



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Modalidad Artículo Académico

Tema

Edad y crecimiento del *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en la costa ecuatoriana
de Manabí

Autor (es)

Parrales Mero Yordy Joel

Rivera Cevallos María Emilia

Tutor

Blgo. Kléver Mendoza Nieto, PhD

Periodo 2025 – 2

Declaración de autoría

Nosotros, Parrales Mero Yordy Joel y Rivera Cevallos María Emilia declaramos que hemos contribuido a la realización del trabajo de titulación bajo la modalidad de Artículo Académico previo a la obtención del título de Biólogo, con tema:

Edad y Crecimiento del *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en la costa ecuatoriana de Manabí.

Hemos revisado la versión final del manuscrito y aprobamos su presentación para su publicación.

También garantizamos que este trabajo es original, no ha sido publicado previamente y no está bajo consideración para su publicación en otro lugar.

Además, declaramos que no tenemos conflictos de interés en relación con este trabajo.

Firmas:



Parrales Mero Yordy Joel

CI: 1315640548



Rivera Cevallos María Emilia

CI: 2300294234

Manta, Manabí, Ecuador

Martes, 09 de junio de 2026

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

CERTIFICACIÓN

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

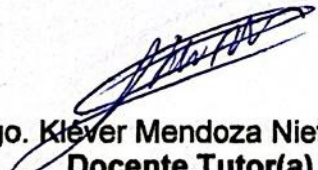
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Parrales Mero Yordy Joel**, legalmente matriculado/a en la carrera de Biología, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 380 horas, cuyo tema del proyecto es **"Edad y crecimiento del *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en la costa ecuatoriana de Manabí."**

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, 2 de febrero de 2026.

Lo certifico,


 Blgo. Klever Mendoza Nieto, PhD
 Docente Tutor(a)
 Área: Pesquería

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

CERTIFICACIÓN

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

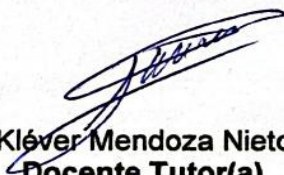
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Rivera Cevallos María Emilia**, legalmente matriculado/a en la carrera de Biología, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 380 horas, cuyo tema del proyecto es ***"Edad y crecimiento del *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en la costa ecuatoriana de Manabí."***

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, 2 de febrero de 2026.

Lo certifico,



Bigo. Kléver Mendoza Nieto, PhD
Docente Tutor(a)
Área: Pesquería

Edad y crecimiento del *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en la costa ecuatoriana de Manabí.

Parrales-Mero Yordy¹, Rivera-Cevallos Emilia¹

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

Correo institucional: e1315640548@live.uleam.edu.ec¹, e2300294234@live.uleam.edu.ec

RESUMEN

El presente estudio analizó la edad y crecimiento de *Lutjanus guttatus* desembarcados en el Puerto de Jaramijó, Ecuador, para aportar datos clave en su gestión pesquera. Se empleó un modelo potencial para determinar la relación talla-peso y se estimó la edad mediante el conteo de anillos de crecimiento en otolitos sagitta. La precisión de las lecturas fue validada mediante el Error Porcentual Promedio (APE) y el Coeficiente de Variación (CV), mientras que el crecimiento se modeló comparando tres funciones (von Bertalanffy, Gompertz y Logístico) bajo un enfoque bayesiano utilizando el criterio LOOIC para la selección del mejor ajuste. Los resultados evidenciaron un crecimiento alométrico negativo ($b = 2.864$), indicando que la especie gana más talla que peso. Los índices de precisión (APE = 5.37%; CV = 7.6%) y la ausencia de sesgo sistemático (Bowker, $p = 0.192$) confirmaron la alta reproducibilidad de las edades. El modelo de von Bertalanffy presentó el mejor ajuste biológico y estadístico (LOOICw = 1), con parámetros estimados de $L_{\infty} = 55.67$ cm y $k = 0.14$. Se concluye que, en aguas ecuatorianas, *L. guttatus* alcanza tallas máximas menores, pero con un desarrollo más acelerado que en latitudes superiores. Esta variabilidad, atribuida a factores ambientales y selectividad pesquera, resalta la eficacia del método bayesiano para corregir sesgos por falta de tallas extremas, proporcionando una base científica sólida para la administración del recurso.

Palabras clave: Edad, crecimiento, otolitos, *Lutjanus guttatus*, pesca artesanal.

Age and growth of *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) on the Ecuadorian coast of Manabí.

Parrales-Mero Yordy¹, Rivera-Cevallos Emilia¹

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

Correo institucional: e1315640548@live.uleam.edu.ec¹, e2300294234@live.uleam.edu.ec

ABSTRACT

This study analyzed the age and growth of *Lutjanus guttatus* landed at the Port of Jaramijó, Ecuador, to provide key data for its fisheries management. A power model was employed to determine the length-weight relationship, and age was estimated by counting growth rings in sagitta otoliths. Reading precision was validated using the Average Percent Error (APE) and the Coefficient of Variation (CV), while growth was modeled by comparing three functions (von Bertalanffy, Gompertz, and Logistic) under a Bayesian approach using the LOOIC criterion for best-fit selection. Results evidenced a negative allometric growth ($b = 2.864$), indicating that the species gains more in length than in weight. Precision indices (APE = 5.37%; CV = 7.6%) and the absence of systematic bias (Bowker, $p = 0.192$) confirmed the high reproducibility of the age assignments. The von Bertalanffy model provided the best biological and statistical fit (LOOICw = 1), with estimated parameters of $L_{\infty} = 55.67$ cm and $k = 0.14$. It is concluded that, in Ecuadorian waters, *L. guttatus* reaches smaller maximum sizes but exhibits a more accelerated development compared to populations at higher latitudes. This variability, attributed to environmental factors and fishing selectivity, highlights the

effectiveness of the Bayesian method in correcting biases caused by the lack of extreme size classes, providing a solid scientific basis for the administration of this resource.

Keywords: Age, growth, otoliths, *Lutjanus guttatus*, artisanal fisheries.

1. INTRODUCCIÓN

Los peces de la familia Lutjanidae, normalmente denominados como “pargos”, son un recurso pesquero de gran importancia en las zonas tropicales y subtropicales del mundo, este recurso es capturado por la flota artesanal e industrial para la comercialización por su alta demanda y valor comercial en el mercado (Franke & Acero, 1995). El pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) es un pez demersal de gran tamaño que habita en arrecifes costeros, fondos arenosos y estuarios, viven en pequeños grupos o solitarios, se localizan en zonas costeras de hasta 30 metros de profundidad, son carnívoros y su dieta se compone de peces e invertebrados (W. Fischer & Division, 1995).

La determinación correcta de la edad y el crecimiento de los peces de alta importancia comercial es una de los objetivos más importantes en la Biología, mediante esta información se puede precisar la longevidad de las especies, además de determinar la edad de primera madurez sexual y de reclutamiento (Fariás-Tafolla et al., 2025). De aquí la importancia de realizar este tipo de estudios biológicos, como una base para investigaciones posteriores que regularicen la pesca para mejorar el sistema pesquero, con el fin de generar un mejor aprovechamiento y beneficio en épocas reproductivas y protección de estadios juveniles, así como una contribución a la estadística local de la especie *Lutjanus guttatus* (Amezcueta et al., 2006)

El método más utilizado para la determinar la edad es la identificación de anillos de crecimiento en estructuras duras como: vértebras, otolitos, escamas y espinas (Liotta & Maniataki, 2022). La fijación de estos anillos o marcas acontece normalmente; anillos de crecimiento rápido en el período de mayor disponibilidad de alimento y anillos de crecimiento lento en los períodos con disminución de la disponibilidad de alimento (Gallardo-Cabello et al., 2007). Aquellos peces

que habitan en zonas tropicales evidencian cambios menos marcados en la disponibilidad de alimento determinados por la periodicidad estacional que en regiones frías; los períodos lluviosos y secos definen estas oscilaciones en base al alimento, lo que provocará anillos de crecimiento rápido o anillos de crecimiento lento en estructuras (Sarabia-Méndez et al., 2010).

La información de las características poblacionales de una especie con importancia económica son elementos esenciales para la administración y gestión adecuada de las pesquerías (Cadima, 2003; Sparre & Venema, 1995).

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la estructura de tallas y determinar la edad y crecimiento de *L. guttatus* desembarcados en Jaramijó, con el fin de determinar la estructura poblacional de la especie. Los resultados obtenidos contribuirán al conocimiento sobre la biología del recurso y serán parámetros relevantes a tomar en cuenta para ayudar a desarrollar planes de manejo adecuados dirigidos a la regulación pesquera de *Lutjanus guttatus* en Ecuador.

2. METODOLOGÍA

Los ejemplares se recolectaron mediante un muestreo aleatorio a partir de los desembarques en el Puerto Pesquero Artesanal de Jaramijó (0°9'43" N; 80°63'78.7" W), en la provincia de Manabí (Figura 2). Posteriormente, los individuos fueron trasladados al Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), donde se realizaron las mediciones morfométricas y la extracción de otolitos para su posterior análisis.

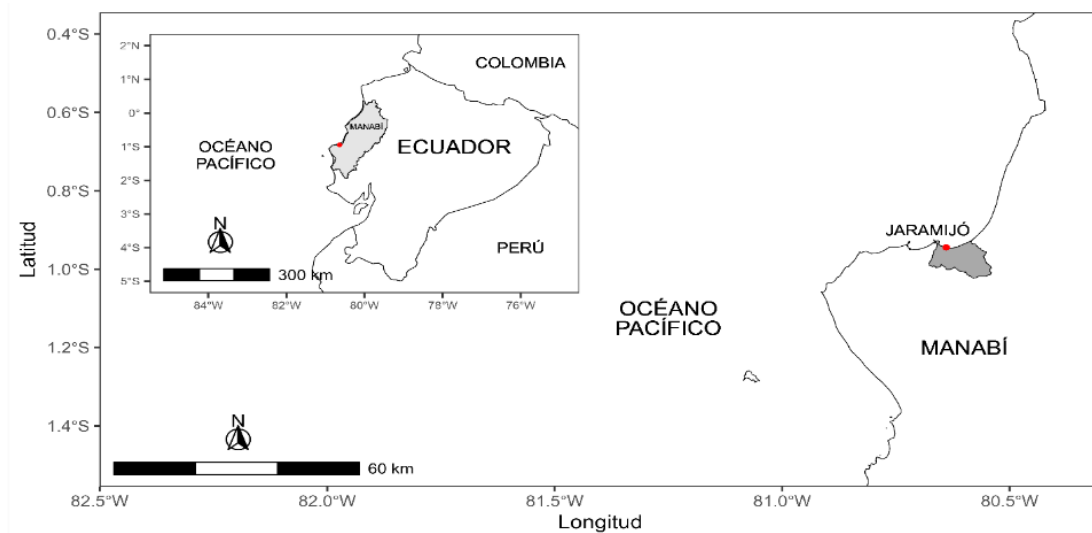


Figura 1: Zona de recolección de muestras en el puerto pesquero artesanal de Jaramijó provincia de Manabí. El punto rojo representa el sitio de desembarque.

Muestreo biológico

El muestreo se llevó a cabo durante un periodo de siete meses, comprendido entre septiembre de 2024 y abril de 2025. Para cada ejemplar, se determinó la longitud total (LT) y la longitud precaudal (LP) mediante una cinta métrica graduada en centímetros (cm). Asimismo, el peso total y el peso eviscerado se registraron en gramos (g) utilizando una balanza de precisión con una sensibilidad de 0.1 g. La determinación del sexo se realizó siguiendo los criterios taxonómicos propuestos por (Griffiths & Heemstra. 1995; Fischer et al. 1995).

Método de extracción y almacenamiento del otolito

La extracción de los otolitos se realizó mediante la técnica de incisión ventral de las cápsulas óticas (Oré-Villalba, 2017). Con los ejemplares en posición de decúbito supino (abdomen hacia arriba), se efectuó un corte transversal utilizando tijeras de disección y pinzas finas; posteriormente, se aplicó presión hasta fracturar la pared de la cápsula para exponer los otolitos. Una vez retirados, estos fueron almacenados en tubos Eppendorf debidamente rotulados para su posterior análisis.

Lectura de anillos

La determinación de la edad se efectuó mediante el conteo de anillos de crecimiento anual en el otolito sagitta, los cuales presentan bandas alternas: una zona opaca (altamente calcificada), vinculada a periodos de crecimiento acelerado por temperaturas elevadas y abundancia de alimento; y una zona hialina (menos calcificada), formada en estaciones frías con tasas de crecimiento reducidas (GrønkJær, 2016). Debido a que las marcas de crecimiento eran claramente identificables, no se requirieron métodos de tinción. El registro visual se realizó con un estereoscopio óptico equipado con cámara digital e iluminación focalizada para optimizar el contraste de los contornos. Con el fin de minimizar el sesgo y garantizar la precisión, las lecturas fueron realizadas de forma independiente por dos observadores.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos se empleó estadística descriptiva y se determinó la proporción sexual mediante la prueba de Chi-cuadrado. Se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas; ante el incumplimiento de estos, se aplicaron pruebas no paramétricas y análisis de correlación. Todos los procedimientos se ejecutaron en el entorno estadístico RStudio, utilizando las librerías stats, car y nortest (R Core Team, 2023)

La relación talla – peso del *L. guttatus* se aplicó mediante la ecuación de (Ricker W. , 1975)

$$Pt = a * LT^b$$

Donde Pt corresponde al peso total del pez en gramos (g), Lt se refiere a la longitud total (cm), a representa el intercepto y b la pendiente, la cual indica el tipo de crecimiento del organismo. Para evaluar si la pendiente difiere significativamente del valor 3, se aplicará la prueba t, siguiendo lo descrito por (Zar, 2010)cuya ecuación es:

$$t = \frac{b - \beta_0}{ES_b}$$

En esta ecuación, b corresponde a la pendiente estimada a partir de los datos, β_0 representa el valor planteado bajo la hipótesis nula (en este caso 3) y ES_b es el error estándar asociado a la estimación de la pendiente.

Precisión y sesgo

Para evaluar la precisión y el sesgo en las lecturas de los otolitos, se calcularon el Error Porcentual Promedio (APE, por sus siglas en inglés) y el Coeficiente de Variación (CV). Estos índices permitieron cuantificar la reproducibilidad de los datos obtenidos entre los observadores y garantizar la fiabilidad de la determinación de la edad.

Error porcentual promedio (Beamish & Fournier, 1981)

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

Coeficiente de variación (Chang, 1982)

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

En esta fórmula, R representa el número de veces que se estimó la edad de cada espécimen, X_j corresponde a la edad promedio calculada para el espécimen j , y X_{ij} indica la i -ésima estimación de edad del espécimen j .

Modelado de crecimiento bajo enfoque Bayesiano

El crecimiento se modeló mediante un enfoque jerárquico bayesiano, empleando el paquete Bayesgrowth (Smart & Grammer, 2021) en el entorno estadístico R. Bajo este marco analítico, se formularon y compararon tres modelos de crecimiento candidatos:

Modelo de Von Bertalanffy (VB) (Von Bertalanffy, 1938)

$$L(t) = L_0 + (L_{\infty} - L_0)(1 - \exp(-kt))$$

Modelo Gompertz (Gompertz, 1825).

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

Modelo Logístico (Ricker, 1979).

$$L(t) = \frac{L_{\infty} L_0 (\exp(gt))}{L_{\infty} + L_0 (\exp(gt) - 1)}$$

La estimación de los parámetros para cada modelo se realizó mediante el algoritmo No-U-Turn Sampler (NUTS), una variante eficiente de los métodos de Cadenas de Monte Carlo mediante Cadenas de Markov (MCMC) implementada en la plataforma Stan. El ajuste consistió en la ejecución de cuatro cadenas independientes con 10,000 iteraciones cada una; de estas, las primeras 5,000 se descartaron como periodo de calentamiento (burn-in). Finalmente, se aplicó un factor de adelgazamiento (thinning) de 1 para conservar la integridad de la distribución posterior.

Especificaciones de la información a priori (Priors)

Se definieron distribuciones a priori débilmente informativas, fundamentadas en antecedentes biológicos reportados para la especie en el Pacífico Oriental. Esta configuración permite que el modelo sea estable pero que los datos de la población de Ecuador dominen la distribución posterior:

Longitud Asintótica (L_{∞}): Se definió una distribución a priori con una media de 79 cm y un error estándar (se) de 10, valor que corresponde al promedio regional registrado para poblaciones adultas (Espino-Barr, E., et al., 2010)

Longitud inicial (L_0): Se estableció un prior con media de 0.2 cm y error estándar de 0.1, correspondiente a la talla biológica al momento de la eclosión descrita para el género *Lutjanus* (Zavala-Leal, I., et al., 2021)

Tasa de crecimiento (K): El parámetro máximo de crecimiento (k_{max}) se limitó a 0.8, con el fin de evitar el sobreajuste y asegurar que el coeficiente de crecimiento se mantuviera dentro de los rangos metabólicos observados pargos en aguas cálidas (Rojas, 2013)

Selección de modelos (LOOIC)

La identificación del modelo de crecimiento que presentó el mejor ajuste a los datos observados se realizó mediante el Criterio de información basado en Validación Cruzada dejando uno fuera (LOOIC), implementado a través de la función `Compare_Growth_Models`. Este criterio permite evaluar el desempeño predictivo fuera de la muestra; en consecuencia, se seleccionó como modelo óptimo aquel que registró el menor valor de LOOIC y el mayor peso de evidencia bayesiana (Vehtari, 2017)

3. RESULTADOS

Se analizaron un total de 205 ejemplares de *L. guttatus*, de los cuales 40 fueron hembras (19.51%), 91 machos (44.40%) y 74 individuos de sexo indeterminado (36.09%). La proporción sexual fue de 2.28M:1H, mostrando una diferencia significativa respecto a la paridad esperada 1M:1H ($\chi^2 = 19.86$; $p < 0.05$). La prueba de Kolmogorov-Smirnov confirmó que los datos de talla no presentaron una distribución normal ($D = 0.094$; $p < 0.05$). En cuanto a las tallas, los machos registraron un intervalo de 16.5 a 35.8 cm de LT ($\bar{x} = 25.24 \pm 5.56$ cm), las hembras de 17.3 a 39.0 cm ($\bar{x} = 25.82 \pm 4.34$ cm) y los individuos no sexados de 15.3 a 22.9 cm ($\bar{x} = 18.8$ cm). A pesar de las diferencias en los rangos, la prueba U de Mann-Whitney indicó que no

existen diferencias significativas en las tallas entre ambos sexos ($U = 0.19$; $p > 0.05$) (**Figura 2 y 3**).

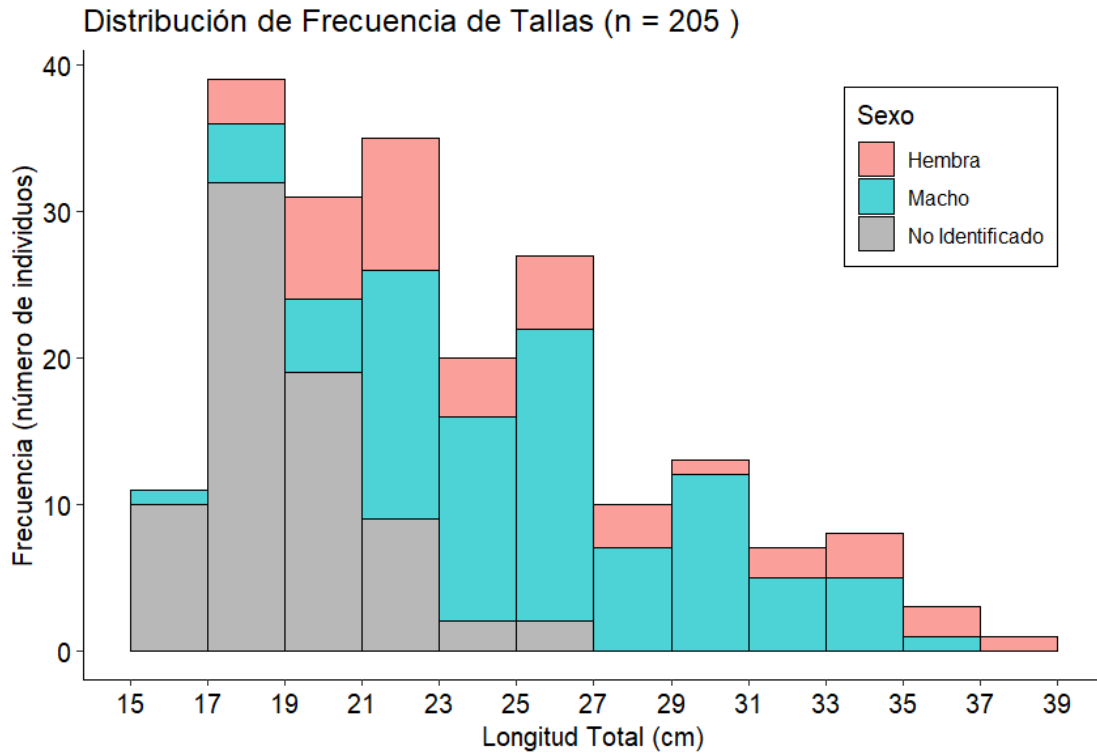


Figura 2: Distribución de frecuencia de longitud total (cm) por sexo de *Lutjanus guttatus*.

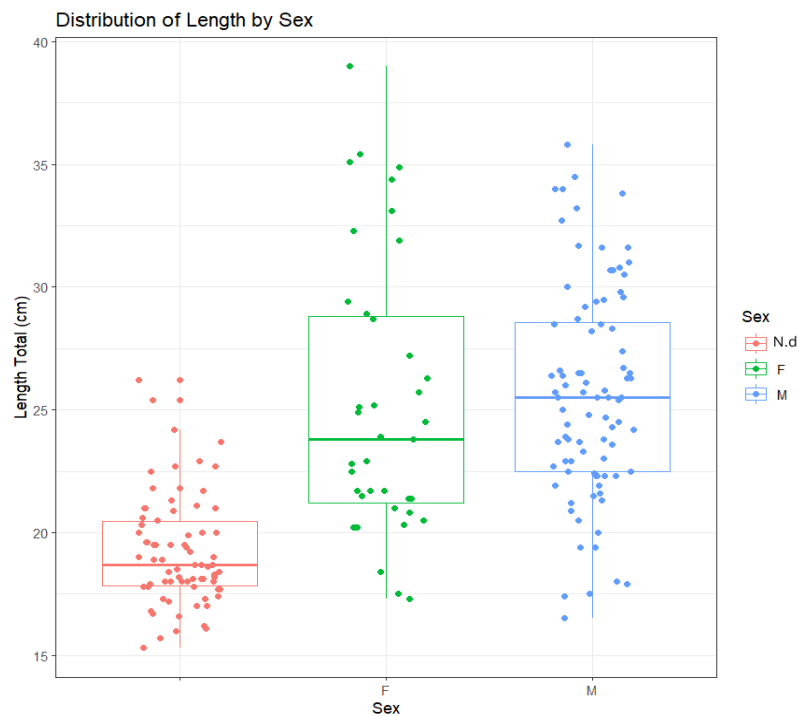


Figura 3: Distribución de la longitud total (cm) por sexo de *Lutjanus guttatus*. Los diagramas de caja muestran la mediana y cuartiles, mientras que los puntos indican la dispersión individual para organismos no diferenciados (rojo), hembras (verde) y machos (azul).

Relación talla-peso

La relación talla-peso, estimada mediante la ecuación potencial, arrojó un coeficiente de alometría $b = 2.86$. Este valor fue significativamente distinto al parámetro de isometría esperado ($t = 3.93$, $p < 0.05$), lo que demuestra que *L. guttatus* presenta un crecimiento alométrico negativo. Este resultado indica que los individuos tienden a incrementar proporcionalmente más longitud que peso. El modelo mostró un ajuste robusto con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.9713. Este patrón de crecimiento se mantuvo de forma consistente tanto para machos como para hembras (Tabla 1 y figura 4).

Tabla 1. Parámetros de la relación longitud-peso y prueba de hipótesis para el coeficiente de alometría (b) en *Lutjanus guttatus* por grupos de sexo.

Grupo	n	a	B	R^2	t	p-valor
Sex. Combinado	205	0.020	2.864	0.971	-3.933	0.00012
Hembra	40	0.024	2.817	0.971	-2.333	0.02506
Macho	91	0.027	2.779	0.962	-3.756	0.00031

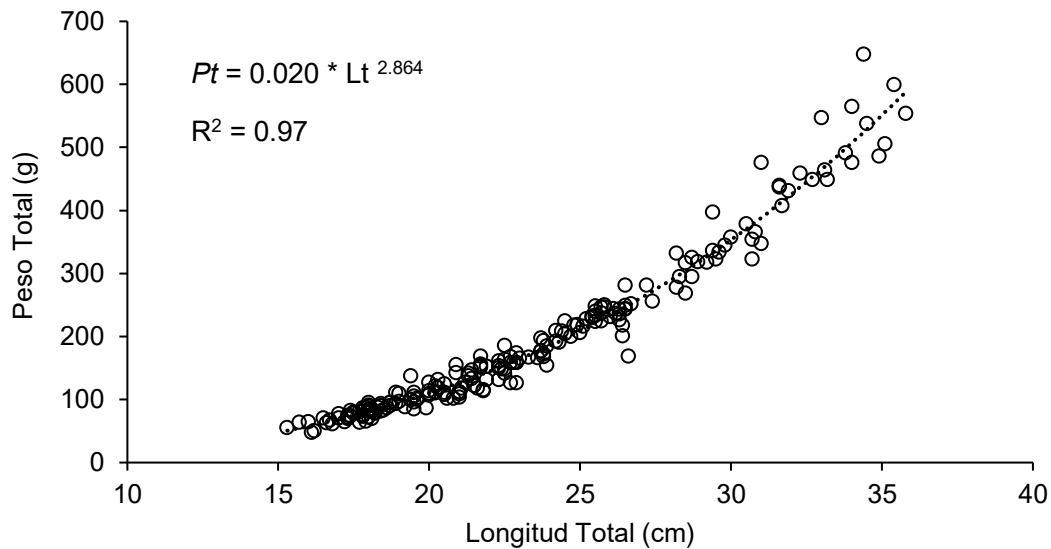


Figura 4. Relación talla-peso de machos y hembras de *L. guttatus* en aguas ecuatorianas. Pt representa el peso total estimada, Lt la longitud total y R^2 el coeficiente de determinación.

Lectura anillos de crecimiento

La comparación entre las lecturas de edad realizadas por ambos lectores mostró un alto nivel de precisión y reproducibilidad. El Error Porcentual Promedio (APE) fue de 5.37% y el Coeficiente de Variación (CV) fué 7.6%. Estos valores se encuentran dentro de los límites aceptables para estudios de crecimiento en peces óseos (generalmente $< 10\%$), lo que valida la consistencia del conteo de anillos.

El gráfico de sesgo de edad (Figura 5) muestra una estrecha correspondencia con la línea de unidad (1:1), indicando la ausencia de una subestimación o sobreestimación sistemática entre lectores. Asimismo, la prueba de simetría de Bowker arrojó un valor de $p = 0.192$ ($p > 0.05$),

confirmando estadísticamente que no existe un sesgo significativo en las asignaciones de edad entre los observadores.

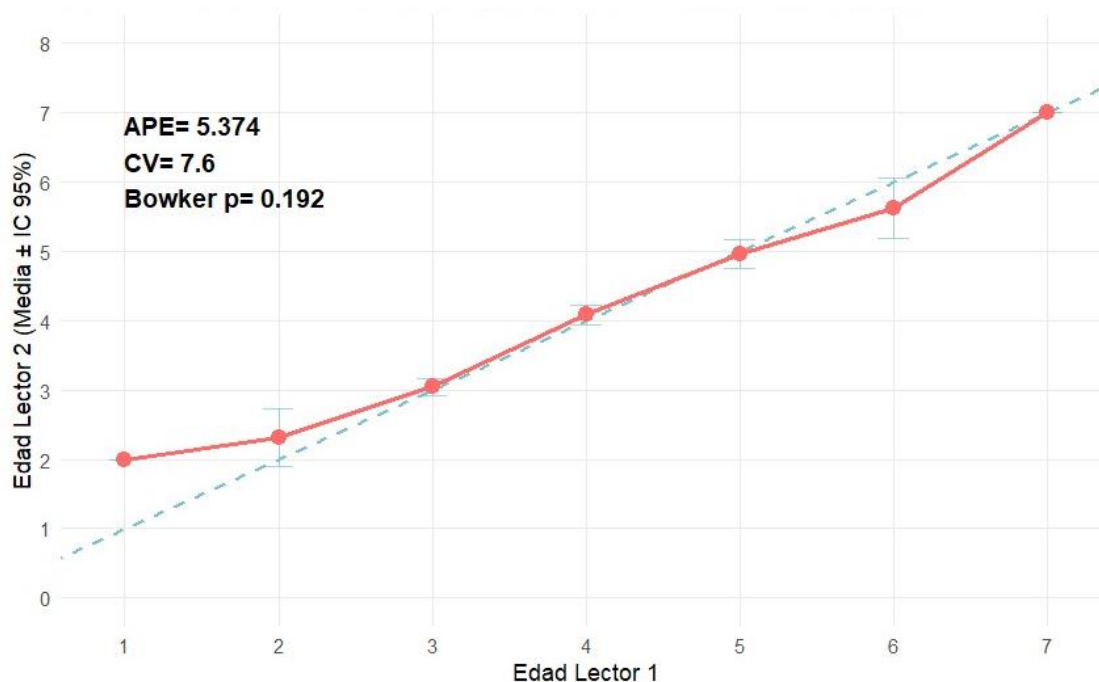


Figura 5. Gráfico de precisión y sesgo de *Lutjanus guttatus* entre el lector 1 y lector 2. APE representa al error porcentual promedio, CV el coeficiente de variación, y Bowker la prueba estadística para demostrar la significancia entre las lecturas.

Análisis de la Relación Talla-Otolito y Edad-Otolito

Se determinó una relación positiva y significativa entre la longitud total (Lt) del ejemplar y el diámetro del otolito (DO), ajustándose a un modelo lineal con un $R^2 = 0.8$. Esta correlación indica que el otolito crece de manera proporcional al cuerpo del pez. Complementariamente, el análisis de la edad frente al diámetro del otolito mostró una tendencia a incremento clara, donde los individuos de mayor edad presentaron diámetros significativamente más grandes $R^2 = 0.47$. Aunque existe solapamiento en los diámetros para las edades intermedias (3 a 5 años), las medianas de las cajas (boxplot) exhiben un escalonamiento progresivo que confirma la periodicidad del crecimiento de la estructura ósea en relación con la edad cronológica estimada (Figura 6).

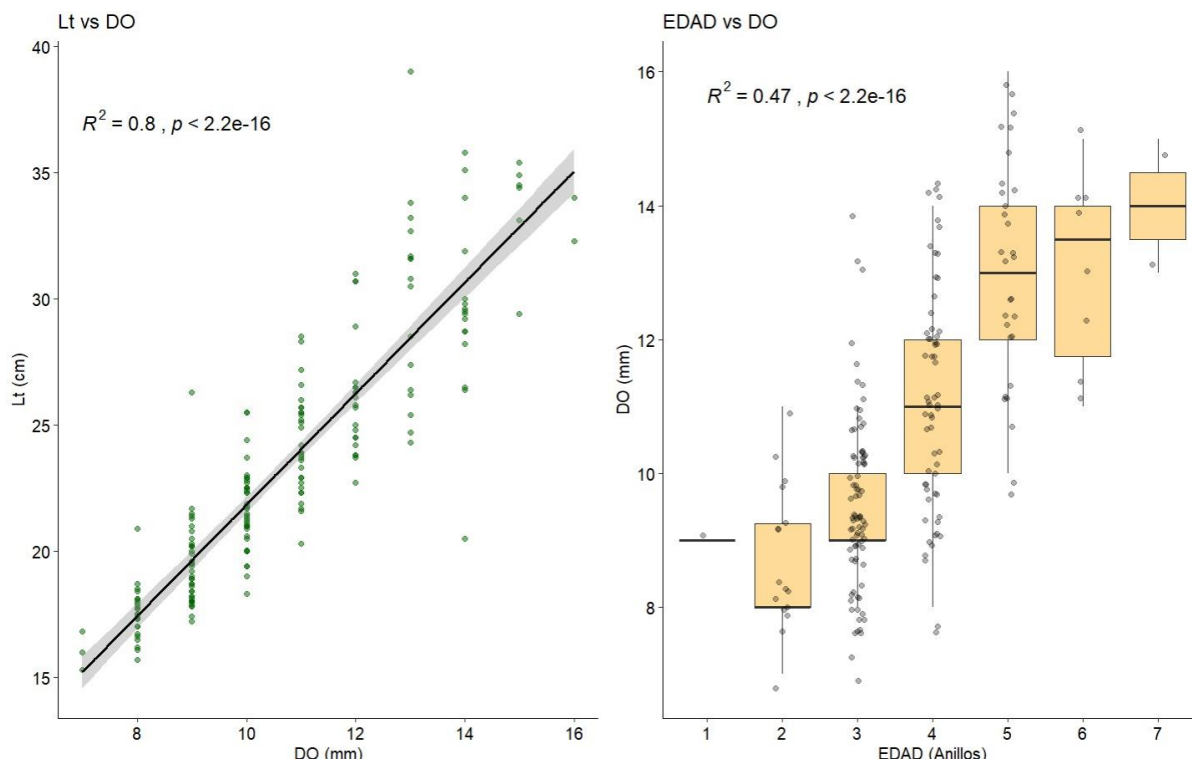


Figura 6. Validación morfométrica de los otolitos de *L. guttatus*. El panel izquierdo muestra la relación proporcional entre el crecimiento del pez y su estructura ósea; el panel derecho presenta la variabilidad del diámetro del otolito (DO) con respecto a la edad asignada (anillos).

Parámetros de crecimiento

La comparación de los modelos mediante el Criterio de Información de Validación Cruzada con Exclusión de uno (LOOIC) determinó que el modelo de von Bertalanffy fue el que presentó el mejor ajuste para los datos de *L. guttatus*. Este modelo obtuvo el valor de LOOIC más bajo (1021.9) y un peso de evidencia (LOOICw) de 1, lo que indica una superioridad absoluta en términos de capacidad predictiva y parsimonia frente a los modelos de Gompertz (LOOIC = 1074.0) y Logístico (LOOIC = 1434.3). Por lo tanto, las estimaciones de crecimiento y los parámetros biológicos de la especie se basaron exclusivamente en los resultados derivados del enfoque de von Bertalanffy (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de los modelos de crecimiento bayesianos para *Lutjanus guttatus* basada en el Criterio de Información de Validación Cruzada (LOOIC).

Modelos	LOOIC	LOOIC SE	LOOICw
von Bertalanffy	1021.899	15.77012	1
Gompertz	1074.002	17.69056	0
Logistic	1434.351	9.51977	0

El crecimiento de *Lutjanus guttatus* fue modelado exitosamente mediante un enfoque bayesiano, logrando una convergencia óptima en todos los parámetros estimados. Al comparar los tres modelos candidatos, el de von Bertalanffy (VB) presentó las estimaciones de longitud asintótica (L_{∞}) más coherentes con la biología de la especie. Para la población general (sexos combinados), el modelo VB estimó una longitud máxima promedio (L_{∞}) de 55.67 cm (IC: 44.08 – 72.18) y un coeficiente de crecimiento (k) de 0.14. Al analizar por sexos, los machos presentaron un L_{∞} menor (48.95 cm) pero una tasa de crecimiento más acelerada ($k = 0.18$) en comparación con las hembras ($L_{\infty} = 55.64$ cm; $k = 0.14$). Por el contrario, los modelos Gompertz y Logístico subestimaron significativamente el tamaño máximo, con valores de L_{∞} cercanos a los 33 cm, lo cual no refleja el potencial de crecimiento observado en el área de estudio (Tabla 3, Figura 7).

Tabla 3. Parámetros de crecimiento estimados mediante modelos bayesianos (von Bertalanffy, Gompertz y Logístico) para sexos combinados, hembras y machos de *Lutjanus guttatus*.

Grupo	Modelo	L_{∞}	K/G	L0
Sexos combinados	von Bertalanffy	55.67	0.14	0.80
	Gompertz	33.24	0.56	1.93
	Logistico	33.28	0.78	3.76
	von Bertalanffy	56.64	0.14	0.89
Hembras	Gompertz	33.22	0.56	1.96
	Logistico	32.38	0.78	3.75

Machos	von			
	Bertalanffy	48.95	0.18	0.58
	Gompertz	31.69	0.70	0.91
	Logistico	33.59	0.78	3.75

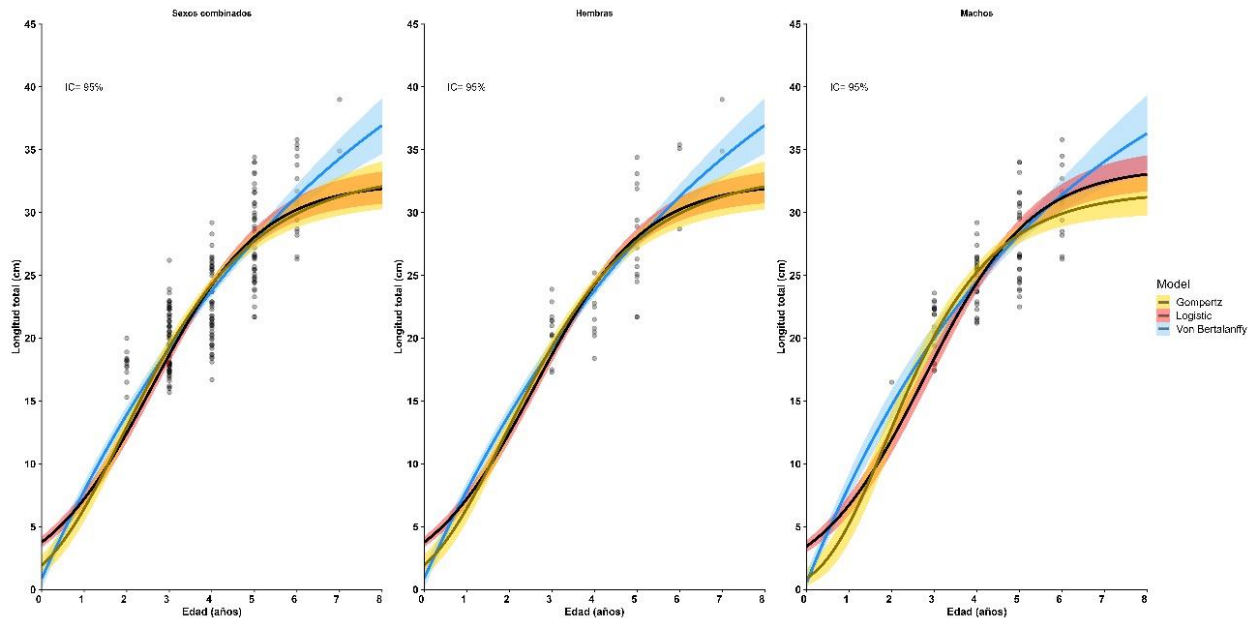


Figura 7. Curvas bayesianas de los análisis multimodelos de crecimiento para *L. guttatus* en aguas ecuatorianas. Los puntos reflejan los datos de talla- edad obtenidos y el rango de las curvas los intervalos de credibilidad del 95%.

4. DISCUSIÓN

El rango de tallas registrado en este estudio mostró discrepancias respecto a otras regiones del Pacífico Oriental. Mientras que en el Golfo de California Amezcua et al. (2006) reportaron individuos desde tallas juveniles hasta adultos (5.2 – 51.2 cm LT), investigaciones en Michoacán, México (Sarabia-Méndez et al., 2010) y Costa Rica (Soto Rojas et al., 2009) registraron tallas máximas superiores, alcanzando los 62 cm y 57 cm LT, respectivamente para

la misma especie. Estas variaciones en la estructura de tallas podrían atribuirse a la selectividad de las artes de pesca artesanales empleadas (Mendoza et al., 2024), o a diferencias en la productividad biológica de cada zona.

La proporción sexual observada en el presente estudio (2.28M:1H) difiere significativamente de lo reportado por Amezcua et al. (2006), quienes hallaron un predominio de hembras sobre machos (0.70M:1H). Por el contrario, Soto Rojas et al. (2009) documentaron proporciones cercanas a la paridad (1:1) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Estas discrepancias, tanto en la estructura de sexos como en los rangos de tallas, pueden estar vinculadas a factores estacionales, la selectividad del arte de pesca, el tamaño de la muestra o la disponibilidad de alimento (Abdalla et al., 2024; Rojas, 1997; Vicentini & Araujo, 2003; Widodo, 1993). Asimismo, la dificultad para identificar el sexo en individuos juveniles podría influir en la representatividad de las clases de edad más tempranas.

La relación talla-peso determinó que *L. guttatus* presenta un crecimiento alométrico negativo ($b < 3$), lo que indica que la especie incrementa su longitud a una tasa proporcionalmente mayor que su peso (Froese, 2006). Este resultado guarda consistencia con lo reportado por Soto Rojas et al. (2009) en Costa Rica, quienes documentaron una tendencia morfométrica similar. Por el contrario, Sarabia-Méndez et al. (2010) registraron un crecimiento isométrico para la misma especie en México, sugiriendo un desarrollo equilibrado entre ambas dimensiones. Esta variabilidad fenotípica puede responder a diversos factores, tales como el tamaño de la muestra analizada (Froese, 2006), las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad de alimento (Yılmaz et al., 2012) o la representatividad de los rangos de talla obtenidos durante el muestreo (Froese, 2006).

El análisis de precisión y sesgo no reveló la existencia de un sesgo sistemático entre lectores, lo que demuestra una elevada reproducibilidad en las estimaciones de edad para *L. guttatus*. Los valores obtenidos ($APE = 5.37\%$ y $CV = 7.6\%$) se sitúan dentro de los umbrales de aceptabilidad propuestos por Campana (2001), quien sugiere que un $APE \leq 5.5\%$ y un $CV \leq 7.6\%$ son indicadores de una asignación de edad robusta y confiable para la mayoría de las especies de peces óseos. Esta concordancia entre lectores ratifica que las marcas de crecimiento

identificadas en los otolitos sagitta son interpretables y consistentes, minimizando la incertidumbre en los parámetros de crecimiento derivados

Los parámetros de edad y crecimiento estimados en el presente estudio difieren de los reportados en latitudes más septentrionales. Mientras que en el Golfo de California y Costa Rica se han registrado longitudes asintóticas mayores con tasas de crecimiento similares ($L_{\infty} = 66.19$ cm, $k = 0.13$, Amezcua et al., 2006; $L_{\infty} = 65.9$ cm, $k = 0.13$, Rojas, 1997), otros estudios en México reportan tallas máximas teóricas excepcionalmente altas $L_{\infty} = 96.60$ cm, $k = 0.22$, Sarabia-Méndez et al., 2010). En aguas ecuatorianas, los resultados sugieren que *L. guttatus* alcanza tallas menores, pero presenta un desarrollo ligeramente más acelerado. Estas diferencias pueden atribuirse a la limitación en el rango de tallas y edades muestreadas (Froese, 2006), las variaciones en las metodologías de estimación aplicadas entre autores (Widodo, 1993) y factores ambientales específicos, como la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento, que podrían favorecer un crecimiento diferencial en otras regiones (Yılmaz et al., 2012).

La superioridad del modelo de von Bertalanffy frente a los modelos de Gompertz y Logístico se atribuye a su capacidad para representar con mayor realismo biológico la fase de crecimiento asintótico de *L. guttatus*, como lo demostró el peso de evidencia absoluto ($LOOIC_w = 1$) obtenido. Bajo la óptica de la inferencia bayesiana, la inclusión de distribuciones a priori permitió obtener estimaciones robustas de L_{∞} y k , superando la limitación común de la falta de individuos en los extremos de la estructura de tallas (ejemplares muy pequeños o excepcionalmente grandes). Esta metodología ofrece una ventaja crítica sobre los métodos de frecuencia de tallas o máxima verosimilitud convencional, ya que permite que la incertidumbre de los datos sea compensada por la información previa del modelo, evitando subestimaciones sesgadas de la longitud máxima promedio (Ogle et al., 2017; Schwamborn, 2018). En consecuencia, el enfoque bayesiano garantizó que, a pesar de las restricciones del muestreo artesanal, los parámetros resultantes reflejen fielmente el potencial de crecimiento de la especie en la región.

5. CONCLUSIONES

El estudio de la edad y el crecimiento de *Lutjanus guttatus* en el Puerto de Jaramijó demuestra que la especie presenta un desarrollo biológico robusto y consistente con las poblaciones del Pacífico Oriental, aunque con particularidades locales. La precisión en la identificación de los anillos de crecimiento en los otolitos sagitta fue validada por altos índices de ($APE = 5.37$ y $CV = 7.6$) y la ausencia de sesgo sistemático entre lectores, lo que ratifica la confiabilidad de las estimaciones de edad obtenidas. Asimismo, la fuerte correlación entre la longitud total y el diámetro del otolito ($R^2 = 0.8$) confirmó que estas estructuras óseas son indicadores precisos del crecimiento somático del pez.

Morfométricamente, la especie exhibe un crecimiento alométrico negativo ($b = 2.86$), lo que indica que los individuos tienden a ganar proporcionalmente más longitud que peso. En cuanto al modelado de crecimiento, el enfoque bayesiano determinó que el modelo de von Bertalanffy es el más adecuado para describir la trayectoria vital de la especie en aguas ecuatorianas ($LOOICw = 1$), superando las limitaciones de muestreo y proporcionando una longitud asintótica ($L_{\infty} = 55.67$ cm) biológicamente coherente y un valor k de 0.14, característico de especies longevas con crecimiento lento.

En comparación con otras latitudes, el pargo de la mancha en Ecuador alcanza tallas menores, pero crece de forma ligeramente más acelerada, lo que sugiere una respuesta adaptativa a las condiciones ambientales locales y la presión pesquera artesanal de la zona.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a Dios por ser mi guía, por ser mi constante fuente de bendiciones, por ser mi fortaleza y sobre todo por darme la vida y permitirme disfrutar de este logro junto a mi familia y amigos, agradezco a aquellos que nunca me dieron la espalda, que día a día con sus mensajes de motivación, abrazos y consejos hicieron que estos años de estudio pasaran un poco más rápido y la carga fuese un poco más ligera, también un agradecimiento muy especial a nuestro tutor el Blgo. Klever Mendoza por aceptarnos como sus tesisas,

apoyarnos y guiarnos desde el primer día que comenzamos con nuestro trabajo de titulación, no puedo dejar atrás a todos mis seres queridos que ya no están físicamente en este plano pero que desde el cielo están orgullosos de mí, su luz sigue iluminando mi camino, aunque ya no estén aquí.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abdalla, M. Y. M., Abd Elhalim, A. E. I., Shuaib, M. E. K., Hamid, A. M., Sati, N. A., Elhassan, M. M., & Adam, A. E.-B. (2024). A study of age, sex ratio, gonado-somatic index, fecundity, and breeding season, of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) from Khashm El-Girba Reservoir and Atbara River, Eastern Sudan. *Asian Journal of Research in Zoology*, 7(3), 28-46.
- Amezcuca, F., Soto-Avila, C., & Green-Ruiz, Y. (2006). Age, growth, and mortality of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* from the southeastern Gulf of California. *Fisheries Research*, 77(3), 293-300.
- Beamish, R. J., & 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.
- Cadima, E. L. (2003). Manual de evaluación de recursos pesqueros. FAO Documento Técnico de Pesca No. 393. FAO.
- 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.
- Chang, W. Y. (1982). A statistical method for evaluating reproducibility of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(8), 1208-1210.
- Espino-Barr, E., Gallardo-Cabello, M., Sarabia-Méndez, M., & Anislado-Tolentino, V. (2010). Characteristics of the population dynamics of *Lutjanus guttatus* in Bufadero Bay, Michoacán, Mexico. *Ciencias Marinas*, 36(4), 309–324.
- Gallardo-Cabello, M., Sarabia-Méndez, M., Espino-Barr, E., & Anislado-Tolentino, V. (2010). Biological aspects of *Lutjanus peru* in Bufadero Bay, Michoacán, México: growth,

- reproduction and condition factors. *Revista de biología marina y oceanografía*, 45(2), 205-215.
- Fariás-Tafolla, B., Romo-Curiel, A. E., Espinoza, M., & Wehrtmann, I. S. (2025). Variaciones demográficas del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) a lo largo del Pacífico de Costa Rica sugieren la existencia de dos unidades poblacionales. *Revista de Biología Tropical*, 73(1).
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., & KE Carpenter and Niem, V. H. (1995). *Guia FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca-Pacífico Centro-Oriental Volumen III. Vertebrados. Parte 2.*
- Franke, R., & Acero, A. (1995). Peces serránidos del Parque Gorgona, Pacífico colombiano (Osteichthyes: Serranidae). *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 19(74), 593-600.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Grønkjær, P. (2016). Otoliths as individual indicators: a reappraisal of the link between fish physiology and otolith characteristics. *Marine and Freshwater Research*, 67(7), 881-888.
- Griffiths, M. H., & Heemstra, P. C. (1995). A contribution to the taxonomy of the marine fish genus *Argyrosomus* (Perciformes: Sciaenidae), with descriptions of two new species from southern Africa (Vol. 42). Grahamstown, South Africa: JLB Smith Institute of Ichthyology.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241-253.
- Liotta, J. R., & Maniataki, P. (2022). *Validación del otolito como estructura para determinar la edad del sábalo (Prochilodus lineatus Valenciennes, 1837)*. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23554.49608>
- Mendoza-Nieto, K., Briones-Mendoza, J., & Alió, J. J. (2024). Selectivity of gillnets for the capture of *Selene peruviana* and *Peprilus medius* in the Ecuadorian Pacific. *Revista Ciencias Marinas Y Costeras*, 16(2), 9-27. <https://doi.org/10.15359/revmar.16-2.1>
- Ogle, D. H., Wheeler, P., & Dinno, A. (2017). FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.8.17.

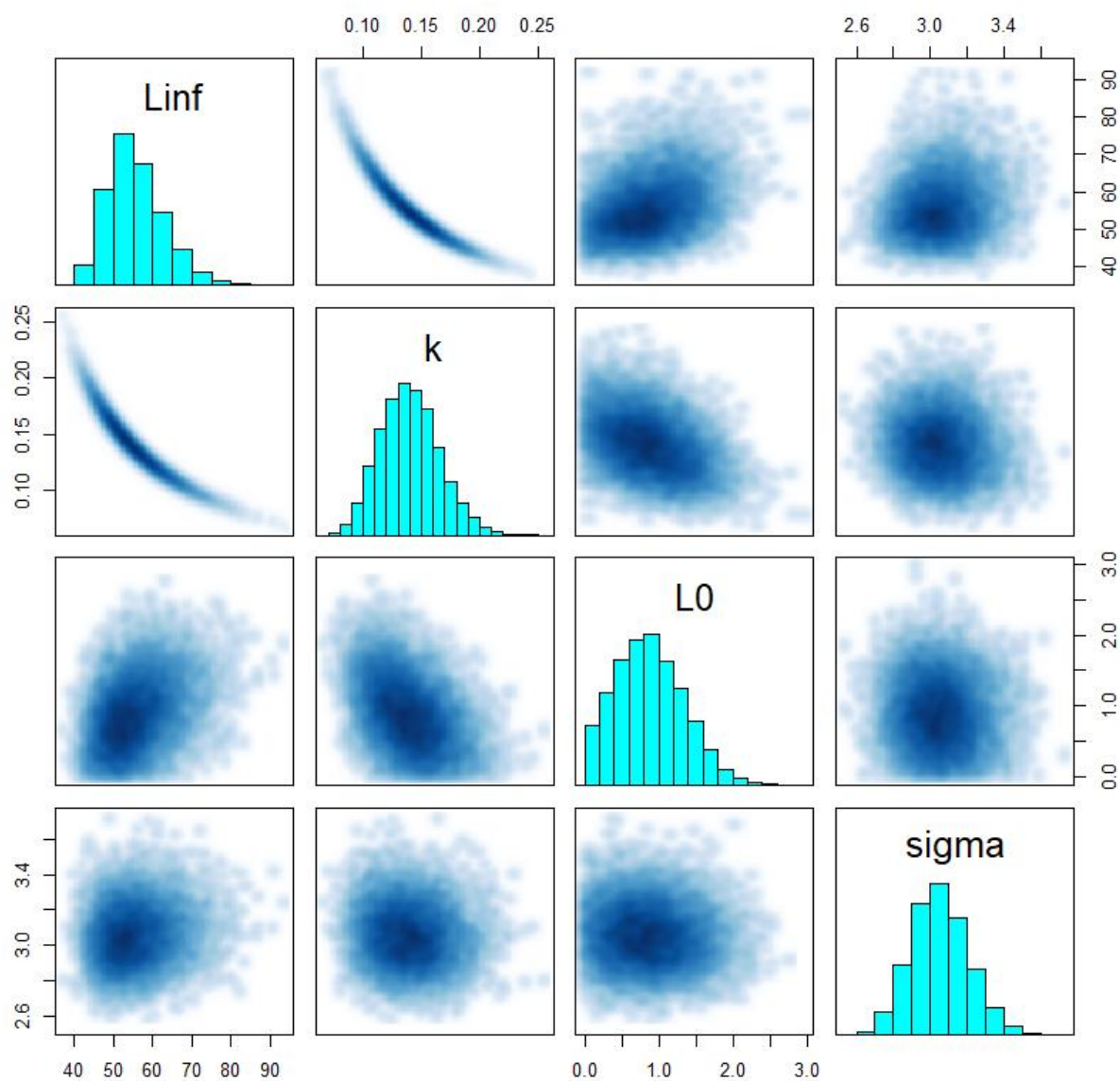
- Oré-Villalba, D. O. (2017). Catálogo fotográfico de otolitos de peces marinos y dulceacuícolas del Perú.
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1-382.
- Rojas, M. J. R. (1997). Fecundidad y épocas de reproducción del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44/45(3/1), 477-487.
- Rojas, M. J. R. (2013). Biología reproductiva y dinámica poblacional del pargo mancha *Lutjanus guttatus* en el Pacífico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 61(s1).
- Sarabia-Méndez, M., Gallardo-Cabello, M., Espino-Barr, E., & Anislado-Tolentino, V. (2010). Características de la dinámica poblacional de *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en Bahía Bufadero, Michoacán, México. *Hidrobiológica*, 20(2), 147-157.
- Smart, J. J., & 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>
- Soto Rojas, R. L., Mejía-Arana, F., Palacios, J. A., & Hiramatsu, K. (2009). Reproducción y crecimiento del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57(1-2), 125-131.
- Sparre, P., & Venema, S. C. (1995). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Documento Técnico de Pesca No. 306/1.
- Vehtari, A., Gelman, A., & Gabry, J. (2017). Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC. *Statistics and Computing*, 27(6), 1413-1432.
- Vicentini, R. N., & Araujo, F. G. (2003). Sex ratio and size structure of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Perciformes, Sciaenidae) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63(4), 559-566.
- Widodo, J. (1993). Preliminary study on the biology and fishery of spotted sardine, *Amblygaster sirm* (Clupeidae) in the Java Sea (Indonesia). *Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, (72).

- Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Erbaşaran, M., Esen, S., Zengin, M., & Polat, N. (2012). Length-weight relationship and relative condition factor of white bream, *Blicca bjoerkna* (L., 1758), from Lake Ladik, Turkey. *Journal of Biological Sciences*, 18(3), 380-387.
- Zavala-Leal, I., González-Félix, M. L., Perez-Velazquez, M., Poot-Delgado, C. A., & Valenzuela-Quinonez, W. (2021). Larval development and growth of spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* under culture conditions. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(1), 1-13.
- Zar, J. H. (2010). Biostatistical analysis pearson prentice-hall. Upper Saddle River, NJ.
- Von Bertalanffy, L. (1938). A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquiries on Growth Laws. II). *Human Biology*, 10, 181-213.
- Ricker, W. E. (1979). Growth Rates and Models. En *Fish Physiology* (Vol. 8, pp. 677-743). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60034-5](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60034-5)
- 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. <https://doi.org/10.1098/rstl.1825.0026>

ANEXOS



Anexo 1. Matriz de correlación y distribución de las variables biológicas de *Lutjanus guttatus*. La diagonal muestra la densidad de frecuencia para longitud, edad y sexo. El panel superior derecho presenta los coeficientes de correlación de Pearson (Corr) y diagramas de caja por sexo. El panel inferior izquierdo muestra los gráficos de dispersión (scatter plots) e histogramas detallados, diferenciando por colores a individuos no determinados (rojo), hembras (verde) y machos (azul).



Anexo 2. Distribuciones posteriores y correlaciones de los parámetros del modelo ganador de von Bertalanffy para *Lutjanus guttatus*.