

Estimación de la Edad, Crecimiento y Madurez Sexual de *Hemanthias peruanus* (Steindachner, 1875) Capturada en las Costas de Manabí, Ecuador

Estimation of Age, Growth, and Sexual Maturity of *Hemanthias peruanus* (Steindachner, 1875) Caught off the Coast of Manabí, Ecuador

Luxy Macias-Palma¹✉, Denisse Pinela-Zamora¹✉ and Kléver Mendoza-Nieto^{1*}✉

¹ Carrera Biología, Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. Circunvalación - Vía a San Mateo, Manta, Ecuador.

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo estimar los parámetros de crecimiento y madurez sexual de *Hemanthias peruanus*, especie de creciente importancia para las comunidades pesqueras de Ecuador por su alta demanda local. La investigación se desarrolló en la zona de desembarque en Manta, Ecuador, analizando 349 ejemplares. No se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras, por lo que los datos se procesaron como sexos combinados ($U = 9778$, $p > 0.05$). La edad se estimó mediante el conteo de anillos de crecimiento en los otolitos, y los parámetros de crecimiento se calcularon mediante un enfoque multimodelo bayesiano. Las tallas oscilaron entre 19 y 38.1 cm de longitud total (LT), con un promedio de 25.51 ± 3.79 cm. La relación talla-peso indicó un crecimiento alométrico negativo ($b = 2.73$), identificándose seis grupos etarios de +2 a +7 años. El modelo de von Bertalanffy mostró mejor ajuste, con $L_{\infty} = 43.29$ cm y $K = 0.21$, y una talla de madurez (L50) en 20.48 cm de LT. Estos hallazgos constituyen la primera aproximación integral sobre la dinámica poblacional de la especie en Ecuador y representan una base científica esencial para orientar regulaciones pesqueras, establecer tallas mínimas de captura y contribuir con estrategias de manejo sostenible.

Palabras clave: Talla y peso, alométrico, otolito, von Bertalanffy

ABSTRACT

The study aimed to estimate the growth and sexual maturity parameters of *Hemanthias peruanus*, a species of increasing importance to fishing communities in Ecuador due to its high local demand. The research was conducted in the discharging area of Manta, Ecuador, analysing 349 specimens. No significant differences were found between males and females, so the data were processed collectively ($U = 9778$, $p > 0.05$). Age was estimated by counting growth rings in the otoliths, and growth parameters were calculated using a Bayesian multimodel approach. Sizes ranged from 19 to 38.1 cm total length (TL), with a mean of 25.51 ± 3.79 cm. The length-weight relationship indicated negative allometric growth ($b = 2.73$), identifying six age groups from +2 to +7 years. The von Bertalanffy model provided the best fit, with $L_{\infty} = 43.29$ cm and $K = 0.21$, and a maturity length

(L50) of 20.68 cm TL. These findings represent the first comprehensive assessment of the species population dynamics in Ecuador and provide a crucial scientific basis for guiding fishery regulations, establishing minimum catch sizes, and supporting sustainable management strategies.

Keywords: Size and weight, allometric, otolith, von Bertalanffy.

INTRODUCCIÓN

A través de los siglos, la pesca ha representado una de las prácticas más antiguas y fundamentales para las poblaciones que habitan en zonas costeras (González-Garcés, 2006; Fernández-Espinosa *et al.*, 2021). Esta actividad se divide principalmente en dos sectores: el artesanal, de pequeña escala, tradicional y con menor impacto ambiental; y el industrial, masivo, tecnificado y con mayor riesgo de sobreexplotación (Montenegro-Yagual, 2021; Cevallos-Marcillo, 2023). A nivel global, la pesca es fundamental para la seguridad alimentaria y el empleo, representando más del 90% de la fuerza laboral pesquera y contribuyendo con el 50% de las capturas para consumo humano directo (FAO, 2022). En Ecuador, ambos sectores contribuyen sustancialmente a la economía nacional. La pesca artesanal, en particular, no solo es una fuente esencial de alimento, sino también una importante vía de ingresos para miles de familias (Zambrano-Campoverde *et al.*, 2021). La explotación de recursos pesqueros, especialmente especies pelágicas y demersales de alto valor comercial, abastece mercados nacionales e internacionales, generando importantes beneficios (Villegas Calzada, 2012; Robinson *et al.*, 2022).

Entre estas especies demersales de relevancia comercial en Ecuador se encuentra *Hemanthias peruanus* (cabra o cabrilla), un serránido que habita fondos rocosos y arenosos del Pacífico Este tropical, distribuido desde California (EEUU) hasta el norte de Chile, incluyendo las Islas Galápagos, a profundidades de hasta 300 m (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008; Chirichigno y Vélez, 1998). Estudios realizados en Ecuador, como la tesis de Luzardo-Figueroa (2019), han aportado información fundamental sobre los parámetros biológicos de esta especie capturada por la flota industrial polivalente. Su relevancia ecológica radica en su papel como depredador intermedio dentro de la red trófica bentónica, con una dieta

*Autor para correspondencia: Kléver Mendoza Nieto
Correo-e: klever.mendoza@uleam.edu.ec

Recibido: 15 de abril de 2025

Aceptado: 17 de diciembre de 2025

Publicado: 25 de febrero de 2026

basada en crustáceos y peces pequeños. Como muchos serránidos, presenta una estrategia reproductiva compleja que se sospecha es hermafrodita protógina (maduran primero como hembras y algunos individuos cambian a machos posteriormente), una característica biológica que lo hace particularmente vulnerable a la sobrepesca, y a la extracción selectiva de los ejemplares más grandes (potencialmente machos) puede afectar críticamente la capacidad reproductiva de la población (Lucano-Ramírez *et al.*, 2022; Sadovy y Domeier, 2005). En Ecuador, es capturado principalmente como fauna acompañante en pesquerías artesanales que utilizan redes de arrastre y espinel de fondo (Luzardo-Figueroa, 2019), lo que unido a su biología reproductiva sensible suscita preocupación sobre su estatus poblacional.

Precisamente, la evaluación y gestión pesquera sostenible dependen del entendimiento de estos aspectos biológicos fundamentales. El estudio de la dinámica reproductiva es crucial para detectar cambios poblacionales y comprender los factores que afectan su desarrollo (Saborido-Rey, 2008), mientras que los estudios de edad y crecimiento, comúnmente determinados mediante el análisis de estructuras duras como los otolitos sagitales, son la base para evaluar la dinámica poblacional (Campana y Thorrold, 2001; Morales-Nin, 1992). La integración de esta información permite establecer medidas de manejo que optimicen la explotación y mitiguen impactos negativos (Castro-Moreira *et al.*, 2023). Sin embargo, para especies con datos limitados o de origen comercial, como es el caso de *H. peruanus* en Ecuador, los métodos tradicionales suelen ser insuficientes. En este contexto, los análisis multimodelo y la estadística bayesiana se consolidan como herramientas esenciales, ya que permiten integrar la incertidumbre biológica y la variabilidad de los datos, además de incorporar información a priori (como tendencias históricas o características biológicas conocidas) para obtener estimaciones más robustas y precisas (Smart y Grammer, 2021; Gelman *et al.*, 2020; Monnahan, 2024).

Dada la escasez de información sobre la dinámica poblacional de *H. peruanus* en Ecuador y el Pacífico Sudeste, este estudio aplica estos enfoques avanzados con el objetivo de estimar sus parámetros de edad, crecimiento y madurez sexual, aportando así datos cruciales para el diseño de medidas de manejo que garanticen la sostenibilidad a largo plazo de esta pesquería.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de muestreo

El muestreo se realizó en la zona de desembarque Los Esteros, Manta ($0^{\circ} 56' 19.5''$ S, $80^{\circ} 42' 40.1''$ W) (Figura 1), donde *Hemanthias peruanus* no es objeto de una pesca dirigida, sino que forma parte de la fauna asociada a la pesquería de merluza y se captura en la pesca artesanal.

Fase de campo

Los muestreos mensuales se llevaron a cabo entre octubre de 2022 y octubre de 2023. Los ejemplares recolectados se conservaron en una hielera y fueron transportados al laboratorio

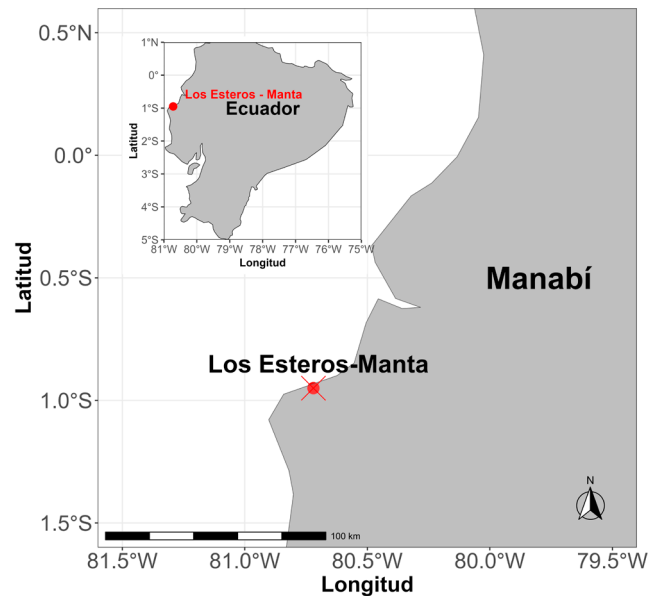


Figura 1. Zona de estudio correspondiente al sitio de desembarque de *Hemanthias peruanus* en Los Esteros, Manta (provincia de Manabí, Ecuador). El recuadro muestra la ubicación geográfica del área de investigación dentro del territorio ecuatoriano.

Figure 1. Study area corresponding to the *Hemanthias peruanus* discharging site in Los Esteros, Manta (Manabí province, Ecuador). The inset shows the geographical location of the research area within Ecuadorian territory.

de Biología de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) para llevar a cabo los análisis morfométricos.

Fase de laboratorio

Se registró la longitud total (LT) de cada ejemplar con un ictiómetro de precisión 1 mm y el peso total (PT) con una balanza electrónica Adam PGW 1502 (precisión de 0.01 g). El sexo y la madurez sexual se determinó visualmente mediante las características morfométricas de las gónadas, siguiendo los criterios de Holden y Raitt (1975).

Los otolitos se extrajeron del tabique ventral de la cavidad ótica utilizando pinzas, se limpiaron con agua destilada, se secaron y almacenaron en tubos Eppendorf rotulados. Posteriormente, se hidrataron con glicerina durante 24 horas para mejorar la visibilidad de los anillos de crecimiento.

La lectura de los otolitos se realizó en una caja Petri de fondo oscuro, identificando bandas hialinas (capas delgadas) y bandas opacas (capas gruesas) mediante un microscopio digital LCD de 4.3 pulgadas. Cada otolito fue fotografiado sobre una hoja milimetrada para calibrar sus mediciones con el programa ImageJ (versión 1.46), obteniendo datos como el radio del otolito (RO) y su longitud (LO). Se examinaron un total de 283 pares de otolitos sagitta legibles, a cada estructura dura se le realizaron dos mediciones Radio de otolito (RO) en mm y Longitud de otolito (LO) en mm para comparar y determinar la variable que se ajusta mejor al modelo.

Análisis de datos

Para estimar la relación longitud-peso, se utilizó la ecuación alométrica descrita por Ricker (1975) y Froese, (2006)

$$Pt = aLt^b$$

donde Pt representa el peso, Lt la longitud total, a es la constante de proporcionalidad y b el exponente que indica el patrón de crecimiento.

Además, las diferencias significativas del exponente b en comparación con el valor de 3 se evaluaron utilizando la prueba t de Student, siguiendo el procedimiento descrito por (Zar, 2013).

$$t = \frac{b - 3}{Eb}$$

donde b es la pendiente, 3 la constante de isometría y Eb el error estándar de b

Los otolitos *sagitta* fueron observados de manera independiente por dos lectores, con el objetivo de evaluar la precisión de las lecturas, siguiendo el método propuesto por Campana y Thorrold (2001). Para ello, se utilizó el Error Promedio Porcentual (APE) descrito por Beamish y Fournier (1981), con el fin de garantizar una mayor exactitud en la interpretación de los anillos de crecimiento.

$$APE = \left[\frac{1}{N} \times \left(\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \left(\frac{|X_{ij} - \bar{X}_j|}{\bar{X}_j} \right) \right) \right] * 100$$

donde N representa el número de peces, R es el número de veces que la muestra fue leída, X_{ij} es el número de anillos o la edad determinada para el espécimen X_j es el promedio de las edades determinadas de cada muestra.

Para medir la precisión en las lecturas de otolitos, se utilizó el coeficiente de varianza (CV) (Chang, 1982), con la siguiente fórmula:

$$CV = \left[\frac{1}{n} \times \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{R_j}}}{\bar{X}_j} \right) \right] \times 100\%$$

Donde CV es la precisión de edad estimada para el ejemplar, X_{ij} es la i -ésima edad estimada para el ejemplar, $\bar{X}_j$ es la edad promedio del ejemplar, y R es el número de lectores.

Para estimar los parámetros de crecimiento de *H. peruanus*, se llevó a cabo un análisis multimodelo con enfoque bayesiano. Se emplearon tres modelos de crecimiento ampliamente utilizados en estudios de dinámica de poblaciones. El modelo de crecimiento de von Bertalanffy (VBGM) (von Bertalanffy, 1938) describe la longitud esperada L_t a una determinada edad mediante la ecuación:

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

El modelo de crecimiento de Gompertz (GGM) (Gompertz, 1825)

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

Mientras que el modelo de crecimiento logístico (LGM) (Ricker, 1979) se define como:

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

En estas ecuaciones, L_t representa la longitud esperada a una determinada edad, L_∞ es la longitud asintótica, L_0 es la longitud al nacer, y K y g son coeficientes de crecimiento específicos para cada modelo.

La selección de los tres modelos von Bertalanffy (VBGM), Gompertz (GGM) y logístico (LGM) se basó en su relevancia biológica para peces. Estos modelos representan los principales patrones de crecimiento (asintótico y sigmoideo) reportados para serránidos (Katsanevakis y Maravelias, 2008). Se excluyeron modelos más complejos para evitar sobreajuste, ya que el reducido tamaño muestral de *H. peruanus* no justifica mayor parametrización (Burnham y Anderson, 2002).

Para seleccionar el modelo de mejor ajuste, se empleó el criterio de información (LOOIC), calculado mediante el paquete 'BayesGrowth'. Adicionalmente, se estableció una longitud al nacimiento $L_0 = 0.01$ cm (Smart, 2020) y se consideró la longitud máxima registrada en la literatura de 45 cm de LT (Heemstra, 1995).

Finalmente, se utilizó un modelo binomial para estimar la talla de madurez sexual (L_{50}), codificando como 0 a los organismos inmaduros y como 1 a los maduros. Este análisis se realizó mediante el paquete Estimate_Len_Maturity de AquaLifeHistory. La relación entre la proporción de individuos maduros y la talla se describió con la siguiente ecuación:

$$P(L) = P_{max} \left(1 + e^{-\ln\left(\frac{L-L_{50}}{L_{95}-L_{50}}\right)} \right)$$

donde P_{max} representa la proporción de individuos maduros, y L_{50} y L_{95} corresponden a las longitudes en las cuales el 50% y el 95% de los individuos han alcanzado la madurez sexual, respectivamente.

Los datos se registraron en hojas de cálculo de Excel. Para evaluar posibles diferencias significativas en las tallas entre machos y hembras, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, previa verificación de los supuestos de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Asimismo, se realizó un análisis de correlación entre la longitud del otolito y la longitud total del organismo para identificar patrones de crecimiento relacionados. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con un nivel de confianza del 95%, empleando el software Statgraphics Centurion y el lenguaje de programación R (R Core Team 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Proporción sexual

Se analizaron 349 ejemplares de *H. peruanus*, de los cuales 55 organismos fueron machos (15.8%) y 293 hembras (84.2%), lo que representa una proporción de sexo 1M:5H, difiriendo significativamente de la esperada 1:1 ($\chi^2 = 162.77$, $p < 0.05$). La prueba Kolmogorov-Smirnov mostró que los datos no presentan una distribución normal ($K-S = 0.19$, $p < 0.05$), así mismo no se encontraron diferencias significativas entre las longitudes de machos y hembras ($U = 9778$, $p > 0.05$).

Aunque la proporción sexual observada en la población de *Hemanthias peruanus* fue de aproximadamente 5 hembras por cada macho, existe incertidumbre debido a que el hermafroditismo protogínico es común en algunos serranidos y ha sido reportado para especies del género *Hemanthias* incluida *H. peruanus* (Hastings, 1981; Coleman, 1983). Esto se debe a que la especie exhibe cambios de sexo durante su ciclo de vida, lo que hace que la asignación estricta de sexos a los individuos sea menos representativa para el análisis de la madurez sexual y otros parámetros biológicos (De Mitcheson y Liu, 2008), además de que no existían diferencias significativas entre las tallas de hembras y machos identificados. Por esta razón se decidió evaluar los parámetros poblacionales considerando los sexos combinados.

Estructura de tallas

El intervalo de tallas de los organismos fue de 19 - 38.1 cm de LT con talla promedio de 25.5 ± 3.7 cm LT, y peso entre 50 y 361 g con promedio 131.6 ± 51.1 g (Figura 2).

En este estudio, *H. peruanus* presentó tallas similares a las reportadas por Luzardo-Figueroa (2019), quien indicó un rango de 20 a 43 cm de longitud total (Lt) para ejemplares capturados por la flota polivalente en el Pacífico ecuatoriano y a lo reportado por MAGAP *et al.* (2009) para *H. signifer* en el Pacífico Ecuatoriano. Sin embargo, este rango de tallas fueron mayores a las mencionadas por Nieto Díaz (2014) para *H. signifer* en la provincia de Santa Elena, Ecuador y (Panchana y

Revelo, 2020) para *H. signifer* en la costa ecuatoriana. Por otro lado, en Perú, Minaya-Angoma *et al.* (2021) registraron tallas de 22.4 a 40 cm Lt, comparables a las observadas en este estudio. Las diferencias entre los rangos podrían atribuirse a los artes de pesca utilizados, siendo que los rangos más amplios se obtienen con redes de arrastre (Jennings *et al.*, 2009).

Relación talla peso

La relación entre la longitud total (LT) y peso total (PT) de *H. peruanus* fue definida por el modelo potencial con un coeficiente de determinación ($R^2 = 0.95$), indicando buen grado de relación entre ambas variables. Además, el valor de la pendiente b fue 2.73 estimando un crecimiento alométrico negativo ($t = 5.51$, $p < 0.05$) (Figura 3).

En Ecuador, Elías y Coello (2016) señalaron que algunas especies de la familia Serranidae presentan un crecimiento alométrico. En este estudio, la relación entre la longitud total y el peso de *H. peruanus* evidencia un crecimiento alométrico negativo, lo que indica que el pez crece más en longitud que en peso, diferente a lo reportado por (MAGAP *et al.*, 2009) para *H. signifer* en el Pacífico ecuatoriano donde reportaron isometría. Por otro lado, en Colombia, Zapata-Padilla (2015) reportó que *H. signifer* exhibió un crecimiento isométrico. De acuerdo con Froese (2006) las diferencias en la estructura de tallas y crecimiento, la distribución y las condiciones climáticas son factores fundamentales para comprender las variaciones en el crecimiento de los peces.

Edad y parámetros de crecimiento

La correlación entre LT y RO fue moderada ($r = 0.328 \pm 0.104$, IC 95%, $p < 0.001$), mientras que la correlación entre LT y LO fue alta ($r = 0.719 \pm 0.052$, IC 95%, $p < 0.001$). Por otro lado, la correlación entre RO y LO fue moderada ($r = 0.385 \pm 0.097$, IC 95%, $p < 0.001$) (Figura 4). Estos resultados indican una asociación consistente entre las variables. Finalmente, un análisis de normalidad sugiere de que la longitud de los otolitos se ajusta a una distribución normal ($K-S = 0.043$, $p > 0.05$).

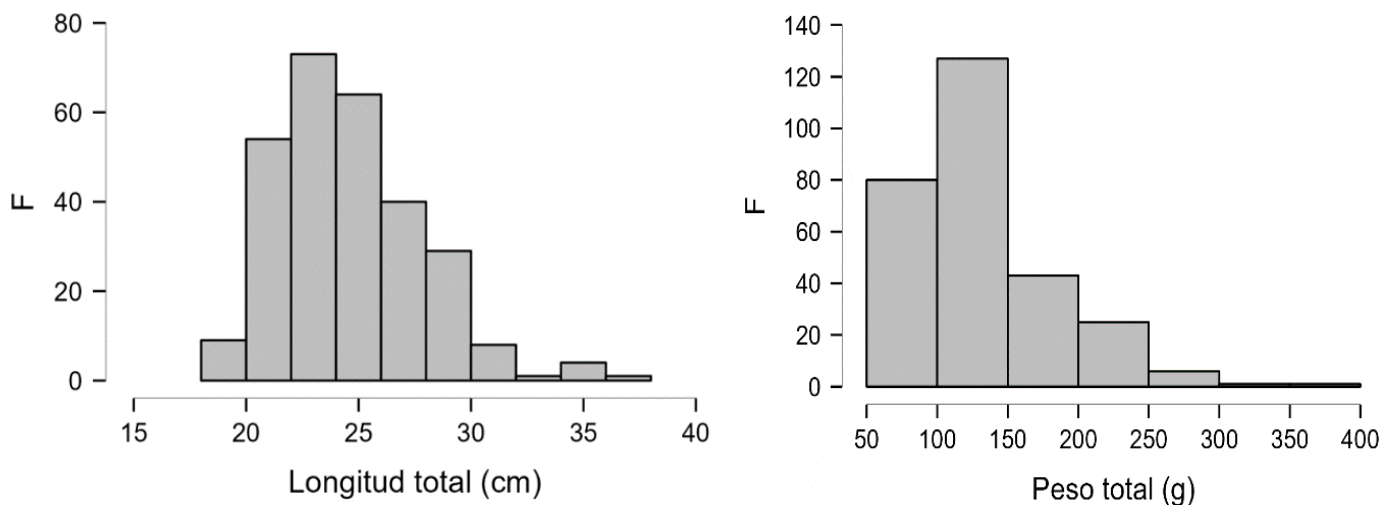


Figura 2. Distribución de talla y peso para sexos combinados de *Hemanthias peruanus* en los desembarques de Manta, Ecuador.

Figure 2. Size and weight distribution for combined sexes of *Hemanthias peruanus* in discharging from Manta, Ecuador.

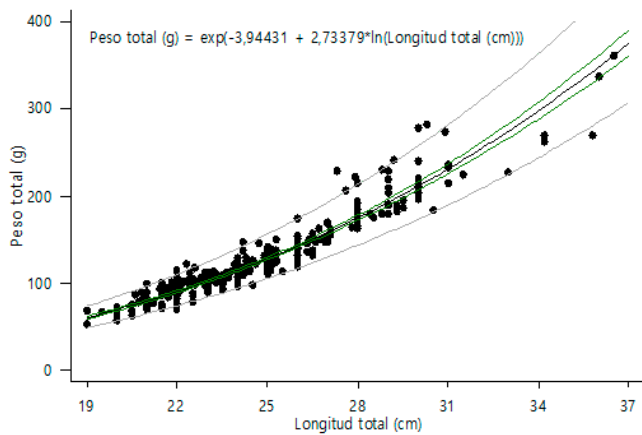


Figura 3. Relación longitud-peso para sexos combinados de *Hemanthias peruanus*. La línea central representa el ajuste de la relación, mientras que las líneas grises corresponden a los intervalos de confianza.

Figure 3. Length-weight relationship for combined sexes of *Hemanthias peruanus*. The center line represents the fit of the relationship, while the gray lines correspond to the confidence intervals.

La discrepancia en las correlaciones podría atribuirse a diferencias en la precisión de las mediciones, como lo sugiere el mayor error estándar (± 0.104) y amplitud del intervalo de

confianza asociado a la medición del radio del otolito (RO) en comparación con la longitud del otolito (LO) (± 0.052). La longitud del otolito es más fácil de medir y muestra una relación más fuerte con la longitud total del pez, mientras que el radio es más complejo de determinar debido a la dificultad de identificar el núcleo que está profundamente ubicado y a menudo es difícil de distinguir claramente debido al desgaste o la superposición de los anillos de crecimiento (Fisher y Hunter, 2018; Leta y Keim, 1982).

Se identificaron hasta siete grupos de edad (+2, +3, +4, +5, +6, +7), si bien en el presente estudio no se realizó una validación directa de la periodicidad de la formación de los anillos de crecimiento en los otolitos mediante análisis de incremento marginal, la interpretación anual de un par de bandas (hialina + opaca) se fundamenta en la evidencia documentada para especies de la familia Serranidae. Revisiones metodológicas y estudios específicos en serránidos han establecido consistentemente que la microestructura de los otolitos en esta familia presenta patrones anuales de crecimiento, validados mediante diversas técnicas como marcado químico con oxitetraciclina y análisis de bordes (Campana, 2001; Piddocke *et al.*, 2015). Estudios en géneros como

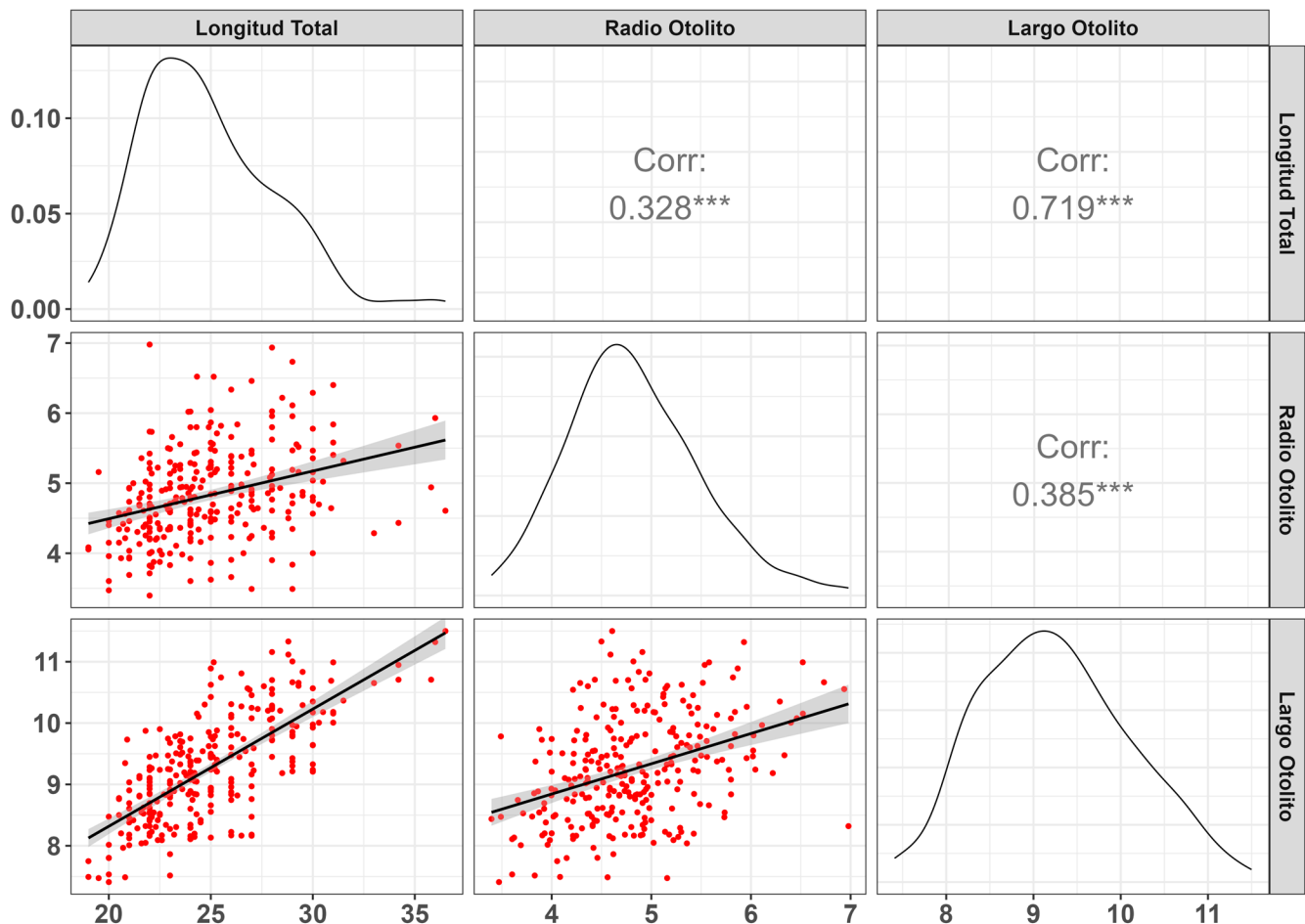


Figura 4. Relación entre el radio del otolito (RO), la longitud del otolito (LO) y la longitud total (LT) en *Hemanthias peruanus*. Los valores dentro de las celdas corresponden a los coeficientes de correlación de Pearson (* $p < 0.001$).

Figure 4. Relationship between otolith radius (RO), otolith length (LO), and total length (LT) in *Hemanthias peruanus*. Values within cells correspond to Pearson correlation coefficients (* $p < 0.001$).

Epinephelus y *Mycteroperca* han confirmado la deposición anual de anillos en condiciones ecológicas similares (Ferreira y Russ, 1992), incluyendo trabajos recientes en especies del género *Paralabrax* en la misma zona de estudio (Vera-García *et al.*, 2025). La alta precisión en las estimaciones de edad, respaldada por los bajos valores del error porcentual absoluto (APE = 1.89) y del coeficiente de variación (CV = 1.83), demuestra la consistencia y repetibilidad del criterio de lectura aplicado, lo que avala la confiabilidad de los grupos de edad identificados para *H. peruanus*. Los parámetros de crecimiento, realizados mediante estadística bayesiana y enfoque multimodelo, mostraron que el modelo de von Bertalanffy presentó el mejor ajuste (LOOIC = 1329.154), con parámetros estimados de longitud asintótica $L_{\infty} = 43.29 \pm 0.05$ cm y tasa de crecimiento $K = 0.21 \pm 0.01$ año⁻¹. En contraste, los modelos de Gompertz y Logístico no describieron adecuadamente el crecimiento de *H. peruanus* incluso la curva de crecimiento del modelo Logístico no se ajustó (Tabla 1; Figura 5).

En la literatura existe nula información sobre parámetros de crecimiento y madurez sexual de la especie y escasa para el género *Hemanthias*, sin embargo se puede destacar el trabajo de (Thurman *et al.*, 2004) en Golfo de México donde estimaron hasta 8 años para *H. vivanus*, cercano a los del presente estudio, en cuanto a parámetros de crecimiento solo es comparable con el estudio de Zapata-Padilla (2015) que estimó una L_{∞} de 49.45 y K de 0.47 para *H. signifer* en Colombia.

Las diferencias en los parámetros de crecimiento se deben a que el modelo de von Bertalanffy ajusta de manera más precisa la dinámica de *H. peruanus*, que presenta un crecimiento lento y una desaceleración progresiva hacia la longitud asintótica (Croll y van Kooten, 2022). En cambio, los modelos de Gompertz y Logístico exhibieron curvas más simétricas o con inflexiones tempranas, que no capturan adecuadamente el patrón observado. Además, el rango de edades analizado (2-7 años) favorece al modelo de von Bertalanffy, que es más adecuado para describir patrones de crecimiento con desaceleraciones graduales, típicas de especies marinas de vida relativamente larga (Hernandez-Llamas y Ratkowsky, 2004; Liu *et al.*, 2021).

Tabla 1: Comparación de modelos de crecimiento y sus parámetros estadísticos de *Hemanthias peruanus*.

Table 1: Comparison of *Hemanthias peruanus* growth models and their statistical parameters.

Modelos	Parámetros			
	L_{∞}	K/G	LOOIC	Wi
von Bertalanffy	43.29 ± 0.05	0.21 ± 0.01	1329.154	1
Gompertz	42.31 ± 0.05	0.74 ± 0.01	1939.728	0
Logístico	44.98 ± 0.05	0.70 ± 0.01	2596.615	0

L_{∞} =Longitud asintótica, k/G =coeficiente de crecimiento, Looic=Criterio de información de validación cruzada Leave-One-Out, W_i =peso del criterio Loic y $\pm$ =IC.

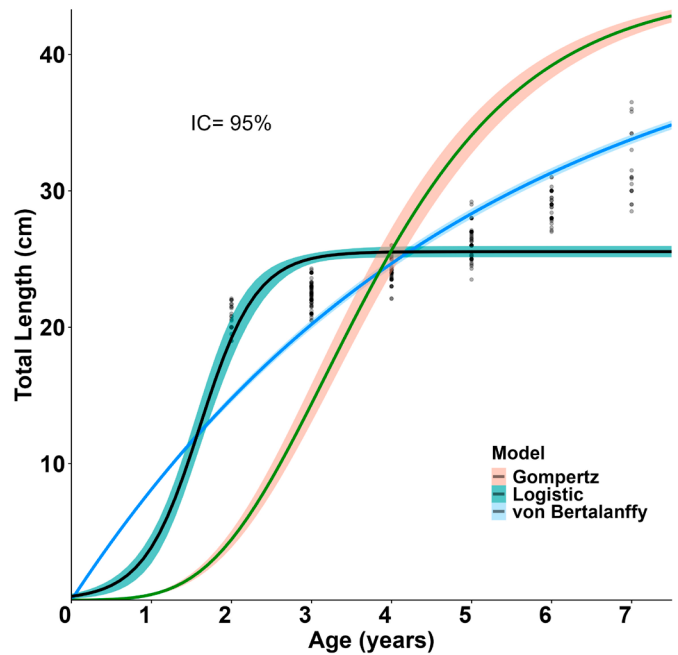


Figura 5. Curvas de crecimiento en longitud a la edad para *Hemanthias peruanus* (sexos combinados). Se comparan los modelos de Gompertz, Logistic y von Bertalanffy. Los puntos son los valores observados y las banda sombreada representa el intervalo de confianza del 95% para cada modelo.

Figure 5. Length-to-age growth curves for *Hemanthias peruanus* (combine sexes). The Gompertz, Logistic, and von Bertalanffy models are compared. Dots are the observed values, and the shaded band represents the 95% confidence interval for each model.

Los parámetros de crecimiento estimados para *H. peruanus* sugieren que la especie presenta un crecimiento lento y alcanza un tamaño moderado, característico de estrategias k-seleccionadas típicas de peces demersales longevos en hábitats tropicales (Newman *et al.*, 2016). El valor de L_{∞} indica un tamaño que equilibra ventajas de supervivencia y reproducción, mientras que el bajo K refleja un desarrollo prolongado que podría correlacionarse con una madurez sexual tardía, aumentando la vulnerabilidad frente a la sobrepesca si se capturan individuos inmaduros (Caddy y Sharp, 1988; Prince *et al.*, 2015).

Madurez sexual

La talla de madurez sexual (L_{50}) de *H. peruanus* se determinó en 20.48 cm de longitud total (Lt), lo que significa que, al alcanzar esta talla, el 50% de la población de esta especie ha alcanzado la madurez sexual. Este valor es crucial para la gestión pesquera, ya que permite identificar el punto en el que los individuos comienzan a ser capaces de reproducirse, lo cual es fundamental para evaluar la sostenibilidad de las capturas y la preservación de la población (Figura 6).

La talla de madurez sexual (L_{50}) estimada en esta investigación fue inferior al reportado por Luzardo-Figueroa (2019), quien documentó una L_{50} de 25.4 cm LT. Es destacable que la talla de madurez sexual es menor a la talla media de captura 25.5cm de LT, lo que garantiza el aporte de nuevos individuos a la población, sin embargo, es necesario realizar las evaluaciones de las pesquerías artesanal e industrial por separado.

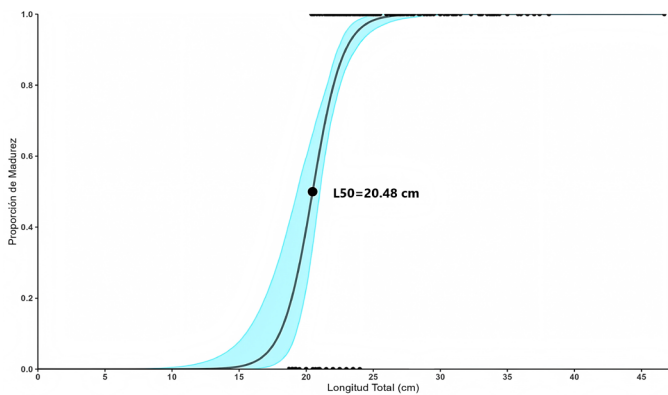


Figura 6. Talla media de madurez sexual (L_{50}) para *Hemanthias peruanus* (sexos combinados). El valor de L_{50} se estimó en 20.48 cm de longitud total (punto y línea discontinuos) mediante un modelo logístico. La banda de color celeste representa el intervalo de confianza del 95% alrededor de la curva de proporción de madurez.

Figure 6. Average height at sexual maturity (L_{50}) for *Hemanthias peruanus* (combined sexes). The value of L_{50} was estimated at 20.48 cm total length (dashed dot and dashed line) using a logistic model. The light blue band represents the 95% confidence interval around the maturity proportion curve.

Las variaciones en parámetros de crecimiento de especies del mismo género, pueden ser atribuidas a variaciones genéticas que impactan tanto su crecimiento como su madurez sexual, adaptándose a distintas condiciones ambientales (Ramírez-Ormaza *et al.*, 2024).

CONCLUSIONES

El estudio sobre *H. peruanus* evidenció una proporción sexual notablemente sesgada hacia las hembras, posiblemente vinculada al hermafroditismo característico del género. Se destacó un crecimiento alométrico negativo, lo que indica un mayor incremento en longitud que en peso. La buena correlación entre la longitud total (LT) y la longitud del otolito (LO) permitió estimar con mayor precisión la edad, el crecimiento y la historia de vida de la especie, identificando hasta siete grupos de edad. El modelo de von Bertalanffy fue el de mejor ajuste y describió óptimamente el crecimiento de la especie, con parámetros $L_{\infty} = 43.29$ cm y un $K = 0.21$ año⁻¹ con crecimiento moderado a lento, característico de especies demersales. Estos resultados aportan información clave sobre la dinámica poblacional y los parámetros de crecimiento de *H. peruanus*, enriqueciendo el conocimiento biológico de esta especie en el Pacífico suroriental.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Aburto-Oropeza, O., Erisman, B., Valdez-Ornelas, C. y Danemann, G. 2008. Serranidos de importancia comercial del Golfo de California: ecología, pesquerías y conservación. *Ciencia y Conservación*, 2008: 1–23.
- Beamish, R.J. y Fournier, D.A. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(8): 982–983.

- Burnham, K.P. y Anderson, D.R. 2002. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. 2nd ed. Springer-Verlag, New York.
- Caddy, J.F. y Sharp, G.D. 1988. *Marco ecológico para la investigación pesquera*. Documento Técnico de Pesca No. 283. FAO, Roma.
- Campana, S.E. y Thorrold, S.R. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(1): 30–38.
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00127.x>
- Castro-Moreira, C.V., Flores-Rivera, G. y Tigrero-González, W.G. 2023. Variación temporal en tallas 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. ISSN: 2600-5824.
- Cevallos Marcillo, G.D. 2023. Conocimiento tradicional asociado a la pesca artesanal en Manta. Tesis de Ingeniería, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.
- 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.
- Chen, X., Liu, B. y Fang, Z. 2022. Age and growth of fish. En: *Biology of Fishery Resources*, pp. 71–111. Springer Nature, Singapore.
- Chirichigno, F.N. y Vélez, D.J. 1998. *Clave para identificar los peces marinos del Perú*.
- Coleman, F.C. 1983. *Hemanthias peruanus*—another hermaphroditic anthiine serranid. *Copeia*, 1983(1): 252–253.
- Croll, J.C. y van Kooten, T. 2022. Accounting for temporal and individual variation in the estimation of Von Bertalanffy growth curves. *Ecology and Evolution*, 12(12): e9619.
- De Mitcheson, Y.S. y Liu, M. 2008. Functional hermaphroditism in teleosts. *Fish and Fisheries*, 9(1): 1–43.
- Elías, E. y Coello, D. 2016. Reproducción y estructura poblacional de perla (*Paralabrax spp.*) en el estuario exterior del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 10(2): 69–75.
- FAO. 2022. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022*. FAO, Roma.
- Fernández Espinosa, C.E., Brito Paredes, P., Mendoza Torres, G. y Villavicencio Aguilar, C.E. 2021. Tradición pesquera artesanal e identidad sociocultural de Puerto Bolívar: contexto del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(2): 386–400.
- Ferreira, B.P. y Russ, G.R. 1992. Age, growth and mortality of the inshore coral trout *Plectropomus maculatus* from the central Great Barrier Reef, Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 43(6): 1301–1312. <https://doi.org/10.1071/MF9921301>
- Fisher, M. y Hunter, E. 2018. Digital imaging techniques in otolith data capture, analysis and interpretation. *Marine Ecology Progress Series*, 598: 213–231.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4): 241–253.

- Gelman, A., Vehtari, A., Simpson, D., Margossian, C.C., Carpenter, B., Yao, Y., Kennedy, L., Gabry, J., Bürkner, P.-C. y Modrák, M. 2020. *Bayesian workflow*.
- Gompertz, B. 1825. XXIV. 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: in a letter to Francis Baily, Esq. F.R.S. &c. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 115: 513–583.
- González-Garcés, S.A. 2006. La sustentabilidad de los recursos pesqueros en términos biológicos. *Revista Galega de Economía*, 15(1): 0. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España.
- Hastings, P.A. 1981. Gonad morphology and sex succession in the protogynous hermaphrodite *Hemanthias vivanus* (Jordan and Swain). *Journal of Fish Biology*, 18(4): 443–454.
- Heemstra, P.C. 1995. Meros, serranos, guasetas, enjambres, baquetas, indios, loros, gallinas, cabrillas, garropas. En: *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental*, vol. III, pp. 1565–1613. FAO, Roma.
- Hernandez-Llamas, A. y Ratkowsky, D.A. 2004. Growth of fishes, crustaceans and molluscs: estimation of the von Bertalanffy, Logistic, Gompertz and Richards curves and a new growth model. *Marine Ecology Progress Series*, 282: 237–244.
- Holden, M.J. y Raitt, D.F.S. 1975. *Manual de ciencia pesquera. Parte 2*.
- Jennings, S., Kaiser, M. y Reynolds, J.D. 2009. *Marine fisheries ecology*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Katsanevakis, S. y Maravelias, C.D. 2008. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*, 9(2): 178–187.
- Kratochvil, V.L., Sánchez, S. y Silva, N.A. 2023. Técnicas de predicción de edad y crecimiento a partir de la morfometría y el peso del otolito de *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837). Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Norte.
- Leta, H.R. y Keim, A. 1982. Lectura de edades en otolitos de peces teleósteos. *Informe Técnico No. 30*.
- Liu, K.-M., Wu, C.-B., Joung, S.-J., Tsai, W.-P. y Su, K.-Y. 2021. Multi-model approach on growth estimation and association with life history trait for elasmobranchs. *Frontiers in Marine Science*, 8.
- Lucano-Ramírez, G., Santana-Cornejo, A.S., Ruiz-Ramírez, S., González-Sansón, G., Aguilar-Betancourt, C. y Perez-Toledo, A. 2022. Reproductive aspects of *Paranthias colonus* (Perciformes: Serranidae) on the Pacific coast of central Mexico. *Ciencias Marinas*, 48.
- Luzardo Figueroa, M.E. 2019. Parámetros biológicos de *Hemanthias peruanus* Steindachner, 1875 (Teleostei: Serranidae) 'Rabijunco'; capturados por la flota pesquera industrial polivalente. Tesis de Biología, Universidad de Guayaquil.
- MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Instituto Nacional de Pesca y Instituto Español de Oceanografía. 2009. *Informe de la campaña de investigación pesquera Ecuador 2009 B/O Miguel Oliver 14/10/2009 - 06/11/2009*. Ecuador.
- Minaya-Angoma, D., Alvario-Flores, L., Urbano-Cueva, R.M. y Iannaccone, J. 2021. Estructura comunitaria de metazoos parásitos en la doncella *Hemanthias peruanus* (Serranidae) del norte de Perú. *Revista MVZ Córdoba*, 26(3): e2125–e2125.
- Monnahan, C.C. 2024. Toward good practices for Bayesian data-rich fisheries stock assessments using a modern statistical workflow. *Fisheries Research*, 275: 107024.
- Montenegro Yagual, A.M. 2021. Análisis de ciclo de vida comparativo de un sistema de pesca artesanal versus industrial con diferentes escenarios de preservación en la provincia de Santa Elena. Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Ecuador.
- Morales-Nin, B. 1992. Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure. Vol. 322. Food and Agriculture Organization, Roma.
- Newman, S.J., Williams, A.J., Wakefield, C.B., Nicol, S.J., Taylor, B.M. y O'Malley, J.M. 2016. Review of the life history characteristics, ecology and fisheries for deep-water tropical demersal fish in the Indo-Pacific region. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 26(3): 537–562.
- Nieto Díaz, D.N. 2014. Descripción de la pesca con espinel de fondo en el puerto pesquero de Anconcito, provincia de Santa Elena. Tesis de Biología, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador.
- Panchana, R. y Revelo, W. 2020. Desembarque artesanal de peces demersales en la costa ecuatoriana, periodo septiembre-diciembre 2020. Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP), Ecuador.
- Piddocke, T.P., Butler, G.L., Butcher, P.A., Purcell, S.W., Butcher, D.J. y Christidis, L. 2015. Age validation in the Lutjanidae: a review. *Fisheries Research*, 167: 48–63. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.01.016>
- Prince, J., Hordyk, A., Valencia, S.R., Loneragan, N. y Sainsbury, K., 2015. 'Revisiting the concept of Beverton–Holt life-history invariants with the aim of informing data-poor fisheries assessment', *ICES Journal of Marine Science*, 72(1), 194–203.
- R Core Team. 2021. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Ramírez-Ormaza, N., Tejeda-Cevallos, S., Mendoza-Nieto, K., Alió, J. y Briones-Mendoza, J. 2024. Age, growth, and reproduction traits of *Pontinus sierra*, captured by the artisanal fisheries in Ecuador. *Iranian Journal of Ichthyology*, 11(1): 17–27.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fishery Research Board of Canada Bulletin*, 191: 1–382.
- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models. En: *Fish Physiology*, pp. 677–744. Academic Press, Londres.
- Robinson, J.P.W., Mills, D.J., Asiedu, G.A., Byrd, K., Mancha Cisneros, M. del M., Cohen, P.J., Fiorella, K.J., Graham, N.A.J., MacNeil, M.A., Maire, E., Mbaru, E.K., Nico, G., Omukoto, J.O., Simmance, F. y Hicks, C.C. 2022. Small pelagic fish supply abundant and affordable micronutrients to low- and middle-income countries. *Nature Food*, 3(12): 1075–1084.
- Saborido-Rey, F. 2008. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos.
- Sadovy, Y. y Domeier, M.L. 2005. Perplexing problems of sexual patterns in the fish genus *Paralabrax* (Serranidae, Serraninae). *Journal of Zoology*, 267(2): 121–133.
- Smart, J.J. 2020. *BayesGrowth: Estimate fish growth using MCMC analysis*. R package version 0.3.0.
- Smart, J.J. y Grammer, G.L. 2021. Modernising fish and shark growth curves with Bayesian length-at-age models. *PLOS ONE*, 16(2): e0246734.
- Thurman, P.E., McBride, R.S., Sulak, K.J. y Ili, G.D.D. 2004. Age and reproduction in three reef-dwelling serranid fishes of the northeastern Gulf of Mexico outer continental shelf: *Pronotogrammus martinicensis*, *Hemanthias vivanus* y *Serranus phoebe* (with preliminary observations on the pomacentrid fish, *Chromis enchrysurus*). *Scientific Investigations Report*.

- Vera-García, L., *et al*. 2025. Life history of *Paralabrax callaensis* (Starks, 1906) in Las Piñas Fishing Cove, Manabí, Ecuador. *Marine and Fishery Sciences*, 38(3): 527–543. <https://doi.org/10.47193/mafis.3832025010710>
- Villegas Calzada, J. 2012. La pesca artesanal como estrategia de sobrevivencia: el caso de los pescadores en Ciudad del Carmen, Campeche.
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human Biology*, 10(2): 181–213.
- Zambrano Campoverde, J.A., Guachichullca Ordoñez, L.A. y Valdiviezo Cacay, M.H. 2021. La pesca artesanal en Ecuador: miradas desde el desarrollo sostenible y la globalización. *Revista de la Universidad del Zulia*, 12(34): 239–260.
- Zapata Padilla, L.A. 2015. Aspectos ecológicos y pesqueros de la ictiofauna demersal asociada a la plataforma continental del Pacífico colombiano. Tesis de Maestría, Universidad del Valle, Colombia.
- Zar, J.H. 2013. *Biostatistical Analysis*. 5th ed. Pearson New International Edition, Northern Illinois University.