exportación generan importantes ingresos en la economía nacional (Barzola-López et al., 2020).

La familia Polynemidae está constituida por 8 géneros, que comprenden alrededor de 41 especies (Motomura, 2004). Cuentan con una amplia distribución dentro del océano Pacífico, Índico y Atlántico (Prasad et al., 2005). Debido a su migración habitual, son abundantes en aguas marinas y fluviales (Gusmão-Pompian et al., 2005; Prasad et al., 2005). El género *Polydactylus* registra un total de 20 especies, de las cuales *P. approximans* y *P. opercularis* residen en la costa del Pacífico (Bogan & Martino, 2011). El *Trichidion opercularis* o conocido en la actualidad como *Polydactylus opercularis* fue descrita por (Gill, 1863) (Motomura et al., 2002). Esta especie se encuentra distribuida entre el sur de California y la costa de Perú, habitan cerca de playas arenosas y fangosas (Motomura, 2004; Rojas & Zapata, 2006). Su alimentación se basa en peces y crustáceos, registra una talla máxima de 50 cm de Longitud total y común de 25 cm, actualmente no tiene ninguna medida de ordenamiento pequero (Zamora Cruz, 2014).

Estudiar la edad y el crecimiento en los peces es fundamental para comprender su biología y lograr una ordenación pesquera sostenible (Morales-Nin, 1992). La edad de muchos individuos puede determinarse mediante la interpretación y el conteo en marcas de crecimiento que se encuentran en estructuras óseas, como otolitos, escamas, espinas, radios y vertebras (Gómez Márquez et al., 2020; Morales & González, 2010). En los peces óseos la estructura dura más empleada son los otolitos sagitta, ya que facilitan datos claves sobre su reclutamiento y dinámica poblacional (Cantos-Mero & Soledispa-Bravo, 2024). El aspecto reproductivo de un recurso pesquero permite comprender la dinámica reproductiva de las especies que se está explotando, la misma que se estudia mediante el análisis de la estructura gonadal y la estimación de la talla media de madurez sexual (Castro Moreira et al., 2023). En la actualidad en el Ecuador, no existen estudios sobre la edad, el crecimiento y los periodos reproductivos de peces de la familia Polynemidae y en particular para *Polydactylus Opercularis*.

El propósito de esta investigación es contribuir con información sobre la edad, crecimiento, talla media de madurez sexual y periodos reproductivos del *Polydactylus opercularis*, para comprender la dinámica poblacional y aportar en el desarrollo de estrategias de gestión pesquera sostenible del país.

## 2. Materiales y metodos

### 2.1 Área de estudio

Las muestras fueron recolectadas en la caleta pesquera de Machalilla [ $1.48043^{\circ}\text{S}$ ,  $80.77091^{\circ}\text{O}$ ], en la provincia de Manabí, al oeste del perfil costanero del Ecuador (Fig. 1). Los ejemplares recolectados mensualmente se analizaron en el laboratorio de la facultad ciencias de la vida y tecnología, carrera biología, ubicado en la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

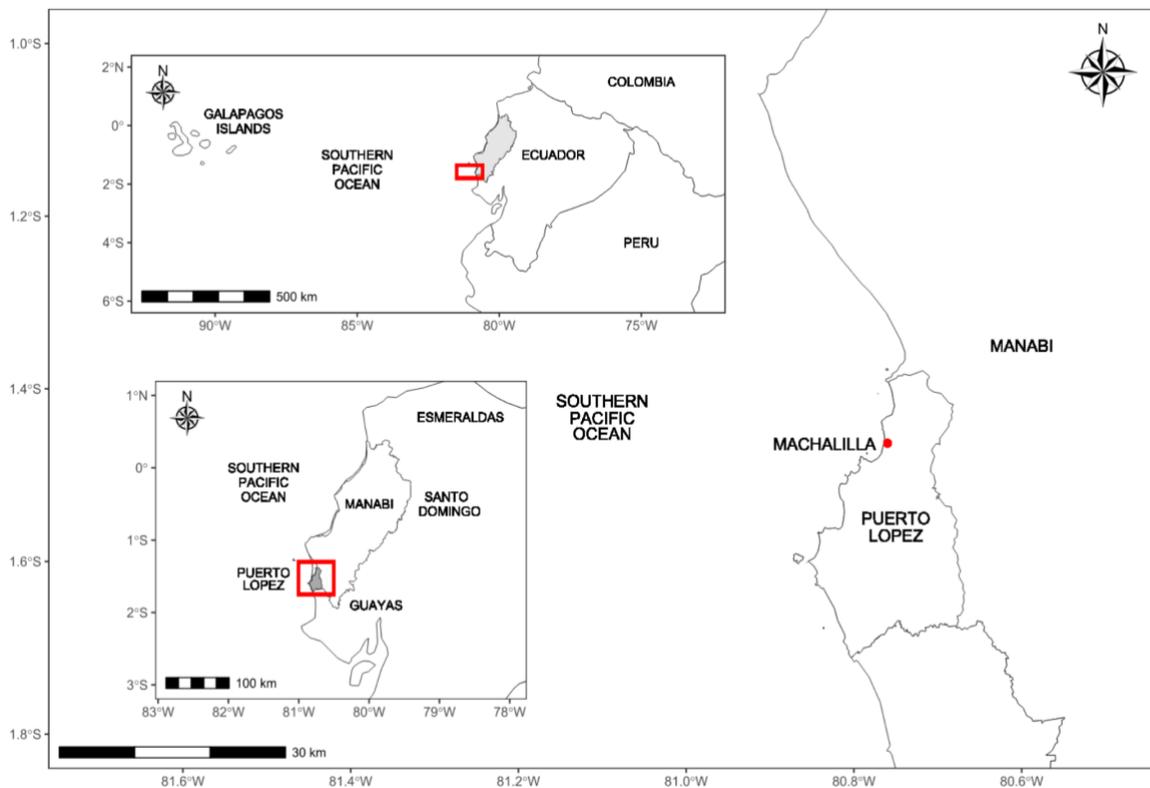


Figura 1 Ubicación del puerto pesquero de Machalilla.

### 1.2 Muestreo Biológico

Se analizaron un total 303 ejemplares de *Polydactylus Opercularis*, recolectados desde junio del 2024 hasta junio del 2025, entre las medidas realizadas se incluyeron: Longitud total (LT) medida

con un Ictiómetro de 50cm, la longitud de la cabeza (LC), longitud orbito-opercular (OOL) y la altura (AT) por medio de un calibrador vernier de 0-200 mm, así como el peso total (PT), peso eviscerado (PE), peso de gónada (PG) y el peso del Hígado (PH) en una balanza digital CAS con precisión de 0.01 g. La determinación del sexo y la descripción de los estadios de madurez gonadal se realizó mediante la observación directa de las gonadas (Buitrón et al., 2015; Sánchez et al., 2013).

### **2.3 Extracción, limpieza y conservación de los Otolitos**

Los otolitos fueron extraídos mediante una incisión longitudinal en la cápsula ótica de cada espécimen. Una vez identificado el otolito izquierdo y derecho se lo extrajo cuidadosamente para limpiarlos y así eliminar restos orgánicos adherida a su superficie, posteriormente, se almacenaron en fundas plásticas (2x8) etiquetados con el número de muestra y la fecha correspondiente de cada individuo.

### **2.4 Lectura y medición de muestras**

Para la lectura de los anillos de crecimiento del otolito, se remojaron por 3 horas con agua destilada y luego se visualizó a través de un microscopio digital del modelo Inskam306 para contar los anillos. Además, se tomaron fotografías a las estructuras del otolito con un fondo negro y una hoja milimetrada con el fin de calibrar su medición a través del programa Imagen J versión 1.46, esto ayudará a que la medición del radio total (RT) del otolito sea de manera más precisa.

### **2.5 Análisis de datos**

Para realizar los análisis estadísticos se utilizó Microsoft Office Excel Professional Plus 2016 y el software Rstudio versión 4.5.1.

#### **Estructura de tallas**

Con respecto a la estructura de tallas se realizó una estadística descriptiva por medio del paquete psych (Revelle, 2025), asimismo, se elaboró histogramas de frecuencias utilizando el paquete ggplot2 (Wickham, 2016).

Se verificaron los supuestos de normalidad con la prueba Lilliefors mediante el paquete nortest (Gross & Ligges, 2015), y la homogeneidad de varianza con la prueba Fligner-Killeen utilizando

el paquete car (Fox & Weisberg, 2019). Posteriormente, se realizaron pruebas de Mann-Whitney-Wilcoxon para determinar posibles diferencias significativas entre tallas por sexos y prueba de chi cuadrado para observar diferencia entre la proporción de sexos con la esperada (1H:1M) mediante en paquete stats (R Core Team, 2025).

### **Relación longitud y peso**

La relación entre talla y peso se realizó mediante la ecuación propuesta por (Ricker, 1975).

$$P_t = a L_t^b$$

Donde  $P_t$  es el peso total del pez (g) sin eviscerar,  $L_t$  es la longitud total (cm),  $a$  es la intersección del eje de las coordenadas y  $b$  es la pendiente de la curva. Para obtener los valores de  $a$  y  $b$  se lo realizó mediante el método de mínimo cuadrado (Munro & Pauly, 1983).

### **Época reproductiva**

La época reproductiva se determinó en función del índice gonadosomático propuesto por (Holden & Raitt, 1975).

$$IGS = \frac{PG}{P_t - PG} * 100$$

Donde  $PG$  es el peso de la gónada (g) y el  $P_t$  es el peso total del pez (g). Por medio de este índice se puede observar los valores máximos de reproducción dentro de un ciclo anual.

### **Relación longitud – radio total del otolito**

La relación de la longitud total ( $L_t$ ) y el radio total del otolito ( $RO$ ), se realizó mediante una regresión lineal de la siguiente forma (Goicochea et al., 2012):

$$L_t = a + b * RO$$

Donde  $L_t$  es la longitud total del pez (cm),  $a$  es el intercepto,  $b$  es la pendiente y  $RO$  es el radio del otolito (mm).

Para determinar la validación de las lecturas de los otolitos, se estimó el porcentaje de acuerdo entre lectores (PA), el error promedio porcentual (APE) y el coeficiente de variación (CV) usando la librería FSA (Ogle et al., 2025):

Porcentaje de acuerdo entre lectores (Goldman, 2005).

$$PA = \frac{\text{Número de acuerdos}}{\text{Número de otolitos leídos}} \times 100$$

Error promedio porcentual (Beamish & Fournier, 1981).

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

Coefficiente de variación (Chang, 1982).

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

Donde R es el número de lecturas que se calculó a la edad,  $X_j$  es el promedio de la edad determinada para la j-ésima espécimen y  $X_{ij}$  es la edad calculada al espécimen j.

### Relación edad-crecimiento

Para estimar el crecimiento del pez en función a la edad se aplicó un multimodelo bayesiano mediante el paquete BayesGrowth (Smart & Grammer, 2021), donde se aplicó los siguiente modelos:

Modelo de crecimiento de (Von Bertalanffy, 1938) (VBGM):

$$L_t = L_0 + (L_\infty - L_0)(1 - e^{(-k_t)})$$

Modelo de crecimiento de (Gompertz, 1825) (GGM):

$$L_t = L_0 e^{\log \frac{L_\infty}{L_0} (1 - e^{(-k_t)})}$$

Modelo de crecimiento de (Ricker, 1979) (MCL):

$$L_T = \frac{(L_\infty L_0 e^g)}{L_\infty + L_0 e^{g-1}}$$

Dónde  $L_{\infty}$  es la longitud asintótica,  $k$  y  $g$  es la tasa a la cual  $L_t$  se acerca a su asíntota,  $L_t$  es la longitud total del pez a una edad determinada y  $L_0$  es la longitud del pez al nacer. La talla máxima observada que sirve como antecedente para el multimodelo bayesiano se obtuvo mediante la literatura registrada (Tabla 1) y los demás parámetros se tomaron en cuenta según (Smart & Grammer, 2021).

### Talla media de primera madurez sexual

Los estadios gonadales para machos y hembras se los empleo como una variable binaria (0 inmaduros y 1 maduros), para estimar la talla de primera madures sexual ( $L_{50}$ ) se utilizó el paquete AquaticLifeHistory (Smart, 2023). Los datos se determinaron utilizando la siguiente ecuación logística según (Sparre & Venema, 1997).

$$P = \frac{1}{1 + e^{a-b \cdot L_t}}$$

Donde  $P$  es el porcentaje de individuos sexualmente maduros,  $L_t$  es la marca de clase del intervalo de la longitud total y  $a$  y  $b$  son constantes de la regresión.

Parámetro	Distribución	Tipo	Prior
$L_{\infty}$	Normal: $N(\mu, \sigma)$	Informativo	50 cm $L_t$ , máximo registrado en la literatura (Jiménez Prado & Béarez, 2004).
$L_0$	Normal truncado: $N(0, \infty)$	Regularización	0.001, cuando no se dispone de información previa (Smart & Grammer, 2021).
$k$	Uniforme: $U(0,1)$	No informativo	Un límite alto para evitar sesgo cuando no dispone de información previa.
$\sigma$	Uniforme: $U(0, 100)$	No informativo	Error residual con un límite conservador cuando no se dispone de información previa.

**Tabla 1.** Distribución y parámetros prior utilizados para el modelo bayesiano de edad y crecimiento de *P. opercularis*.

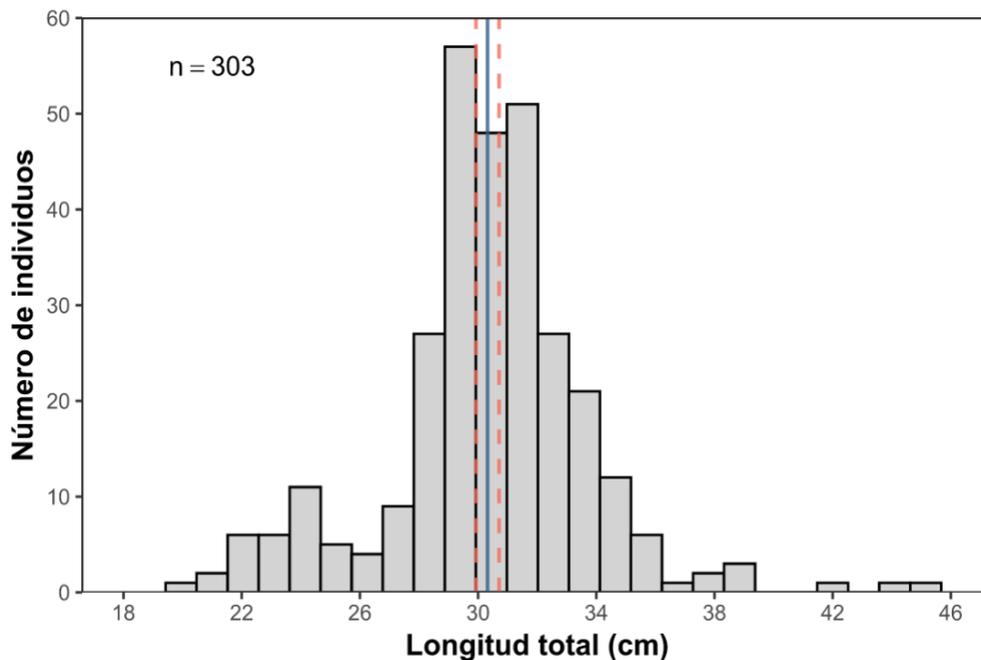
### 3. Resultados

#### Estructura de tallas

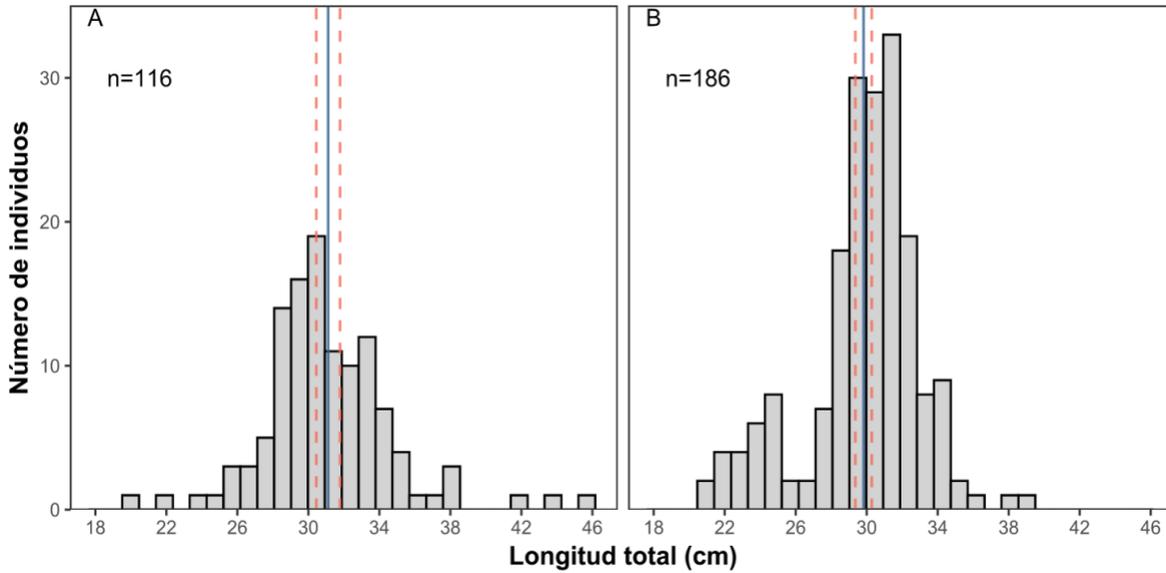
Se registró un total de 303 individuos *P. opercularis*, de los cuales 116 fueron hembras, 186 machos y un indeterminado. Para sexos combinados se registró tallas que van de 20.4 a 45.6 cm de Lt (promedio = 30.29 y SD =  $\pm 3.46$ ) (Figura 2). La proporción sexual observada fue de 1.6M:1H, siendo significativamente diferente a la esperada 1:1 ( $\chi^2 = 16.22$ ;  $p < 0.05$ ).

Las hembras presentaron tallas que van de 20.4 a 45.6 cm de Lt ( $31.11 \pm 3.63$ ) y los machos de 21 a 39 cm de Lt (promedio = 29.82 y SD =  $\pm 3.20$ ) (Figura 3). Se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $z = -2.39$ ;  $p < 0.05$ ) evidenciando que la distribución de tallas difiere entre hembras y machos.

Con respecto al peso, en las hembras se registró un rango entre 75.71 g a 812.24 g de Pt ( $270.30 \pm 100.81$ ) y para machos entre 87,96 a 498,34 g de Pt (promedio = 238.57 y SD =  $\pm 66.91$ ). Se encontró diferencia en la distribución de peso entre sexos ( $z = -2.32$ ;  $p < 0.05$ )



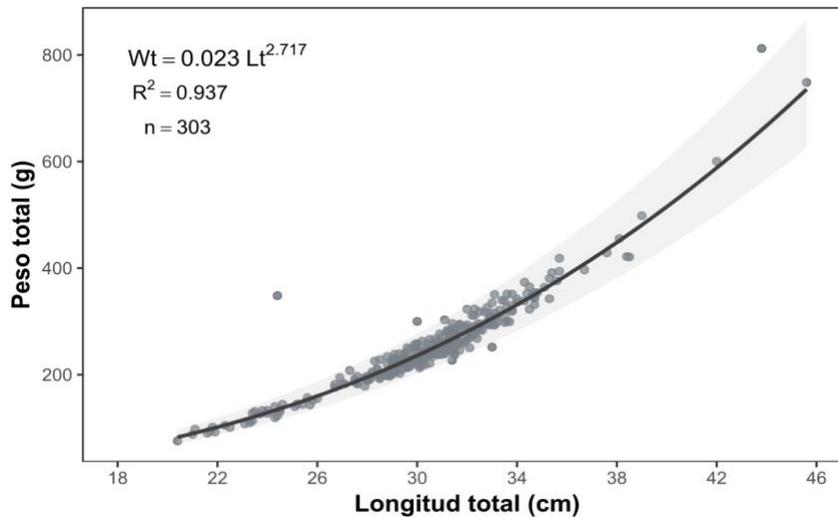
**Figura 2.** Distribución de tallas de *P. opercularis* desembarcados en Machalilla, Ecuador. La línea continua representa la longitud promedio y las líneas discontinuas representan los intervalos de confianza al 95%.



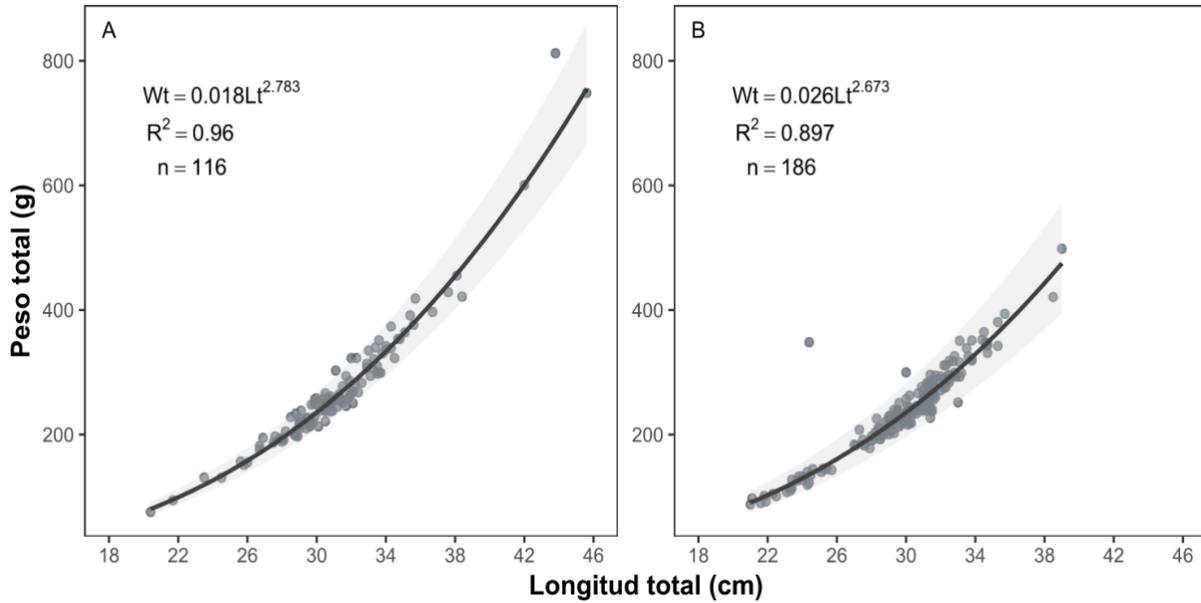
**Figura 3.** Distribución de tallas de hembras (A) y machos (B) de *P. opercularis* desembarcados en Machalilla, Ecuador. La línea continua representa la longitud promedio y las líneas discontinuas representan los intervalos de confianza al 95%.

### Relación talla-peso

Se determinó un coeficiente de crecimiento de tipo alométrico negativo  $b = 2.719$  ( $t = -6.99$ ;  $p < 0.05$ ), con un nivel de confianza al 95% se registró un intervalo de confianza de 2.596 a 2.813. El modelo potencial para sexos combinados presentó un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0.936$  (Figura 4), para hembras de  $R^2 = 0.96$  y para machos de  $R^2 = 0.897$  (Figura 5).



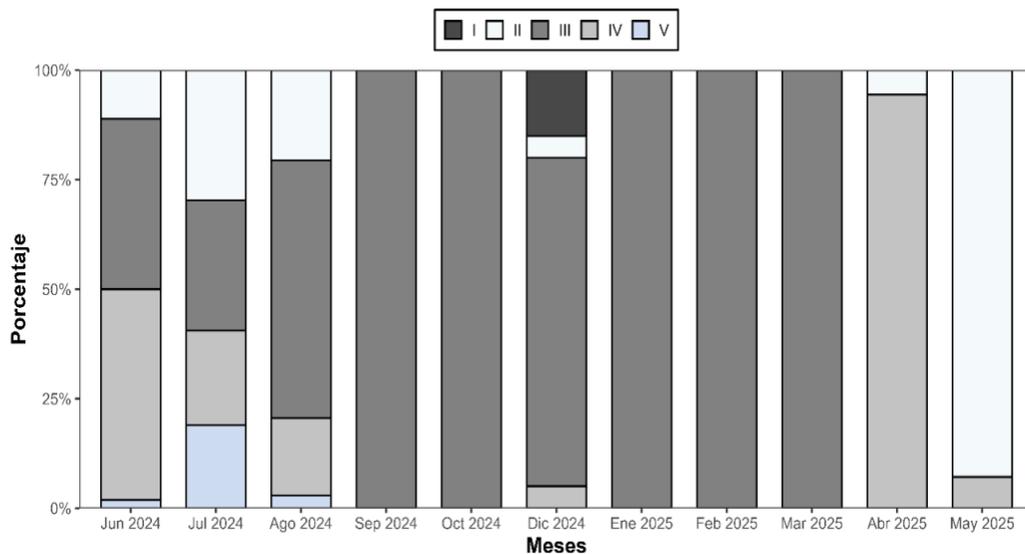
**Figura 4.** Relación talla-peso de *P. opercularis* para sexos combinados con intervalos de confianza al 95%.



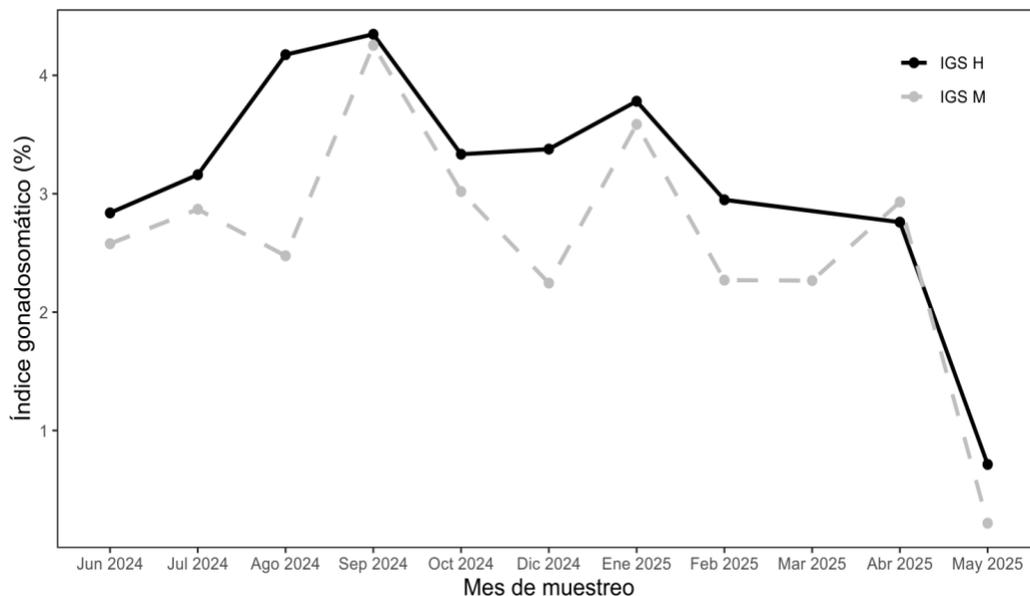
**Figura 5.** Relación talla-peso de *P. opercularis* de hembras (A) y machos (B) con intervalos de confianza al 95%.

### Índice gonadosomático

Se registró 5 estadios gonadales, en donde, predominó el estadio III (61.13%), seguido por el IV (20.85%), el II (13.78%), el V (3.18%) y el I (1.06%) (Figura 6). La actividad reproductiva de *P. opercularis* para machos y hembras presentó 3 valores altos en los meses de septiembre 2024, enero y abril del 2025, lo cual indica que en esos meses la especie mostró un periodo de reproducción (Figura 7).



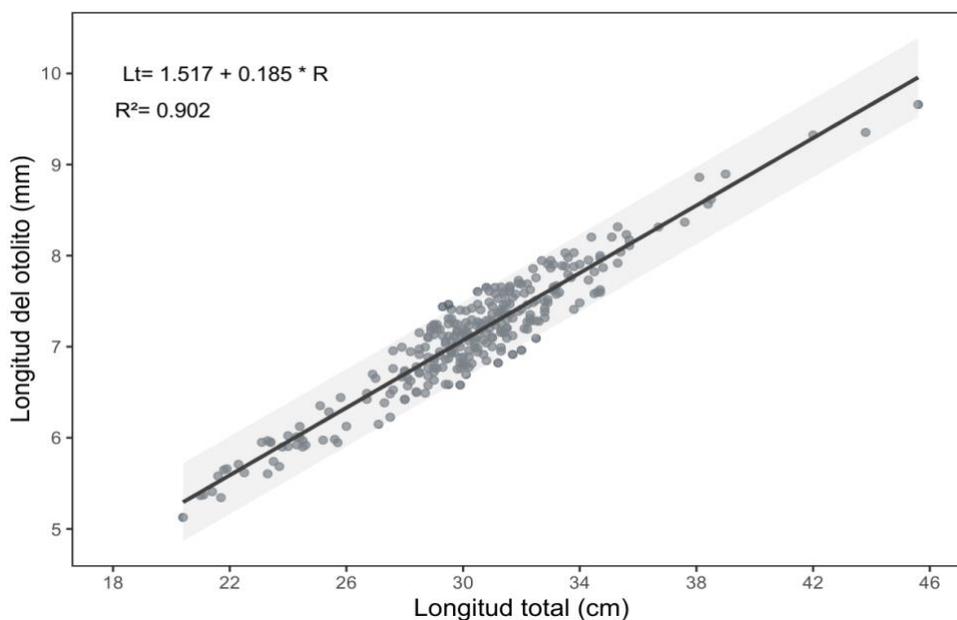
**Figura 6.** Proporción presentada de los estadios gonadales para sexos combinados durante los meses de muestreo de *P. opercularis*.



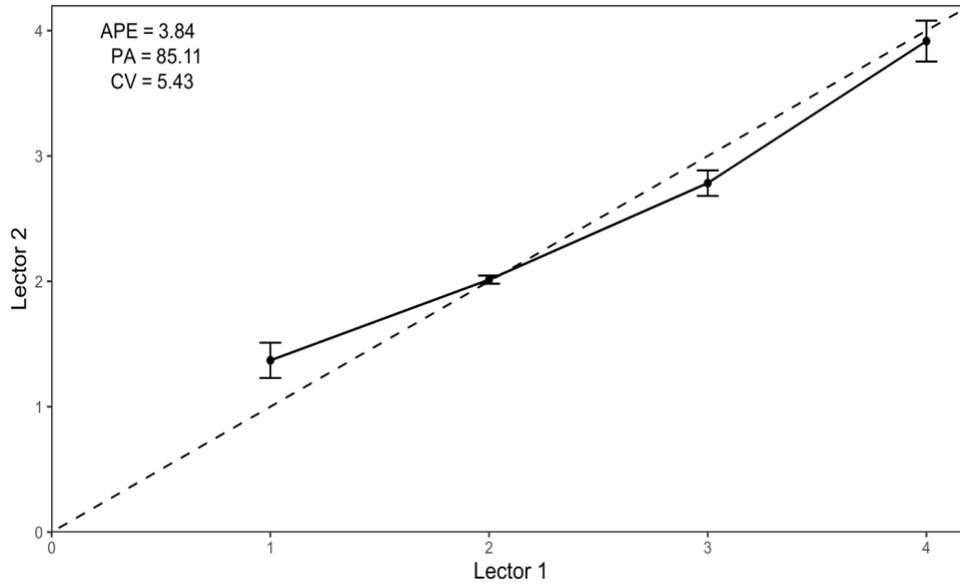
**Figura 7.** Índice gonadosomático (IGS) de hembras y machos de *P. opercularis*.

### Parámetros de crecimiento

Mediante la lectura de 282 otolitos legibles, se registró que existe una relación lineal estadísticamente significativa entre el diámetro del otolito y longitud total de *P. opercularis* ( $R^2 = 0.902$ ;  $p < 0.05$ ) (Figura 8), se mostró un APE de 3.84 con un CV de 5.43 (Figura 9) lo que consolida la lectura de edades.

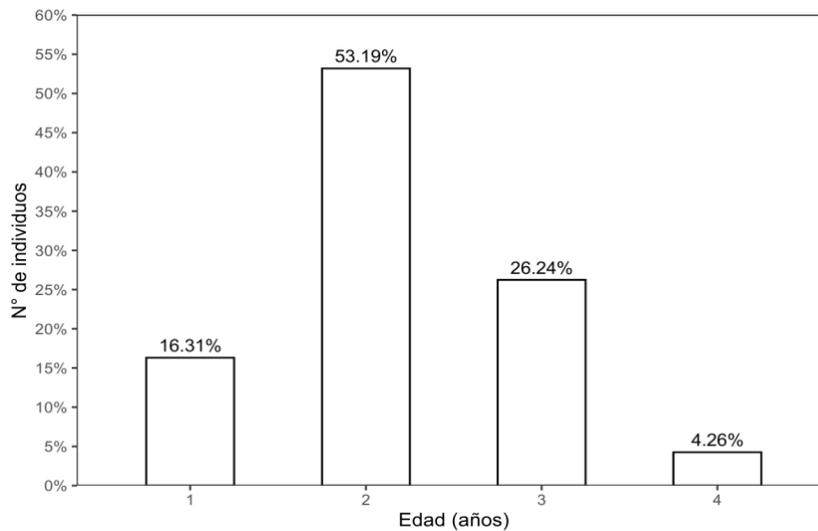


**Figura 8.** Relación diámetro del otolito (mm) – Longitud total (cm) con intervalos de confianza al 95% de *P. opercularis* para sexos combinados.



**Figura 9.** Precisión de sesgo de edad entre dos lectores para *P. opercularis*. Se muestra el Porcentaje de acuerdo entre lectores (PA), el error promedio porcentual (APE) y el coeficiente de variación (CV), la línea discontinua representa la equivalencia 1:1.

Se validaron 4 grupos de edades en un rango de 20 a 46 cm con una amplitud de 2 cm, se elaboró una tabla clave Edad-longitud, obteniendo longitudes promedio de 26.5 cm (Edad 1), 30.29 cm (Edad 1), 32.88 cm (Edad 3), 38.56 cm (Edad 4+) (Tabla 2). La mayor cantidad de individuos se registró en la edad de 2 años, con un 53.19% total de individuos muestreados, mientras que el grupo con menor individuos se observó en la edad de 4 años con un 4.26 % del total de individuos de *P. opercularis* muestreados (Figura 10)

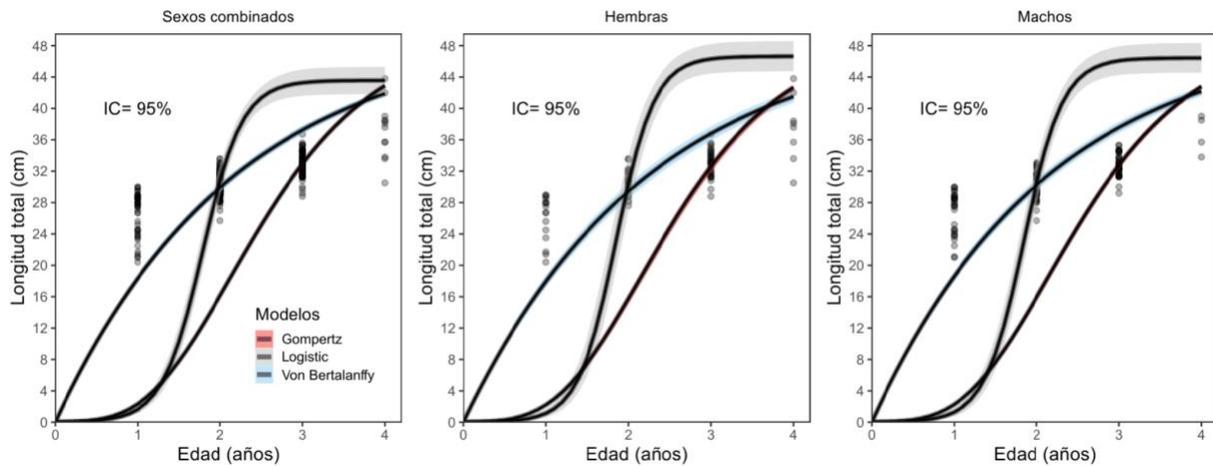


**Figura 10.** Cantidad de individuos de *P. opercularis* por cada grupo de edad.

A partir del multimodelo bayesiano, el LOOICw determinó que el modelo de von Bertalanffy obtuvo un mayor ajuste (Tabla 3), se obtuvo los siguientes parámetros de crecimiento para sexos combinados:  $L_{\infty} = 49.92$  cm Lt y  $k = 0.46$  años<sup>-1</sup>, para hembras:  $L_{\infty} = 49.96$  cm Lt;  $k = 0.44$  años<sup>-1</sup> y para machos:  $L_{\infty} = 49.95$  cm Lt;  $k = 0.47$  años<sup>-1</sup>. (Figura 11).

Longitud total (cm)	Edad (años)				Total
	1	2	3	4+	
20	5				5
22	6				6
24	6	1			7
26	11	4			15
28	18	60	4		82
30		72	19		91
32		13	34	1	48
34			16	3	19
36			1	1	2
38				4	4
40				1	1
42				1	1
44				1	1
46					
<hr/>					
N	46	150	74	12	282
SD	4.79	1.29	1.52	3.64	
Longitud media	26.5	30.29	32.88	38.56	

**Tabla 2.** Tabla clave Edad-longitud para sexos combinados de *P. opercularis*.

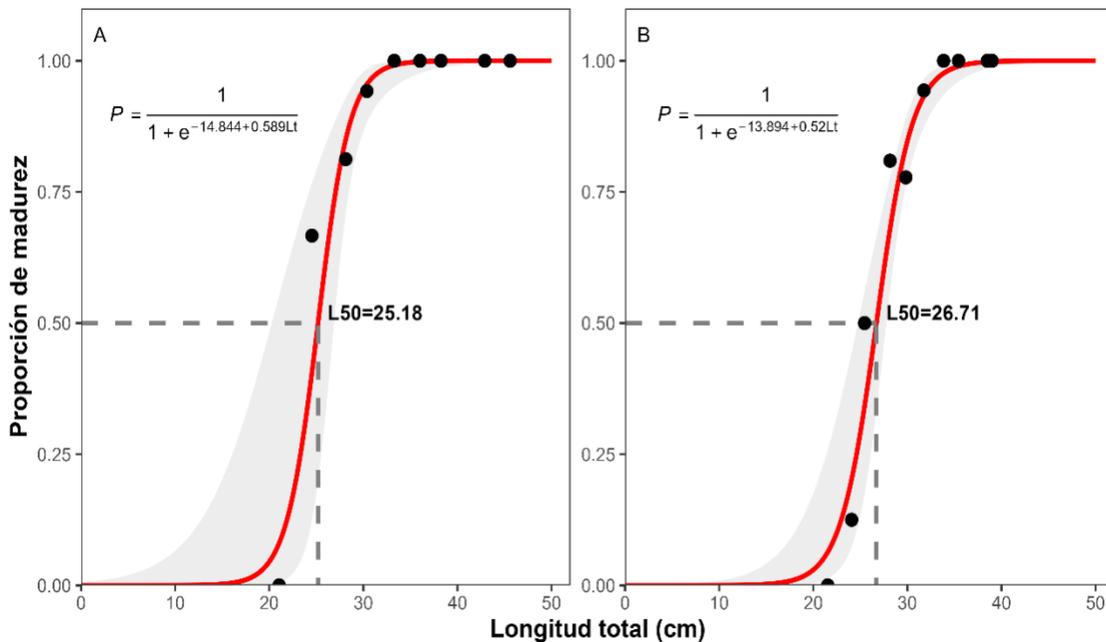


**Figura 11.** Curvas de crecimiento en longitud (modelos con intervalos de confianza del 95% de von Bertalanffy, Gompertz y Logistic) para sexos combinados, hembras y machos de *P. opercularis*.

Utilizando la ecuación logística de Sparre y Venema, se estimó una longitud media de madurez sexual de 25.18 cm para hembras y 26.71 cm para machos (Figura 12).

Modelo	Parámetros			
	L00	k	LOOIC	Wi
von Bertalanffy	49.92 ± 0.12	0.46 ± 0.01	1,651.87	1
Gompertz	50.04 ± 0.12	1.00 ± 0.00	2,305.38	0
Logistic	43.57 ± 0.88	4.14 ± 0.16	2,733.44	0

**Tabla 3.** Comparación de los modelos de crecimiento ajustados por análisis bayesianos para sexos combinados de *P. opercularis*.



**Figura 12.** Talla media de madurez sexual para hembras (A) y machos (B) de *P. opercularis*.

#### 4. Discusión

En las costas del océano Pacífico habita *P. opercularis*, una especie que ha sido escasamente estudiada en cuanto a sus aspectos biológicos, reproductivos y poblacionales. Por lo tanto, estos resultados obtenidos contribuirán en el desarrollo de estrategias de gestión pesquera sostenible en el país.

En esta investigación se obtuvieron tallas que varían desde los 20.4 a 45.6 cm de longitud total y una proporción sexual de 1.6M:1H, en cambio, (Chicas Batres et al., 2012) reportaron tallas que fluctuaron de 14.5 a 54 cm de longitud total y una proporción de 1.2M:1H, siendo predominante los machos en ambos estudios. Esta proporción de variabilidad puede ser provocada por factores tanto ambientales como genéticos o muchas veces el comportamiento de la especie (Sandra, G.E & Norma, M. M, 2010).

El análisis relación longitud y peso totales permitió determinar que tanto machos como hembras de *P. opercularis* tienen un crecimiento alométrico negativo ( $b < 3$ ). En contraste, (Martínez Dubón et al., 2024) reportaron para su estudio que *P. opercularis* presenta un crecimiento similar. Por otra parte, (Eyo & Awom, 2016) realizaron un estudio en el Estuario del Río Cross, Nigeria donde reportó un coeficiente de crecimiento de ( $b = 2.1884$ ) en la especie *Polydactylus quadrafilis*. Esto indica que a lo largo del tiempo esta especie adelgaza a medida que aumenta de tamaño.

Los valores del Índice gonadosomático (IGS) de *P. opercularis* mostraron un patrón mensual de maduración gonadal donde el estadio III se destacó con un (61.13%), asimismo, se observaron tres picos de desove durante septiembre 2024, enero y abril del 2025, indicando tres posibles estacionalidades de reproducción. En un estudio en el sistema del río Mekon, (Vo et al., 2025) reportó que en la especie *Polynemus melanochir* predominaron los estadios II y III, a su vez, se evidenció que su pico más alto fue en marzo del 2024 durante la estación seca, lo que sugiere que ese mes podría ser el período de reproducción.

Se registró la relación entre el diámetro del otolito y longitud total de *P. opercularis* donde se obtuvo un ( $R^2 = 0.902$ ), mostrando una buena relación en esta especie. Los otolitos mantienen una estrecha relación con el crecimiento de los peces, por lo que, son una herramienta muy útil para estimar los parámetros de crecimientos (Campana & Thorrold, 2001). Las lecturas de otolitos se validaron con un buen resultado en el APE, PA y CV, según (Campana, 2001) estos valores se encuentran dentro del umbral sugerido, lo que aporta confianza en las estructuras de edades reportadas para *P. opercularis*.

En este estudio se identificó hasta 4 grupos de edades, con talla promedios de 26.5 cm (Edad 1), 30.29 cm (Edad 2), 32.88 cm (Edad 3) y 38.56 cm (Edad 4+) para *P. opercularis*. En el grupo más numeroso se observaron 192 individuos pertenecientes a la edad de 2 años, lo cual representó el 69.15% total de individuos muestreados. Sin embargo, (Kagwade, 1971) menciona que la edad de

*Polydactylus heptadactylus* va de 1 a 5 años. Por el contrario, (Konan et al., 2019) señala que las especies de la familia Polynemidae y del género *Polydactylus* como: *Polydactylus quadrifilis*, *Galeoides decadactylus* y *Pentanemus quinquarius* presentan edades que fluctúa de 0 a 7 años.

Se estimaron los parámetros de vida de *P. opercularis* donde se obtuvieron los siguientes valores  $L_{\infty} = 49.92$  cm Lt y  $k = 0.46$  años<sup>-1</sup>, el valor de k sugiere que en todo el periodo de vida esta especie presenta un crecimiento rápido (King, 2007; Sparre & Venema, 1997). Estos parámetros de crecimiento podrían inducir que *P. opercularis* presentan una longevidad muy corta al ser peces de crecimiento rápido (Mangel & Abrahams, 2001). Por otro lado, (DIPESCA/MAGA & PNUD, 2018) presenta una longitud infinita mayor y una tasa de crecimiento similar al presente estudio, sin embargo, (Mamian & Quintero, 1996) obtuvo una longitud infinita menor y una tasa de crecimiento más alta, esta diferencia podría atribuirse tanto a factores espaciales como temporales y a una presión pesquera distinta en los lugares de muestreo. Un estudio realizado en la Costa de Marfil por (Konan et al., 2012), reportaron valores de  $L_{\infty} = 102.44$  y  $K = 0.406$  para el *Polydactylus quadrifilis*, el crecimiento para esta especie es similar al actual estudio, aunque, cabe destacar que el rango de longitud total es mucho mayor.

La longitud media de madurez sexual estimada para *P. opercularis* fue de 25.18 cm en hembras y 26.71 cm en machos, indicando que alcanzan la madurez a tallas pequeñas. (Chicas Batres et al., 2012) reporta que *P. opercularis* alcanza una longitud de madurez sexual a los 27 cm, estando apenas por encima de la reportada por este estudio, sin embargo, un estudio en el Pacífico de Guatemala por (DIPESCA/MAGA & PNUD, 2018), presentaron una longitud de madurez a los 29 cm, esto puede estar relacionado a los diferentes periodos de muestreo, a los cambios de las condiciones ambientales y el uso de diferentes modelos para estimar los parámetros.

## 5. Conclusión

Los resultados del estudio de *P. opercularis* indicaron una mayor predominancia en machos, pero se encontró diferencia significativa en cuanto a talla, donde las hembras presentaron una talla media más grande a diferencia de los machos. Se determinó un crecimiento alométrico negativo en la relación longitud-peso y se estimó hasta cuatro grupos de edades mediante la lectura de otolitos (sagitta). Mediante el modelo de von Bertalanffy se registró para las hembras una longitud infinita  $L_{\infty} = 49.96$  cm Lt y una tasa de crecimiento  $k = 0.44$  años<sup>-1</sup>, para los machos una longitud infinita  $L_{\infty} = 49.95$  cm Lt y una tasa de crecimiento  $k = 0.47$  años<sup>-1</sup>, indicando un crecimiento

rápido. Asimismo, se obtuvo la talla de primera madurez sexual (L50), donde 25.18 cm para hembras y 26.71 cm para machos. Conocer la talla de primera madurez de *P. opercularis* es clave para aportar e implementar estrategias de gestión pesquera sostenible.

## 6. Referencias bibliográficas

- Barzola-López, L. H., Campos-Vera, R. J., & Soto-Galarza, B. I. (2020). Factores amenazantes del desarrollo sostenible de peces pelágicos en Ecuador desde una óptica gerencial. *Dominio de las ciencias*, 6(1), 583-600.
- Beamish, R., & Fournier, D. (1981). A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can J Fish Aquat Sci*, 38(8), 982-983.
- Bogan, S., & Martino, V. D. (2011). Registro de *Polydactylus oligodon* (Teleostei: Polynemidae) en la costa de la localidad balnearia de monte hermoso (Provincia Buenos Aires). *Historia natural*, 1, 101-104.
- Buitrón, B., Perea, A., Mori, J., Sánchez, J., Roque, C., Gálvez, M. A., & Castillo, J. (2015). Escala madurez gonadal de Anchoqueta Peruana *ENGRAULIS RIGENS* (Jenyns, 1842). *Boletín Instituto del mar de Perú*, 30(1-2), 10-19.
- Campana, S. E. (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(2), 197-242.
- Campana, S. E., & Thorrold, S. R. (2001). Otoliths, increments, and elements: Keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 30-38. <https://doi.org/10.1139/cjfas-58-1-30>
- Cantos-Mero, S., & Soledispa-Bravo, G. (2024). Edad, crecimiento y madurez sexual de la Hojita, *Chloroscombrus Orqueta* JORDAN & GILBERT, 1883, desembarcadas en las

- costas de Manta, Ecuador. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura "YAKU"*, 7(12), 25-38.
- Castro Moreira, C., Flores Rivera, G., & Tigreiro González, W. (2023). Variación temporal en talla y madurez sexual de Merluza común (MERLUCCIUS GAYI, GUICHENOT, 1848) de la pesca con palangre de profundidad en aguas Ecuatorianas. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura "YAKU"*, 6(11), 1-12.
- Chang, W. (1982). A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can J Fish Aquat Sci*, 39(8), 1208-1210.
- Chicas Batres, F. A., González Leiva, J. A., & Ramírez Vásquez, W. E. (2012). *ECOLOGÍA BÁSICA DE LOS PECES DEL GOLFO DE FONSECA: Bases para el manejo de la pesca artesanal*. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador.
- DIPESCA/MAGA & PNUD. (2018). *Caracterización de la Pesca Artesanal del Pacífico de Guatemala: 3. Tercer Cuatrimestre*. (p. 196) [Informe técnico]. Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (DIPESCA/MAGA); Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Eyo, V. O., & Awom, I. E. (2016). Length-Weight Relationship, Length Frequency Distribution and Condition Factor of the Shiny Nose Polydactylus quadrafilis (Cuvier, 1829) From the Cross River Estuary, Nigeria. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 2(2), 373-378.
- Fox, J., & Weisberg, S. (2019). *An R Companion to Applied Regression* [Software].  
<https://www.john-fox.ca/Companion/>

- Goicochea, C., Moquillaza, P., & Mostacero, J. (2012). EDAD Y CRECIMIENTO DE *Paralabrax humeralis* (Valenciennes) EN EL MAR DEL CALLAO, 1996. *Instituto del mar del Perú*, 39(1-2), 23-25.
- Goldman, K. (2005). Age and growth of elasmobranch fishes. *FAO Fish Tech Paper*, 474.
- Gómez Márquez, J. L., Peña Mendoza, B., Guzmán Santiago, J. L., Salgado Ugarte, I. H., Cervantes Sandoval, A., Bautista Reyes, C., & Alejo Plata, M. del C. (2020). *Determinación de la edad y crecimiento de organismos acuáticos con énfasis en peces*. UNAM, FES Zaragoza.
- Gompertz, B. (1825). On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Philos Trans R Soc Lond*, 115, 513-583.
- Gross, J., & Ligges, U. (2015). *nortest: Tests for Normality* (Versión 1.0-4) [Rstudio].  
<https://CRAN.R-project.org/package=nortest>
- Gusmão-Pompian, P., Oliveira, C., & Quagio-Grassiotto, I. (2005). Spermatozoa ultrastructure in Sciaenidae and Polynemidae (Teleostei: Perciformes) with some consideration on Percoidei spermatozoa ultrastructure. *Tissue and Cell*, 37(3), 177-191.
- Holden, M. J., & Raitt, D. F. S. (1975). *Manual de ciencia pesquera Parte 2—Métodos para Investigar los Recursos y su Aplicación* (Vol. 115). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).
- Jiménez Prado, P., & Béarez, P. (2004). *Peces Marinos del Ecuador continental. Tomo 2: Guía de Especies / Marine fishes of continental Ecuador.: Vol. Volume 2: Species Guide*. SIMBIOE/NAZCA/IFEA.

- Kagwade, P. V. (1971). Age and growth of *Polynemus heptadactylus* Cuv. And Val. From the Bombay-Saurashtra region. *Indian Journal of Fisheries*, 18(1-2), 33-51.
- King, M. (2007). *Fisheries Biology, Assessment and Management* (2 nd Edition). Blackwell Science Publications.
- Konan, K. S., Gervais Djadji, E. L., Amon, Y. N., & N'da, K. (2019). Determination of the Sexual Maturity of Threadfins *Polydactylus quadrifilis* (Cuvier, 1829), *Galeoides decadactylus* (Bloch, 1795) and *Pentanemus quinquarius* (Linné, 1758) of the Artisanal Marine Fishery of Grand-Lahou (Ivory Coast). *Journal of Scientific Research & Reports*, 23(1), 1-9.
- Mamian, L., & Quintero, M. (1996). *Aspectos biológicos y dinámica poblacional de los peces de la familia Polydactylidae en el Pacífico colombiano*. [BSc thesis]. Universidad del Valle.
- Mangel, M., & Abrahams, M. V. (2001). Age and longevity in fish, with consideration of the ferox trout. *Experimental Gerontology*, 36(4-6), 765-790.
- Martínez Dubón, R. M., Schoenbeck Yanes, M. de los A., & Morales Aguilar, J. A. (2024). *Evaluación del estado actual de las pesquerías de peces demersales y pequeños pelágicos en el Centro Oriente del Pacífico de Guatemala*. (p. 63). Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (Digi).
- Morales, M., & González, L. W. (2010). Edad y crecimiento del pez *Haemulon steindachneri* (Perciformis: Haemulidae) en el suroeste de la isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 299-310.
- Morales-Nin, B. (1992). *Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Motomura, H. (2004). *Threadfins of the world (Family Polynemidae)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Motomura, H., Kimura, S., & Iwatsuki, Y. (2002). Revision of the threadfin genus *Polydactylus* (Perciformes: Polynemidae) from the eastern Pacific Ocean. *Ichthyological Research*, 49, 358-366.
- Munro, J. L., & Pauly, D. (1983). A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*, 1(1), 5-6.
- Ogle, D., Doll, J., Wheeler, A., & Dinno, A. (2025). *FSA: Simple Fisheries Stock Assessment Methods*. (Versión 0.10.0) [Rstudio]. <https://CRAN.R-project.org/package=FSA>
- Prasad, R. R., Jaiswar, A. K., Reddy, S. B., Chakraborty, S. K., Palaniswamy, R., & Parida, P. (2005). Growth, mortality and yield per recruit of *Polynemus heptadactylus* (Cuvier) (Teleostei: Polynemidae) from Mumbai waters, India. *Fisheries Research*, 76(1), 155-161.
- R Core Team. (2025). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* [Rstudio]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Revelle, W. (2025). *psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research* (Versión 2.5.6) [Rstudio]. Northwestern University. <https://CRAN.R-project.org/package=psych>
- Ricker, W. E. (1975). *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations*. Bulletin of the Fisheries Research Council of Canada.
- Ricker, WE. (1979). *Growth rates and models*. In: Hoar WS, Randall DJ, Brett JR, editors. Fish physiology, III, bioenergetics and growth.

- Rojas, P. A., & Zapata, L. A. (2006). Peces demersales del Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, Pacífico colombiano. *Biota Colombiana*, 7(2), 211-244.
- Sabando-Zambrano, M. C., & Palacios-Cedeño, N. M. (2023). La Pesca Artesanal y su Incidencia en el Desarrollo Socioeconómico de los Pescadores de Crucita-Ecuador. 593 *Digital Publisher CEIT*, 8(6), 161-173.
- Sánchez, J., Perea, Á., Buitrón, B., & Romero, L. (2013). Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. *Revista Peruana de Biología*, 20(1), 35-44.
- Sandra, G.E & Norma, M. M. (2010). Sexual determination and differentiation in teleost fish. *Rev. Fish Biol. Fisheries*, 20, 101-121.
- Smart, J. (2023). *AquaticLifeHistory: Fisheries life history analysis using contemporary methods*. [Rstudio]. <https://github.com/jonathansmart/AquaticLifeHistory>
- Smart, J., & Grammer, G. (2021). Modernising fish and shark growth curves with Bayesian length-at-age models. *PLoS ONE*, 16(2).
- Sparre, P., & Venema, S. C. (1997). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales—Parte 1: Manual* (1.ª ed.). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).
- Vo, L. T. T., Tran, A. N., Lam, ran T. H., Dinh, Q. M., Phan, G. H., & Nguyen, and T. H. D. (2025). Reproductive Biology and Spawning Patterns of *Polynemusmelanochir*: Implications for Conservation and Population Management. *Wiley International Journal of Zoology*, 2025(1), 11.
- Von Bertalanffy, L. (1938). A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquiries on Growth Laws. II). *Human Biology*, 10(2), 181-213.

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* [Rstudio].

<https://ggplot2.tidyverse.org>

Zamora Cruz, E. E. (2014). "*Guia de identificación de las principales especies de peces óseos de interés comercial en el desembarcadero de tarqui "Playita Mia", Manta-Manabí-Ecuador*" [Tesis pregrado]. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta.