



Reproductive cycle and sexual maturity size of landed *Selene peruviana* (Perciformes: Carangidae) on the coasts of the Ecuadorian Pacific

Ciclo reproductivo y talla de madurez sexual de *Selene peruviana* (Perciformes: Carangidae) desembarcadas en las costas del Pacífico ecuatoriano

Kléver Mendoza-Nieto^{1,2*}, Mila C-Soriguer Escofet¹, Maribel Carrera-Fernández²

¹ Departamento de Biología, Facultad Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, 11510 Puerto Real, Cádiz-España.

² Facultad Ciencias del Mar, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Av. Circunvalación – Vía a San Mateo, Manta-Ecuador.

* Corresponding author. E-mail: klevnime@gmail.com, klever.mendoza@uleam.edu.ec

ABSTRACT. The Peruvian moonfish (*Selene peruviana*) is an important fisheries resource that is landed in the main fishing harbors of Ecuador. At the local level, little information is available regarding the biology of this species, which hinders the development of management plans. The present study evaluates the reproductive characteristics of *S. peruviana* such as the size at sexual maturity and reproductive cycle. Specimens were obtained from artisanal and industrial catches from January 2017 to December 2018. The morphometric characteristics, sex, and maturity stage of 886 specimens were determined, and the gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI), and relative condition factor (Kn) were estimated. The length-weight relationship and length at sexual maturity (L_{50}) were evaluated with an allometry equation and multi-model analyses, respectively. The mean capture size (total length, TL) was 23.62 cm for males and 22.97 cm for females. A sex ratio (M:F) of 0.70:1.00 ($\chi^2 = 26.28$, $P < 0.05$) was obtained. The allometric factor of the length-weight relationship for both sexes (b) was 2.63 ($t = 12.16$, $P < 0.05$), and the coefficient of determination (r^2) was 0.89, which suggests that negative allometric growth was present. The L_{50} (TL) was estimated to be 22.61, 23.86, and 23.27 cm for males, females, and sexes combined, respectively. The monthly GSI, HSI, and Kn values were significantly different (K-W, $P < 0.05$) among study months. The maximum GSI values were observed in February and March, which constituted the period of highest reproductive activity. The HSI and Kn values exhibited similar trends. The size at sexual maturity was similar to the average catch size, which could indicate that *S. peruviana* is currently at the limit of its optimal catch size.

Key words: condition factor, hepatosomatic index, gonadosomatic index, allometry, *Selene peruviana*.

RESUMEN. El pez luna peruano, *Selene peruviana*, es un importante recurso desembarcado en las principales caletas pesqueras del Ecuador. A nivel local, existe poca información sobre la biología de esta especie, lo cual dificulta el desarrollo de planes de manejo. El presente estudio evalúa aspectos reproductivos de *S. peruviana* como la talla de madurez sexual y el ciclo reproductivo. Se obtuvieron muestras de capturas artesanales e industriales desde enero de 2017 hasta diciembre de 2018. Las características morfológicas, el sexo y la etapa de madurez de 886 especímenes fueron registrados y se estimó el índice gonadosomático (IGS), el índice hepatosomático (IHS) y el factor de condición relativo (Kn). La relación talla-peso y la talla de madurez sexual (L_{50}) se evaluaron mediante la ecuación de alometría y análisis multimodelos, respectivamente. La talla media de captura (longitud total, LT) fue de 23.62 cm para los machos y 22.97 cm para las hembras. Se obtuvo una proporción de sexos (M:H) de 0.70:1.00 ($\chi^2 = 26.28$, $P < 0.05$). El factor alométrico de la relación longitud-peso para sexos combinados (b) fue 2.63 ($t = 12.16$, $P < 0.05$) y el coeficiente de determinación (r^2) fue 0.89, lo que sugiere una relación alométrica negativa. La L_{50} (LT) se estimó en 22.61, 23.86 y 23.27 cm para machos, hembras y sexos combinados, respectivamente. Los valores mensuales de IGS, IHS y Kn mostraron diferencias significativas (K-W, $P < 0.05$) entre los meses de estudio. Los valores máximos de IGS se observaron durante febrero y marzo, siendo el periodo de mayor actividad reproductiva. Los índices de IHS y Kn mostraron tendencias similares. La talla de madurez sexual fue similar a la talla media de captura, lo que podría indicar que *S. peruviana* se encuentra en el límite de su talla óptima de captura.

Palabras clave: factor de condición, índice hepatosomático, índice gonadosomático, alometría, *Selene peruviana*.



©Kléver Mendoza-Nieto, Mila C-Soriguer Escofet, Maribel Carrera-Fernández.

This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which allows you to share and adapt the work, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. Figures, tables, and other elements in the article are included in the article's CC BY 4.0 license, unless otherwise indicated. You must seek permission from the copyright holder for use of material not covered by this license. The journal title is protected by copyrights owned by Universidad Autónoma de Baja California, and the journal title and logo are not subject to this license.

INTRODUCTION

The Carangidae family is comprised of a great variety of fish species spanning 31 genera (Nelson 2006, Froese and Pauly 2023). These species are distributed in the tropical and subtropical waters of the Atlantic, Pacific, and Indian Oceans, and some are of high economic value and exploited by both artisanal and industrial fisheries. For example, the horse mackerel (*Trachurus murphyi*) fishery in the South Pacific Ocean is becoming one of the most important fisheries in the world (Gerlotto et al. 2012, Lucano-Ramírez et al. 2016). One of the most representative genera of the Carangidae family is *Selene*, which is composed of 8 species that are distributed in the tropical coastal waters of the Atlantic and Pacific Oceans (Froese and Pauly 2022).

In Ecuador, *Selene peruviana* (Guichenot, 1866), which is locally known as Carita, is an important resource for artisanal and industrial fisheries. *Selene peruviana* is found in pelagic and demersal habitats along the continental shelf and forms shoals near the bottom between 10–80 m depth (Martínez 2005). Considerable volumes of this species are caught with purse seines, trawls, and gillnets. For example, the Ecuadorian sardine purse-seine fleet caught 5,402.8 t of *S. peruviana* as bycatch in 2004. The amount of bycatch has decreased since then, with 2,680.49 t of bycatch caught in 2019 (IPIAP 2022). The meat of *S. peruviana*, like that of several members of the Carangidae family, is well valued in the market and widely consumed (Jiménez and Béarez 2004). The effects of the over-exploitation of coastal fisheries are further exacerbated due to pollution, climate change, and urban development (Díaz et al. 2016) and are reflected in reductions in catch volumes, biodiversity, organism size, growth rates, reproductive capacity, abundance, and biomass (González et al. 2007).

Information on the sex ratio and changes in maturity phases that occur throughout the year is critical for fully understanding the biological characteristics of a population and required for comprehensive evaluations of fisheries stocks (Holden and Raitt 1975). These characteristics allow for the reproductive potential of exploited fish stocks to be determined (Williams 2007). At the regional level, little research has been conducted on the biology of *S. peruviana*. In Ecuador, information regarding the biology of this species is scarce. Therefore, the present study aims to fill this knowledge gap regarding the reproductive dynamics of *S. peruviana* through an analysis of the size at sexual maturity and reproductive cycle. Our results serve as a baseline for future research efforts and contribute valuable insights for the management of this important resource.

MATERIALS AND METHODS

Sampling locations

Selene peruviana sampling was conducted between January 2017 and December 2018. Specimens were collected

INTRODUCCIÓN

La familia Carangidae presenta una gran variedad de especies de peces con 31 géneros (Nelson 2006, Froese y Pauly 2023). Estas especies se distribuyen en aguas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico y algunos tienen un alto valor económico y son explotados tanto por la pesca artesanal como por la industrial. Por ejemplo, la pesquería de jurel (*Trachurus murphyi*) en el océano Pacífico Sur se está convirtiendo en una de las pesquerías más importantes del mundo (Gerlotto et al. 2012, Lucano et al. 2016). Uno de los géneros más representativos de la familia Carangidae es *Selene*, el cual está compuesto por 8 especies que se distribuyen en las aguas costeras tropicales de los océanos Atlántico y Pacífico (Froese y Pauly 2022).

En Ecuador, *Selene peruviana* (Guichenot, 1866), conocida localmente como Carita, es un recurso importante para la pesca artesanal e industrial. *Selene peruviana* se encuentra en la plataforma continental en hábitats pelágicos y demersales y forma cardúmenes cerca del fondo entre 10 y 80 m de profundidad (Martínez 2005). Volúmenes considerables de esta especie se capturan con redes de cerco, arrastre y enmalle. Por ejemplo, la flota sardinera ecuatoriana capturó 5,402.8 t de *S. peruviana* como captura incidental en 2004. La cantidad de captura incidental ha disminuido desde entonces, con 2,680.49 t de captura incidental en 2019 (IPIAP 2022). Su carne, como la de varios miembros de la familia Carangidae, es muy cotizada y de alto consumo (Jiménez y Béarez 2004). Los efectos de la sobreexplotación de las pesquerías costeras se ven agravados debido a la contaminación, el cambio climático y el desarrollo urbano (Díaz et al. 2016) y se reflejan en reducciones en los volúmenes de captura, la biodiversidad, el tamaño de los organismos, las tasas de crecimiento, la capacidad reproductiva, la abundancia y la biomasa (González et al. 2007).

Para adquirir un conocimiento completo de las características biológicas de una población y para realizar evaluaciones exhaustivas de las poblaciones pesqueras, es fundamental contar con información sobre la proporción de sexos y los cambios en las fases de madurez que ocurren a lo largo del año (Holden y Raitt 1975). Estas características hacen posible la determinación del potencial reproductivo de estas poblaciones (Williams 2007). A nivel regional, existe poca investigación sobre la biología de *S. peruviana*. En Ecuador, la información documentada sobre su biología es escasa. Por lo tanto, el presente estudio contribuye al conocimiento de la dinámica reproductiva a través del análisis de la talla de madurez sexual y su ciclo reproductivo. Nuestros resultados ayudan establecer una línea base para futuras investigaciones y contribuye información valiosa para el manejo pesquero de este importante recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de muestreo

Los muestreos de *S. peruviana* se realizaron entre enero 2017 y diciembre 2018. Los ejemplares fueron recolectados

from the catches of artisanal fishers using gillnets in the artisanal fishing harbor of Los Arenales (0°51'02.93" S, 80°32'02.84" W) and from the landings of the industrial fleet that operates with purse seine nets in the fishing port of Manta (0°57'00.18" S; 80°42'32.98" W; Fig. 1). The coasts of Ecuador exhibit marked environmental seasonality. The rainy or humid season occurs from January to May when an increase in the sea surface temperature (SST) is observed. The dry season occurs from July to November and is characterized by a decrease in SST, with June and December considered transition periods (Perugachi et al. 2014, Prado and Cajas 2016).

The specimens were transferred to the biology laboratory of the Facultad de Ciencias del Mar of the Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí. Morphometric measurements were taken of all specimens, and their organs were extracted. Total length (TL) was measured with a digital ichthyometer (precision of 1 mm). Total weight (Wt), gonad weight (Wg), and liver weight (Wl) were measured with a digital balance (precision of 0.01 g). Sex was determined by visually analyzing the gonads, and gonadal maturity was visually estimated from macroscopic characteristics using an empirical scale following the methodology of Holden and Raitt (1975), with modifications. The stages of gonad maturity were the following: stage I, (immature), stage II (maturing), stage III (mature or gravid stage), stage IV (spawning), and stage V (regeneration).

Length-weight relationship

To estimate the length-weight relationship, the following potential allometric equation was used (Ricker 1975, Froese 2006):

$$Wt = aTL^b e^{\epsilon_i} \quad , \quad (1)$$

where Wt is the total weight of the species, a the intercept, TL is the total length, b is the slope that describes the type of growth, and ϵ_i is the multiplicative error of the i -th fish. To estimate a and b , the least squares method was used by linearizing equation (1) via logarithmic transformations of Wt and TL.

Estimation of size at sexual maturity

The length at sexual maturity (L_{50}) was estimated from the accumulated frequencies of stages III, IV, and V using 6 sigmoid models (Table 1).

Model adjustments were made by minimizing the negative of the verisimilitude logarithm ($-LN[L]$; Neter et al. 1996) based on the probability of a binomial distribution. The best fit of the models was verified using the Akaike information criterion (AIC; Akaike 1973):

$$AIC = 2(-LN[L]) + 2k \quad , \quad (2)$$

de las capturas artesanales con redes de enmalle en la caleta pesquera de Los Arenales (0°51'02.93" S, 80°32'02.84" O) y del desembarque de la flota industrial que opera con redes de cerco en el puerto pesquero de Manta (0°57'00.18" S, 80°42'32.98" O; Fig. 1). Las costas del Ecuador presentan una marcada estacionalidad ambiental. La estación lluviosa o húmeda ocurre de enero a mayo cuando se registra un aumento de la temperatura superficial del mar (TSM). La estación seca ocurre de julio a noviembre y se caracteriza por una disminución de la TSM, con junio y diciembre considerados periodos de transición (Perugachi et al. 2014, Prado y Cajas 2016).

Los especímenes fueron trasladados al laboratorio de biología de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Se tomaron mediciones morfométricas de todos los especímenes y se extrajeron sus órganos. La longitud total (LT) se midió con un ictiómetro digital (precisión de 1 mm). El peso total (Pt), peso de la gónada (Pg) y peso del hígado (Ph) se midieron con una balanza digital (precisión de 0.01 g). El sexo se determinó por la observación de las gónadas y la etapa de madurez gonadal se estimó visualmente por características macroscópicas de las gónadas utilizando la escala de Holden y Raitt (1975), con modificaciones. Las etapas de madurez gonadal fueron las siguientes: etapa I (inmaduro), etapa II (madurando), etapa III (madura o grávida), etapa IV (desove) y etapa V (regeneración).

Relación longitud-peso

Para estimar la relación talla-peso se utilizó la ecuación de alometría potencial (Ricker 1975, Froese 2006):

$$Pt = aLT^b e^{\epsilon_i} \quad , \quad (1)$$

donde Pt es el peso total de la especie, a es el intercepto, LT es la longitud total, b es la pendiente que describe el tipo de crecimiento y ϵ_i es el error multiplicativo del i -ésimo pez. Para estimar los parámetros a y b se utilizó el método de mínimos cuadrados linealizando la ecuación (1) mediante una transformación logarítmica de Pt y LT.

Estimación de la talla de madurez

La talla de madurez sexual (L_{50}) se estimó a partir de las frecuencias acumuladas de las etapas III, IV y V utilizando 6 modelos sigmoides (Tabla 1).

El ajuste de los modelos se realizó minimizando el negativo del logaritmo de verosimilitud ($-LN[L]$; Neter et al. 1996) en función de la probabilidad de una distribución binomial. El mejor ajuste de los modelos se verificó mediante el criterio de información de Akaike (CIA; Akaike 1973):

$$CIA = 2(-LN[L]) + 2k \quad , \quad (2)$$

where k is the number of parameters to be estimated in the model and $-LN[L]$ is the negative logarithm of verisimilitude. The model that offers the lowest AIC value (AIC_{min}) is the one in which the least information is lost and the one that best fits the data. Akaike weights (W_i) were calculated to determine the best fit model among all candidates:

$$W_i = \frac{e^{(-\frac{\Delta_i}{2n})}}{\sum e^{(-\frac{\Delta_i}{2n})}} \quad (3)$$

where Δ_i is the difference between AIC and AIC_{min} of each model.

Spawning season

The spawning season was determined by analyzing the temporal variation of the gonadosomatic index (GSI) to determine the period or periods with the greatest reproductive intensity during an annual cycle (Brown-Peterson et al. 2011). The variation of the GSI was analyzed along with the variation of the relative condition factor (Kn) and that of the hepatosomatic index (HSI; Le Cren 1951, Vazzoler 1996, Smylie et al. 2016, Wang et al. 2016):

$$GSI = \frac{W_g}{W_t} \times 100 \quad (4)$$

$$HSI = \frac{W_l}{W_t} \times 100 \quad (5)$$

$$Kn = \frac{W_l}{TL^b} \times 100 \quad (6)$$

donde k es el número de parámetros a estimar en el modelo y $-LN[L]$ es el logaritmo negativo de verosimilitud. El modelo que menos valor ofrezca en el CIA (CIA_{min}) será el que menos información pierda y el que ofrezca el mejor ajuste a los datos. Se calcularon los pesos de Akaike (P_i) para ver cuál era el modelo que mejor se ajustaba entre todos los candidatos:

$$P_i = \frac{e^{(-\frac{\Delta_i}{2n})}}{\sum e^{(-\frac{\Delta_i}{2n})}} \quad (3)$$

donde Δ_i corresponde a la diferencia de CIA y CIA_{min} de cada modelo.

Temporada de desove

La temporada de desove se determinó analizando la variación temporal del índice gonadosomático (IGS) para conocer el periodo o periodos de mayor intensidad reproductiva de la especie en un ciclo anual (Brown-Peterson et al. 2011). La variación del IGS se analizó juntamente con la variación del factor de condición relativa (Kn) y la del índice hepatosomático (IHS; Le Cren 1951, Vazzoler 1996, Smylie et al. 2016, Wang et al. 2016):

$$IGS = \frac{P_g}{P_t} \times 100 \quad (4)$$

$$IHS = \frac{P_h}{P_t} \times 100 \quad (5)$$

$$Kn = \frac{P_t}{LT^b} \times 100 \quad (6)$$

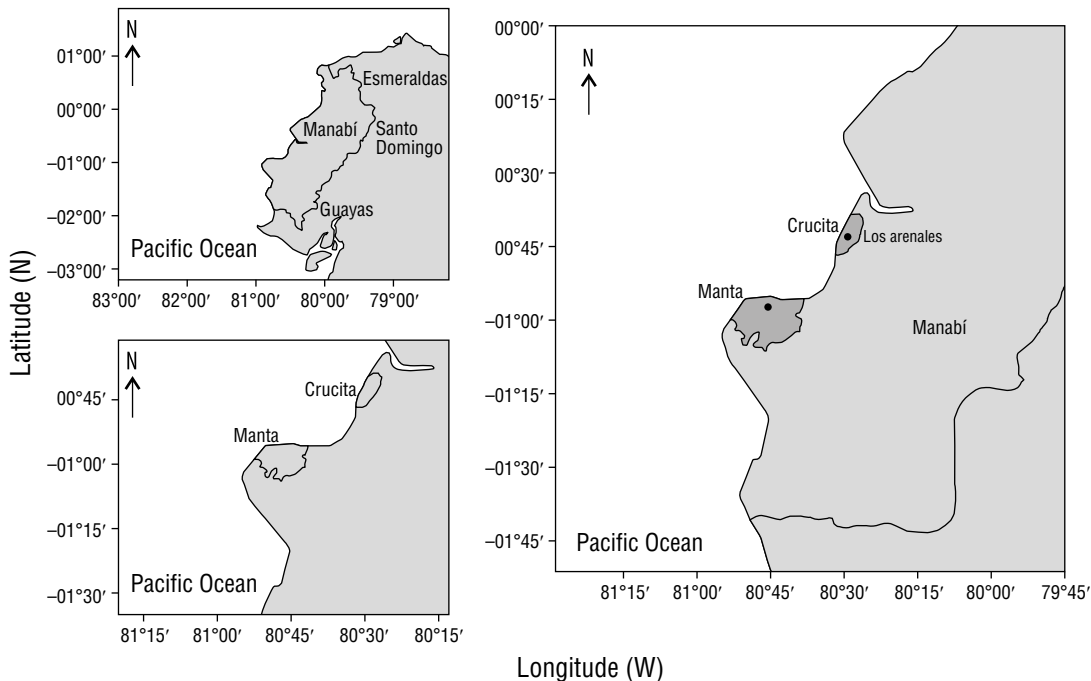


Figure 1. Location of the study area. Sampling sites are marked with a black circle.

Figura 1. Localización del área de estudio. Los sitios de muestreo se identifican con un círculo negro.

Table 1. Models used to estimate the size at sexual maturity (L_{50}).**Tabla 1.** Modelos utilizados para la estimación de la talla de madurez sexual (L_{50}).

Author	Model
Gompertz (1825)	$P_i = \exp^{-\exp^{-\theta(Lt_i - L_{50})}}$
Richards (1959)	$P_i = [1 - (1 - m) \times \exp^{-k*(Lt_i - L_{50})}]^{1/(1-m)}$
Bakhyokho (1983)	$P_i = \frac{1}{1 + \exp^{(a-b*Li_i)}}$
King (1995)	$P_i = \frac{1}{1 + \exp^{-r*Li_i - L_{50}}}$
White (2002)	$P_i = \frac{1}{\left[-LN(19) \frac{(Li_i - L_{50})}{L_{95} - L_{50}} \right]}$
Brewer & Griffiths (2005)	$P_i = \frac{1}{1 + \exp^{-Li_i - L_{50}/\alpha}}$

Parameters: P_i is the proportion of mature individuals in each size range (Lt), L_{50} is the length at which 50% of individuals reach sexual maturity, θ and r , the rate of change, m and k , adjustment parameters, a and b intercept and slope, and α is the amplitude of the maturity ogive.

where W_g , W_t , and W_l are the gonad weight, total weight of the fish, and liver weight; respectively; TL is the total length of the fish; and b is an allometric factor.

Statistical analyses

Normality and homoscedasticity of the data were evaluated with Shapiro-Wilks and Bartlett tests, respectively. Differences in the length distribution between sexes were compared using a Kolmogorov–Smirnov test. The monthly differences in the size of *S. peruviana* by sex, GSI, HSI, and Kn were evaluated by a one-way analysis of variance (ANOVA) and post-hoc Tukey–Kramer tests. When the data did not comply with the assumptions of normality and homoscedasticity, Kruskal–Wallis tests were employed. A comparison of the sex ratio with the expected ratio (M:F) of 1:1 was conducted with a Chi-square (χ^2) test. To evaluate the growth type, the allometric factor (b) was compared to a value of 3 using Student t -tests. Pearson correlations were used to evaluate the relationships of GSI values between sexes (Zar 2010). Statistical tests were performed in Statgraphics Centurion (StatPoint Technologies, Inc., Warrenton, VA, USA) and R (R Core Team 2020). Significance was determined with $\alpha = 0.05$ ($P < 0.05$).

donde P_g , P_t y P_h son el peso de las gónadas, el peso total del pescado y el peso del hígado, respectivamente; LT es la longitud total de los peces y b el factor de alometría.

Análisis estadísticos

La normalidad y la homocedasticidad de los datos se evaluaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilks y Bartlett, respectivamente. Diferencias en la distribución de la longitud entre los sexos fueron comparadas utilizando una prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las diferencias mensuales en las tallas de *S. peruviana* por sexo, IGS, IHS y Kn se evaluaron mediante un análisis de varianza de un solo sentido (ANDEVA) y pruebas *a posteriori* de Tukey-Kramer. Cuando los datos no cumplían con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. La comparación de la proporción de sexos con la esperada (M:H) de 1:1 se realizó mediante la prueba de Chi-cuadrado (χ^2). Para el análisis del tipo de crecimiento, el factor alométrico (b) se comparó con 3 usando las pruebas t de Student. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para medir la asociación de los valores del IGS entre sexos (Zar 2010). Las pruebas estadísticas se realizaron en Statgraphics Centurion (Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, VA, EE. UU.) y R (R Core Team R 2020). La significancia se determinó a partir de $\alpha = 0.05$ ($P < 0.05$).

RESULTS

Size distribution

A total of 886 specimens were analyzed (400 in 2017 and 486 in 2018; Table 2). In the size frequency distribution for both sexes, the TL values ranged from 10.50 to 41.30 cm, with an average TL of 23.16 ± 3.81 cm. There was no significant difference in the general size of individuals between 2017 and 2018 (*t* Student, $P > 0.05$). Females and males exhibited average TL values of 22.97 ± 3.73 and 23.62 ± 3.79 cm, respectively (Fig. 2). The size frequency distributions differed significantly between sexes (K-S test = 2.03; $P < 0.05$).

Length-weight relationship

The potential model for all captured organisms was $Wt = 0.0361TL^{2.63}$ with a coefficient of determination (r^2) of 0.89 (Fig. 3). The allometric factors (*b*) of females and males were 2.62 and 2.49, respectively, which were significantly less than 3. A significant difference between sexes with respect to the isometric parameter was found (Student *t*-test = 12.16, $P < 0.05$). Therefore, growth was considered to be negatively allometric for both sexes (Table 3).

RESULTADOS

Distribución de tallas

Se analizaron un total de 886 especímenes (400 en 2017 y 486 en 2018; Tabla 2). En la distribución de frecuencias de tallas para sexos combinados se observó un intervalo entre 10.50 y 41.30 cm LT y una LT promedio de 23.16 ± 3.81 cm. No hubo una diferencia significativa en el tamaño general de los individuos entre 2017 y 2018 (*t* de Student, $P > 0.05$). Hembras y machos tuvieron longitudes promedio de 22.97 ± 3.73 y 23.62 ± 3.79 cm LT, respectivamente (Fig. 2). Las distribuciones de frecuencia de tamaño difirieron significativamente entre sexos (prueba K-S = 2.03; $P < 0.05$).

Relación longitud-peso

El modelo potencial para todos los organismos capturados fue $Pt = 0.0361LT^{2.63}$ con un coeficiente de determinación r^2 de 0.89 (Fig. 3). Los factores alométricos (*b*) de las hembras y los machos fueron 2.62 y 2.49, respectivamente, y significativamente menores que 3. Se encontró una diferencia significativa entre sexos con respecto al parámetro de isometría (Prueba *t* de Student = 12.16, $P < 0.05$). Por lo tanto, el crecimiento se consideró negativamente alométrico para ambos sexos (Tabla 3).

Table 2. Monthly statistical summary of sizes for 2017 and 2018.

Tabla 2. Resumen estadístico mensual de tallas obtenidas para 2017 y 2018.

Month	2017				2018			
	<i>n</i>	Average	Range	SD	<i>n</i>	Average	Range	SD
Jan	9	17.06	15.50–18.00	± 0.82	32	22.83	18.20–27.30	± 2.51
Feb	41	26.40	17.30–39.50	± 4.62	21	27.70	21.20–35.50	± 4.65
Mar	26	22.29	18.50–25.00	± 1.75	35	22.70	18.10–27.90	± 2.82
Apr	31	20.95	18.70–26.20	± 1.59	15	21.95	19.90–23.30	± 1.025
May	67	24.31	18.00–40.80	± 4.11	42	21.55	10.50–27.00	± 2.86
Jun	56	22.60	17.20–29.90	± 2.37	134	22.15	17.00–30.10	± 2.91
Jul	63	22.51	19.40–34.80	± 2.24	75	22.16	19.00–28.50	± 1.65
Aug	36	26.80	22.90–30.50	± 2.20	20	23.68	17.00–32.80	± 4.95
Sep	20	21.30	16.60–23.90	± 1.61	24	26.58	15.00–37.50	± 6.14
Oct	11	20.66	12.40–23.50	± 2.95	24	26.79	18.00–35.90	± 5.87
Nov	31	23.70	19.50–38.70	± 3.52	27	22.89	17.30–30.00	± 4.13
Dec	9	21.25	20.00–22.30	± 0.79	37	23.36	18.70–41.30	± 3.92
Total	400	23.43	12.40–40.80	± 3.69	486	22.99	10.50–41.30	± 3.96

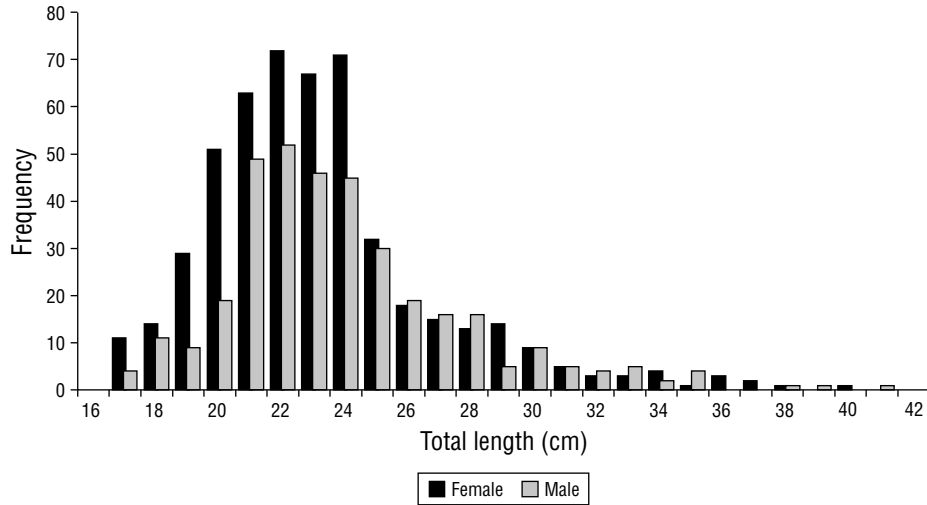


Figure 2. Size frequency distribution of female and male *Selene peruviana* landed in Manabí harbors in Ecuador.

Figura 2. La distribución de las frecuencias de tamaños de las hembras y machos de *Selene peruviana* capturados en los puertos de Manabí en Ecuador.

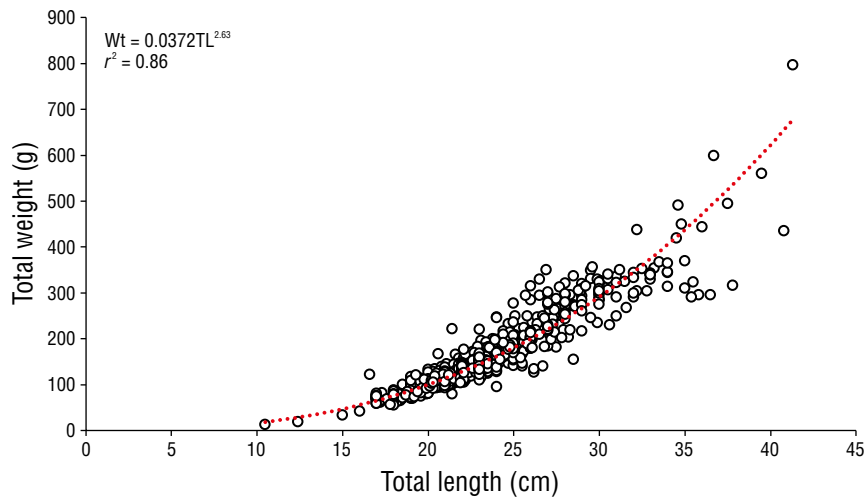


Figure 3. *Selene peruviana* length-weight relationship for combined sexes.

Figura 3. Relación peso-longitud para sexos combinados de *Selene peruviana*.

Table 3. Total number of individuals, maximum and minimum sizes, and parameters of the length-weight relationship of *Selene peruviana*.

Tabla 3. Número total de individuos, tallas máximas y mínimas y parámetros de la relación peso-longitud de *Selene peruviana*.

Sex	N	Min.	Max.	Average	SD	a	b	r ²	P
Male	353	17.00	40.80	23.62	3.79	0.057	2.49	0.86	<0.05
Female	503	16.60	41.30	22.97	3.73	0.038	2.62	0.89	<0.05
Combined sexes	886	10.50	41.30	23.16	3.81	0.037	2.63	0.89	<0.05

Sex ratio

Of the 886 specimens analyzed, 353 were males and 503 were females, and sex could not be identified in 30 individuals. This resulted in a sex ratio (M:F) of 0.7:1.0, which was significantly different from the expected value of 1:1 ($\chi^2 = 26.28$; $P < 0.05$).

Size at sexual maturity

The TL of the smallest mature specimen was 17.00 cm for both sexes. The maturity curves were calculated for males, females (Fig. 4), and sexes combined with the 6 previously described models. The highest L_{50} value was obtained with Richard's model (31.12 cm TL, $IC_{95\%} \pm 0.87$) for females, while the lowest L_{50} was obtained with the Gompertz model (20.59 cm TL, $IC_{95\%} \pm 0.97$) for males. The Bakhayokho, King, and White models, allowed for the average length at sexual maturity of *S. peruviana* to be determined, with values of 22.61 cm TL ($IC_{95\%} \pm 0.98$), 23.86 cm TL ($IC_{95\%} \pm 0.91$), and 23.27 cm TL ($IC_{95\%} \pm 0.67$) for males, females, and both sexes, respectively (Table 4).

Gonadal maturity stages

The monthly analysis of the gonadal maturity stages indicated that mature and immature individuals were present during most of the study period with variations in their respective percentages. In 2017 and 2018, the highest percentages of immature male specimens were observed in May, June, and July (Fig. 5a, b). The periods with the highest abundance of specimens with mature gonads were August–October 2017, February–April 2018, and August–September 2018 (Fig. 5a). *Selene peruviana* females exhibited a similar pattern to that of males, with the highest percentages of specimens with immature gonads present in April–June 2017 (Fig. 5c) and June–July 2018 (Fig. 5d). The highest percentages of specimens with mature and spawning gonads were observed in February and March of both years (Fig. 5c, d).

Reproductive cycle

The monthly values of the GSI exhibited significant differences during 2017 ($H = 136.93$, $P < 0.05$), with the highest values observed during the rainy season in February and March and the lowest values observed during the dry season in May–August, with a slight increase in September. The HSI showed significant differences ($H = 50.44$, $P < 0.05$) and values that exhibited a similar trend to those of the GSI, while the Kn demonstrated small variations throughout 2017 ($H = 174.03$, $P < 0.05$; Fig. 6a). In 2018, *S. peruviana* exhibited a similar pattern in GSI values, with the highest peaks observed in February and March and the lowest values observed in June and July ($H = 100.40$, $P < 0.05$). The HSI values were significantly different among study months ($H =$

Proporción de sexos

De los 886 especímenes analizados, 353 fueron machos, 503 hembras y en 30 individuos no se pudo identificar el sexo. Esto resultó en una proporción de sexo (M:H) de 0.7:1.0 que fue significativamente diferente del valor esperado de 1:1 ($\chi^2 = 26.28$; $P < 0.05$).

Tamaño de madurez sexual

La LT del ejemplar maduro más pequeño fue de 17.00 cm para ambos sexos. Se calcularon las curvas de madurez para machos, hembras (Fig. 4) y sexos combinados con los 6 modelos descritos. El mayor valor de L_{50} se obtuvo con el modelo de Richard (31.12 cm LT, intervalo de confianza del 95% [IC] ± 0.87) en hembras, mientras que el menor L_{50} se obtuvo con el modelo de Gompertz (20.59 cm LT, IC ± 0.97) para machos. Los modelos de Bakhayokho, King y White permitieron determinar la longitud promedio de madurez sexual de *S. peruviana*, con valores de 22.61 cm LT (IC ± 0.98), 23.86 cm LT (IC ± 0.91) y 23.27 cm LT (IC ± 0.67) para machos, hembras y sexos combinados, respectivamente (Tabla 4).

Etapas de madurez gonadal

El análisis mensual de las etapas de madurez gonadal identificó individuos maduros e inmaduros durante la mayor parte del periodo de estudio con variaciones en sus porcentajes. En 2017 y 2018, se observaron los mayores porcentajes de especímenes machos inmaduros en mayo, junio y julio (Fig. 5a, b). Los periodos con mayor abundancia de ejemplares con gónadas maduras fueron agosto–octubre de 2017, febrero–abril 2018 y agosto–septiembre de 2018 (Fig. 5a). Las hembras de *S. peruviana* presentaron un patrón similar al de los machos, con los mayores porcentajes individuos con gónadas inmaduras en abril–junio de 2017 (Fig. 5c) y junio–julio de 2018 (Fig. 5d). El mayor porcentaje de ejemplares con gónadas maduras y en desove se observaron en febrero y marzo de ambos años (Fig. 5c, d).

Ciclo reproductivo

Los valores mensuales de IGS presentaron diferencias significativas durante el 2017 ($H = 136.93$, $P < 0.05$), mostrando sus valores más altos en la época de lluvias durante febrero y marzo y los valores más bajos en la época seca de mayo–agosto, con un ligero aumento en septiembre. El IHS presentó diferencias significativas ($H = 50.44$, $P < 0.05$) y valores con tendencia similar a los del IGS, mientras que el Kn presentó pequeñas variaciones a lo largo de 2017 ($H = 174.03$, $P < 0.05$; Fig. 6a). En 2018, *S. peruviana* presentó un patrón similar en los valores del IGS, con los picos más altos en febrero y marzo y los más bajos en junio y julio ($H = 100.40$, $P < 0.05$). Los valores de IHS mostraron diferencias

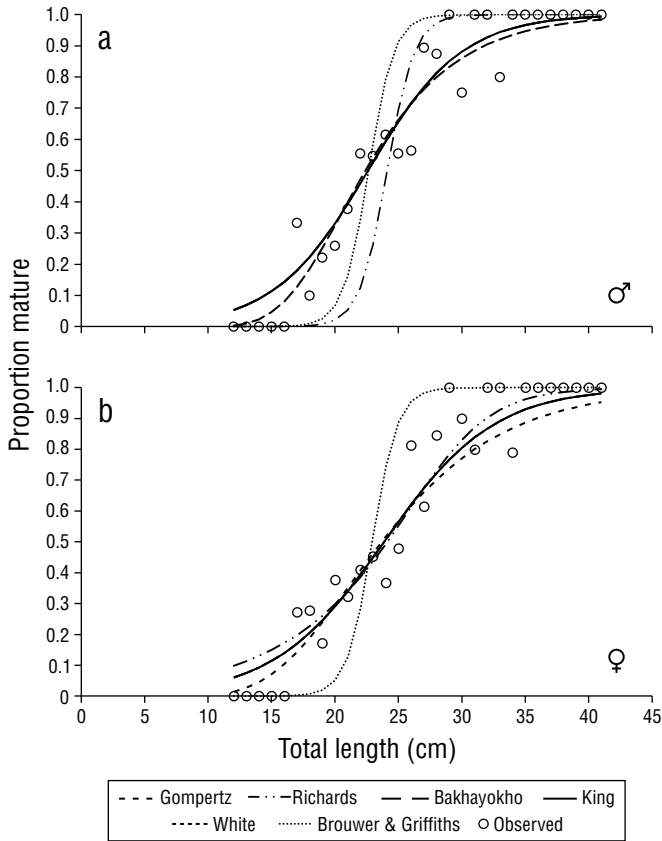


Figure 4. Sexual maturity curves with Gompertz (1825), Richards (1959), Bakhayokho (1983), King (2007), White (2002), and Brouwer and Griffiths (2005) model adjustments for *Selene peruviana* (a) males and (b) females.

Figura 4. Curvas de madurez sexual con los ajustes de los modelos de Gompertz (1825), Richards (1959), Bakhayokho (1983), King (2007), White (2002) y Brouwer y Griffiths (2005) para (a) machos y (b) hembras de *Selene peruviana*.

significativas en los meses de estudio ($H = 107.74, P < 0.05$) y una tendencia similar a los valores de IGS (Fig. 6b), mientras que el Kn presentó diferencias significativas ($H = 28.04, P < 0.05$) en los meses de estudio con una ligera variación respecto al IGS de 2018 (Fig. 6b).

El análisis de correlación de Pearson no mostró correlación estadísticamente significativa entre los valores de IGS e IHS ($r = 0.35, P > 0.05$) o entre los de IGS y Kn ($r = 0.21, P > 0.05$).

DISCUSIÓN

En el presente estudio, el intervalo de tallas de *S. peruviana* difiere de lo informado por Tapia-García (1997), Tripp-Valdez et al. (2012) y Salazar et al. (2015). Estas diferencias en dicho parámetro pueden deberse al arte de pesca utilizado. En esos estudios, las muestras se colectaron durante campañas oceanográficas con redes de arrastre (luz de malla de 1 3/4”) durante la temporada de pesca del camarón. Sin embargo, el intervalo de tallas observado en el presente estudio es similar a los reportados por Llanos et al. (2005) y Vera (2007), lo cual puede atribuirse a que los especímenes en esos estudios fueron recolectados en campañas de pesca comercial en la región de Tumbes, en el norte de Perú. Debido a la proximidad de esta región a Ecuador, las condiciones ambientales de estas áreas son similares, al igual que las artes de pesca (Tabla 5).

El crecimiento alométrico negativo observado en *S. peruviana* fue similar al reportado por Nieto-Navarro (2010) para *Selene setapinnis* y por Muto et al. (2000) para *Selene vomer* en Sao Paulo, sureste de Brasil. Farias-Tafolla et al. (2015) también reportaron un crecimiento alométrico negativo para *Selene brownii* y *S. vomer* en el golfo de México. Estas similitudes en los resultados pueden atribuirse a que las especies de *Selene* tienen cuerpos rectangulares que son altamente comprimidos lateralmente, lo que hace que

Table 4. Multimodel adjustment and inference for *Selene peruviana* males, females, and sexes combined. AIC: Akaike Information Criterion, Δ_i : difference between AIC and AICmin of each model; L_{50} : length at sexual maturity; $Wi\%$: weight of each model.

Tabla 4. Ajuste e inferencia multimodelo para machos, hembras y sexos combinados de *Selene peruviana*. AIC: Criterio de Información de Akaike, Δ_i : diferencia entre AIC y AICmin de cada modelo; L_{50} : talla de madurez sexual; $Wi\%$: peso de cada modelo.

Model	Combined sexes				Female				Male			
	L_{50}	AIC	Δ_i	$>Wi\%$	L_{50}	AIC	Δ_i	$Wi\%$	L_{50}	AIC	Δ_i	$Wi\%$
Gompertz (1825)	20.91	93.61	3.70	4.24	21.29	86.41	2.92	5.97	20.59	63.22	0.15	23.61
Richards (1959)	29.05	91.08	1.16	15.03	31.12	84.31	0.82	17.14	24.12	272.66	209.59	0.00
Bakhayokho (1983)	23.27	89.91	0.00	26.91	23.86	83.50	0.00	25.63	22.61	63.07	0.00	25.46
King (2007)	23.27	89.91	0.00	26.91	23.86	83.50	0.00	25.63	22.61	63.07	0.00	25.46
White (2002)	23.27	89.91	0.00	26.91	23.86	83.50	0.00	25.63	22.61	63.07	0.00	25.46
Brouwer & Griffiths (2005)	21.41	526.81	436.90	3.61	21.54	358.95	275.45	0.00	21.35	218.91	155.84	0.00

107.74, $P < 0.05$) and exhibited a similar trend to those of the GSI (Fig. 6b), while the Kn exhibited significant differences ($H = 28.04$, $P < 0.05$) among study months with slight variations when compared to those of the GSI in 2018 (Fig. 6b).

The results of the Pearson correlation analysis indicated that no statistically significant correlations were present between the GSI and HSI ($r = 0.35$, $P > 0.05$) or between the GSI and Kn ($r = 0.21$, $P > 0.05$).

DISCUSSION

In the present study, the size range of *S. peruviana* differed from those reported by Tapia-García (1997), Tripp-Valdez et al. (2012), and Salazar-Céspedes et al. (2015). These differences may be due to the fishing gears used to collect specimens. In those studies, the samples were collected during oceanographic campaigns that employed trawls (1 3/4" mesh) during the shrimp fishing season. However, the size range observed in the present study was similar to those reported by Llanos et al. (2005) and Vera (2007), which can be attributed to the specimens in those studies being collected from commercial fishing campaigns in the Tumbes region in northern Peru. Due to the proximity of this region to Ecuador, the environmental conditions of these areas are similar as are the fishing gears (Table 5).

Negative allometric growth was observed in *S. peruviana*, which was similar to that reported by Nieto-Navarro (2010) in *Selene setapinnis* and by Muto et al. (2000) for *Selene vomer*

las especies de *Selene* sean morfológicamente únicas (Reed et al. 2001) en comparación con las otras 31 géneros de la familia Carangidae que presentan morfologías fusiformes (Jacobina et al. 2013). Por lo tanto, se considera que el tipo de crecimiento en las especies de *Selene* estaría determinado por la forma del cuerpo, lo que les permite aumentar más su longitud que su peso al crecer (Tabla 5).

La proporción de sexos de cada especie es altamente variable (Claro 1994). La proporción de sexos encontrada para *S. peruviana* resultó ser diferente a lo reportado por Llanos et al. (2005), quienes encontraron una relación (M:H) de 1.20:1.00 para la misma especie. Del mismo modo, Arra et al. (2018) reportaron una relación de 1.03:1.00 para *Selene dorsalis* en Costa de Marfil (África Occidental), mientras que Molinet et al. (2008) reportaron una relación de 1.08:1.00 para *S. setapinnis* entre el golfo de Paría y el delta del río Orinoco. En el presente estudio, el número de hembras fue mayor que el de machos, lo que se puede atribuir a la segregación espaciotemporal de las hembras que se acercan a la costa durante la época reproductiva o a diferencias en factores como la longevidad y la mortalidad (Sylla et al. 2016). Moe (1969) considera que la explotación pesquera intensa y sostenida probablemente disminuye la tasa de transición, aumentando así el potencial reproductivo de la población al aumentar el número de hembras. Sin embargo, en el presente estudio no se observaron diferencias significativas entre las tallas de machos y hembras de *S. peruviana*, por lo tanto, es poco probable que la presión de pesca afecte la proporción de sexos (Tabla 5).

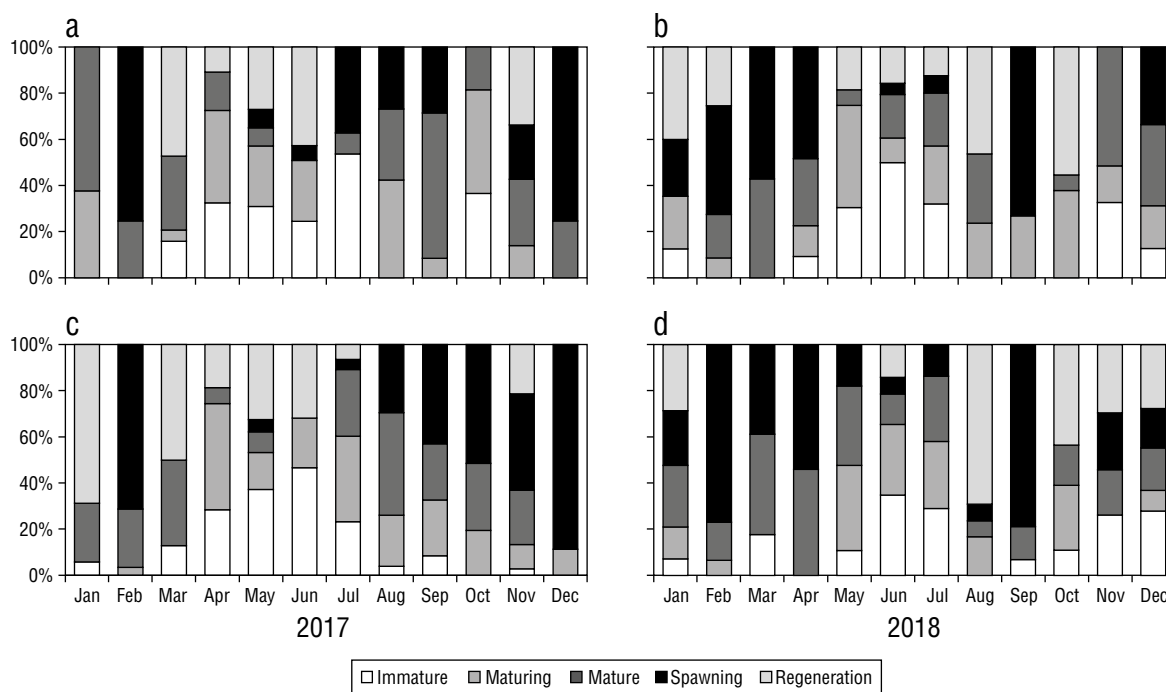


Figure 5. Monthly proportions of the maturity stages of *Selene peruviana* for (a) males 2017, (b) males 2018, (c) females 2017, and (d) females 2018.

Figura 5. Proporciones mensuales de las etapas de madurez de *Selene peruviana* para (a) machos 2017, (b) machos 2018, (c) hembras 2017 y (d) hembras 2018.

in Sao Paulo, southeastern Brazil. Farias-Tafolla et al. (2015) also reported negative allometric growth for *Selene brownii* and *S. vomer* in the Gulf of Mexico. These similarities among results can be attributed to *Selene* species having rectangular bodies that are highly laterally compressed, which makes *Selene* species morphologically unique (Reed et al. 2001) when compared to those of the other 31 genera of the Carangidae family that show fusiform morphologies (Jacobina et al. 2013). Thus, the type of growth exhibited by *Selene* species is likely determined by body shape, as this species increases in length more than weight while growing (Table 5).

The sex ratio of each species is highly variable (Claro 1994). The sex ratio found for *S. peruviana* was different from what was reported by Llanos et al. (2005), who found a sex ratio (M:F) of 1.20:1.00 for the same species. Similarly, Arra et al. (2018) reported a sex ratio of 1.03:1.00 for *Selene dorsalis* on the Ivory Coast of West Africa, while Molinet et al. (2008) reported a sex ratio of 1.08:1.00 for *S. setapinnis* between the Gulf of Paria and the Orinoco River Delta. In the present study, the number of females was larger than that of males, which can be attributed to the spatiotemporal segregation of females that approach the coast during the breeding season or to differences in factors such as longevity and mortality (Sylla et al. 2016). Moe (1969) considered that intense and sustained fishing pressure likely reduces the transition rate, thus increasing the reproductive potential of the population by increasing the number of females. However, in the present study, no significant differences were observed between the sizes of *S. peruviana* males and females, thus fishing pressure is unlikely to affect the sex ratio (Table 5).

In fishes, the onset of sexual maturity is more related to length than to the age of the individual (Saborido-Rey 2008). To estimate L_{50} , the data should be distributed throughout the curve, from the tipping point to the asymptote (Birch 1999). However, this condition is often not met in exploited stocks due to the selectivity of fishing gears (Trippel and Harvey 1991). Currently, models adjusted by the verisimilitude method are widely used in fisheries research, and multimodel inference is useful for estimating a global model (Hernández-Covarrubias et al. 2013). Based on the AIC, the Bakhayokho, King, and White models offered the best fit to the data, thus these models were used for the overall estimation of L_{50} .

Given that there are no records of the size at sexual maturity for *S. peruviana* in Ecuador, a temporal analysis of the influence of fishing pressure on the size at sexual maturity for this fisheries resource cannot be performed. However, in the present study, the size at sexual maturity was similar to the average size of capture, which could indicate that *S. peruviana* is currently at the limit of its optimal size of capture. In the future, this could result in instability with regard to the recruitment of new individuals to the population (Ochoa-Ubilla et al. 2016).

The size at sexual maturity can be compared to those of other *Selene* species. Our results are similar to those reported

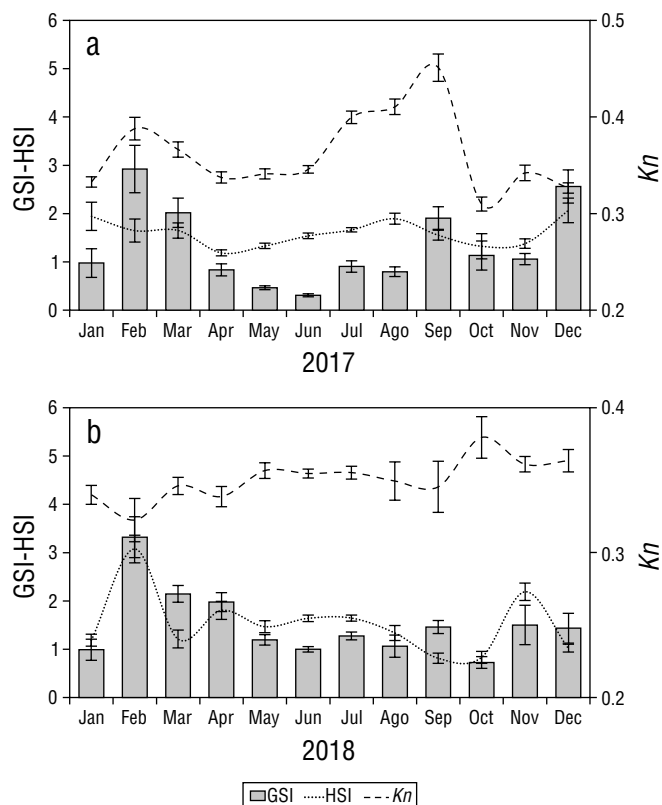


Figure 6. Monthly variation of the gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI), and relative condition factor (Kn) for sexes combined of *Selene peruviana* in (a) 2017 and (b) 2018.

Figura 6. Variación mensual del índice gonadosomático (GSI), índice hepatosomático (HSI) y factor de condición relativa (Kn) para sexos combinados de *Selene peruviana* en (a) 2017 y (b) 2018.

En los peces, el inicio de la madurez sexual está más relacionado con la longitud que con una determinada edad del individuo (Saborido-Rey 2008). Para estimar la L_{50} , los datos observados deberían distribuirse idealmente a lo largo de la curva desde el punto de inflexión hasta el tamaño asintótico (Birch 1999). Sin embargo, esta condición es difícil de lograr en poblaciones explotadas debido a la selectividad de las artes de pesca (Trippel y Harvey 1991). Los modelos ajustados con el método de verosimilitud están siendo ampliamente utilizados en estudios pesqueros en la actualidad y la inferencia multimodelo es útil para estimar un modelo global (Hernández-Covarrubias et al. 2013). El CIA estableció que los modelos de Bakhayokho, King y White ofrecían el mejor ajuste a los datos, por lo que estos 3 modelos se utilizaron para la estimación general de L_{50} .

Como no existen registros de talla de madurez sexual para *S. peruviana* en años anteriores en Ecuador, no se puede analizar temporalmente la influencia de la presión pesquera en la madurez sexual de este recurso. Sin embargo, en el presente estudio, la talla de madurez sexual es similar a la talla promedio de captura, lo que podría indicar que



Table 5. Size, reproduction, and growth parameters of *Selene peruviana* reported in different studies.
Tabla 5. Parámetros de tamaño, reproducción y crecimiento de *Selene peruviana* reportados en diferentes estudios.

Species	Average size (cm TL)	Range (cm TL)	Size maturity		Sex ratio (M:F)	Site	Reference	Country
			(combined, cm TL)	(males, cm TL)				
<i>Selene peruviana</i>		4.70–26.00				Gulf of Tehuantepec, Mexico	Tapia-García (1997)	Mexico
<i>Selene peruviana</i>		8.50–26.50				Gulf of California	Tripp-Valdez et al. (2012)	Mexico
<i>Selene peruviana</i>	17.80	14.00–23.00				Tumbes Peru region	Salazar et al. (2015)	Peru
<i>Selene peruviana</i>	19.50	13.00–34.00			1.2:1.00	Tumbes region	Llanos et al. (2005)	Peru
<i>Selene peruviana</i>		11.00–35.00			0.97:1.00	Tumbes region	Vera (2007)	Peru
<i>Selene peruviana</i>		4.50–27.00		2.74		East Coast of the mouth of the Gulf of California	Nieto-Navarro (2010)	Mexico
<i>Selene setapinnis</i>	9.74	2.90–21.70		2.79		Sao Paulo, South East Brazil	Muto et al. (2000)	Brazil
<i>Selene vomer</i>	4.45	2.20–24.30		2.74				
<i>Selene brownii</i>				2.84			Farias-Tafolla et al. (2015)	Mexico
<i>Selene vomer</i>				2.44		Gulf of Mexico		
<i>Selene dorsalis</i>			19.09	3.03	1.00:0.97	Côte d'Ivoire	Arra et al. (2018)	Africa
<i>Selene setapinnis</i>			21.29		1.08:1.00	Gulf of Paria and the Orinoco River Delta	Molinet et al. (2008)	Venezuela
<i>Selene setapinnis</i>	23.10	14.00–40.30	23.70			Margarita Island	Tagliafico et al. (2012)	Venezuela
<i>Selene setapinnis</i>			21.50	20.50		South East region of Brazil	Bastos et al. (2015)	Brazil

by Tagliafico et al. (2012) for *S. setapinnis* in the southern Caribbean Sea. It is noteworthy that the L_{50} of *S. peruviana* males was lower than that of females, which was also reported by Arra et al. (2018) for *S. dorsalis* on the Ivory Coast but different from what was reported by Bastos et al. (2015) for *S. setapinnis* in southeastern Brazil, who observed that the L_{50} of males was higher than that of females. The oceanographic conditions between the Pacific and Atlantic Oceans are different, and this variation in the size at sexual maturity can be observed among species in the same region and in the same species among different environments (Saborido-Rey 2008). A greater size at sexual maturity of females has been reported by other authors who have attributed this to energy expenditure during maturation, which is typical of tropical species (Lucano-Ramírez et al. 2016) (Table 5).

High GSI values are associated with advanced stages of gonadal maturation (Grier and Uribe-Aranzábal 2009). Likewise, variations in liver weight are associated with the allocation of energy for different life processes (McBride et al. 2015). In the present study, mature specimens were found during most of the study months, which indicated that *S. peruviana* exhibited a long reproductive period, grouping this species into the category of “income breeders” (McBride et al. 2015). The variation in GSI of *S. peruviana* was similar to the one described by Llanos et al. (2005), who reported decreasing GSI values from May to August (fall and winter in Peru or the dry season in Ecuador) in the same species. Tapia-García (1997) established that *S. peruviana* in the Gulf of Tehuantepec of Mexico exhibits a reproductive period from February to November (with a peak between March and May), which differs from what was found in the present study, as the reproductive period began in September with maximum peaks observed in February and March. The same author stated that both maturation and spawning in females and males are synchronous, which was also observed in both sexes in the present study. This could be attributed to *S. peruviana* forming large shoals, which are characteristic of Carangidae species (ARAP 2011). Long reproductive periods are characteristic of tropical species with short life cycles, as these allow tropical species to withstand environmental variation (Kaiser 1973, Tapia et al. 1997, Perera-García 2008) and environmental transition periods. In this study, greater variation was observed during the transition from the rainy to dry season. This may be the result of food availability during this period, which is an important factor for reproduction (Zapata et al. 1999, Acevedo et al. 2007).

In some fish species, the GSI values are inversely related to Kn and HSI (González and Oyarzún 2002, Plua-Santana 2020). In the present study, this relationship was only observed in September 2018 with the GSI and Kn . The increase in reproductive activity during the rainy season can be attributed to increasing sea temperatures that extend the reproductive cycle due to increases in primary productivity and food availability. In contrast, during the dry season, sea temperatures drop, and reproductive activity decreases. In

S. peruviana se encuentra en el límite de la talla óptima de captura. En el futuro, esto podría causar inestabilidad en el aporte de nuevos individuos a la población (Ochoa-Ubilla et al. 2016).

La talla de madurez sexual se puede comparar con otras especies del género *Selene*. Nuestros resultados son similares a los reportados por Tagliafico et al. (2012) para *S. setapinnis* en el sur del mar Caribe. También llama la atención que la L_{50} de los machos de *S. peruviana* fue menor que la de las hembras, lo cual también fue reportado por Arra et al. (2018) para *S. dorsalis* en la Costa de Marfil, pero se diferencia de lo reportado por Bastos et al. (2015) para *S. setapinnis* en el sureste de Brasil, quienes reportaron que la L_{50} de los machos fue mayor que el de las hembras. Las condiciones oceanográficas entre los océanos Pacífico y Atlántico son diferentes, y esta variación en el tamaño en la madurez sexual se puede observar entre especies en la misma región y en la misma especie en diferentes ambientes (Saborido-Rey 2008). Un mayor tamaño en la madurez sexual de las hembras ha sido reportado por otros autores que lo han atribuido al gasto energético durante la maduración, lo cual es típico de especies tropicales (Lucano-Ramírez et al. 2016) (Tabla 5).

Valores elevados del IGS se asocian a etapas avanzadas de maduración gonadal (Grier y Uribe-Aranzábal 2009). Asimismo, la variación en el peso del hígado está asociada con la asignación de energía para diferentes procesos vitales (McBride et al. 2015). En el presente estudio se encontraron especímenes maduros durante la mayor parte de los meses evaluados, lo que indica que *S. peruviana* tiene un periodo reproductivo largo, encajándose en la categoría de “generadores de ingresos” (McBride et al. 2015). La variación del IGS de *S. peruviana* fue similar a la descrita por Llanos et al. (2005), quienes reportaron una tendencia decreciente de mayo a agosto (otoño e invierno en Perú o estación seca en Ecuador) para la misma especie. Tapia-García (1997) estableció que *S. peruviana* en el golfo de Tehuantepec en México tiene un periodo reproductivo de febrero a noviembre (con un pico entre marzo y mayo), lo que difiere de lo encontrado en el presente estudio, ya que el periodo reproductivo comenzó en septiembre con picos máximos en febrero y marzo. El mismo autor afirmó que la maduración y el desove en hembras y machos es sincrónico, situación que también se observó en ambos sexos en el presente estudio. Esta condición podría atribuirse a que *S. peruviana* suele encontrarse formando grandes cardúmenes, los cuales son característicos de especies de Carangidae (ARAP 2011). Este largo periodo reproductivo es característico de las especies tropicales con ciclos de vida cortos que les permiten soportar las variaciones ambientales (Kaiser 1973, Tapia et al. 1997, Perera 2008) y periodos de transición ambiental. En este estudio, se observó una mayor variación durante la transición de la temporada de lluvias a la temporada seca. Esto puede ser resultado de la disponibilidad de alimentos durante este periodo, lo cual es un factor importante para la reproducción (Zapata et al. 1999, Acevedo et al. 2017).

this study, this was evident in the decline in the proportion of mature stages during this period. The similar pattern of variation observed in GSI, HIS, and Kn could indicate a reproductive strategy in which the species does not use the energy reserves stored in the liver during the gonadal maturation process. Instead, the energy required for egg and sperm formation may stem from the food available during reproductive periods (Acevedo et al. 2007, Zamora-Mendoza 2020) without influencing body condition or lipid accumulation during vitellogenesis.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was funded in part by Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí through the project “Evaluation of biological parameters and population dynamics for the management of marine resources”.

The authors thank José Alió Mingo and Pol Carrasco for their suggestions and technical assistance that improved the manuscript.

Copyediting by MacTavish Scientific Editing.

REFERENCES

- Acevedo J, Angulo W, Ramírez M, Zapata LA. 2007. Reproducción del pez *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Pacífico colombiano. *Rev Biol Trop*. 55(3–4):957-967. <https://doi.org/10.15517/RBTV55I3-4.32902>
- Akaike H. 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: Petrov BN, Csáki F (eds.), 2nd International Symposium on Information Theory, Tsahkadsor, Armenia, USSR, September 2-8, 1971, Budapest: Akadémiai Kiadó. p. 267-281.
- ARAP. 2011. Guía para la identificación de peces de interés comercial para el Pacífico de Panamá. Panama: Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. 100 p.
- Arra S, Sylla S, Kouame A, Zan-BI T, Ouattara M. 2018. Reproductive biology of the African moonfish, *Selene dorsalis* (Gill 1862) (Carangidae) in continental shelf of Côte d'Ivoire fishery (West Africa). *Int J Fish Aquat Stud*. 6(2):358-363.
- Bakhayokho M. 1983. Biology of the cuttlefish *Sepia officinalis hierredda* off the Senegal coast. FAO Fish Technical Paper 231:204-263.
- Bastos C, Cergole M, Magro M, Bastos G, Trevizan F. 2015. *Selene setapinnis* (Mitchell 1815). In: Cergole MC, Ávila-da-Silva AO, Rossi-Wongtschowski C (eds.), Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração. São Paulo (Brazil): Instituto Oceanográfico - USP. (Série Documentos Revizee-Score Sul). p. 151-155.
- Birch C. 1999. A new generalized logistic sigmoid growth equation compared with the Richards growth equation. *Ann Bot*. 83:713-723.
- Brewer SL, Griffiths MH. 2005. Reproductive biology of Carpenter Seabream (*Argyrozona argyrozona*) (Pisces: Sparidae) in a marine protected area. *Fish Bull*. 103(2):258-269.
- Brown-Peterson NJ, Wyanski DM, Saborido-Rey F, Macewicz BJ, Lowerre-Barbieri SK. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Mar Coast Fish*. 3(1):52-70. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>
- En algunas especies de peces, los valores de IGS están inversamente relacionados con el Kn e IHS (González y Oyarzún 2002, Plua-Santana 2020). En el presente estudio, esta relación solo se observó en septiembre de 2018 para los valores del IGS y Kn . El aumento de la actividad reproductiva durante la época de lluvias se puede atribuir a un aumento de la temperatura del mar que proporciona la extensión del ciclo reproductivo debido a una mayor productividad primaria y por lo tanto una mayor disponibilidad de alimento. En contraste, durante la estación seca, la temperatura del mar desciende y la actividad reproductiva disminuye, lo que se evidencia por la disminución de las etapas maduras durante este periodo. El patrón similar de variación del IGS, IHS y Kn podría indicar una estrategia reproductiva en la que la especie no utiliza sus reservas de energía almacenadas en el hígado durante el proceso de maduración gonadal. En cambio, la energía requerida para la formación del óvulo y el espermatozoide podría provenir del alimento disponible durante los periodos reproductivos (Acevedo et al. 2007, Zamora-Mendoza 2020) sin influir en la condición corporal de la especie ni en la acumulación de lípidos durante la vitellogenesis.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado en parte por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, a través del proyecto de investigación Evaluación de parámetros biológicos y dinámica poblacional para el manejo de recursos marinos. Los autores agradecen a José Alió Mingo y Pol Carrasco por las sugerencias y asistencia técnica con el manuscrito.

Traducido al español por los autores.

- Claro R, García-Arteaga J. 1994. Crecimiento. Ecología de los peces marinos de Cuba. Quintana Roo (Mexico): Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba y Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). p. 321-402.
- Díaz JM, Vieira CA, Díazgranados MC. 2016. Ordenamiento y manejo pesquero en la costa norte del Pacífico colombiano. Chap. 3. In: Díaz JM, Guillot L, Velandia MC (eds.), La pesca artesanal en la costa norte del Pacífico colombiano: un horizonte ambivalente. Bogotá (Colombia): Fundación MarViva. p. 45-57.
- Farias-Tafolla B, De La Cruz-Torre J, Ponce-Rodríguez A, Gersenoie-Rodríguez J, Martínez-Perez J, Chavez-Arteaga M. 2015. Comparison of the allometry coefficient of the length-weight and length-length relationship between *Selene brownii*, *S. vomer* and *S. setapinnis* caught in the Gulf of Mexico. *Int J Morphol*. 33(4):1237-1241.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J App Ichthyol*. 22(4):241-253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Froese R, Pauly D (eds.). 2023. *Selene peruviana*. FishBase 99: concepts, structure and source of data. Manila (Philippines): ICLARM. 322 p.

- Gerlotto F, Gutiérrez M, Bertrand A. 2012. Insight on population structure of the Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*). *Aquat Living Resour.* 25(4):341-355. <https://doi.org/10.1051/alr/2012036>
- Gompertz B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality. *Philos Trans R Soc London.* 115:513-585.
- González N, Prado M, Castro F, Solano V, Jurado M. 2007. Análisis de la pesquería de peces pelágicos pequeños en el Ecuador (1981-2007). Documento Interno. Guayaquil (Ecuador): Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador. 40 p; [accessed 2022 Aug 20]. <http://institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2017/07/Peces-pelágicos-pequeños-1981-2007.pdf>
- González P, Oyarzún C. 2002. Variabilidad de índices biológicos en *Pinguipes chilensis* Valenciennes 1833 (Perciformes, Pinguipedidae): ¿Están realmente correlacionados? = Biological index variability in *Pinguipes chilensis* Valenciennes 1833 (perciformes, pinguipedidae): are they correlated? *Gayana (Concepción).* 66(2):249-253. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382002000200023>
- Grier HJ, Uribe-Aranzábal MC. 2009. The testis and spermatogenesis in teleost. In: Jamieson BGM (ed.), *Reproductive Biology and Phylogeny of Fishes (Agnathans and Neotelestomi)*. Phylogeny-Reproductive System-Viviparity-Spermatozoa. Enfield (CT): Science Publishers Inc. p. 119-142.
- Hernández-Covarrubias V, Patiño-Valencia J, Aguirre-Villaseñor H. 2013. Inferencia multimodelo: cálculo de la talla media de madurez del ostión de roca *Striostrea prismatica* en Nayarit, México. *Cien Pesquera.* 22(1):11-18.
- Holden M, Raitt D. 1975. *Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación.* FAO documento técnico de pesca. Rome (Italy): [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 211 p. Paper No.: 115.
- [IPIAP] Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca. 2022. Desembarques mensuales de Peces Pelágicos Pequeños, desglose del grupo otras especies periodo 2004–2019. Proceso de Investigación de los Recursos Bioacuáticos y su Ambiente. Programa “Peces Pelágicos Pequeños”. Guayaquil (Ecuador): IPIAP. [accessed 2022 Aug 20]. https://institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2021/02/DesembPPP-2004-2019_Desglose-Otros.pdf. 33 p.
- Jacobina UP, Vicari MR, Martínez PA, de Bello Cioffi M, Bertollo LAC, Molina WF. 2013. Atlantic moonfishes: independent pathways of karyotypic and morphological differentiation. *Helgol Mar Res.* 67(3):499-506. <https://doi.org/10.1007/s10152-012-0338-8>
- Jalabert B. 2005. Particularities of reproduction and oogenesis in teleost fish compared to mammals. *Reprod Nutr Dev.* 45(3):261-279. <https://doi.org/10.1051/rnd:2005019>
- Jiménez P, Béarez P. 2004. Peces marinos del Ecuador continental Volumen 2. Quito (Ecuador): SIMBIOE/NAZCA/IFEA. 406 p.
- Kaiser CE. 1973. Gonadal maturation and fecundity of horse mackerel *Trachurus murphyi* (Nichols) off the coast of Chile. *T Am Fish Soc.* 102:101-108.
- King M. 2007. *Fisheries biology assessment and management.* 2nd ed. Oxford (United Kingdom): Blackwell Publishing. 400 p. <https://doi.org/10.1002/9781118688038>
- Llanos J, Inga C, Ordinola E, Rujel J. 2005. Biological fishing research carried out in the Tumbes region, Peru, 1996-2005 Informe. Instituto del Mar del Perú. 37(3-4):95-113.
- Le Cren CD. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J Anim Ecol.* 20:201-219.
- Lucano-Ramírez G, Rivera-Rios EG, Ruiz-Ramírez S, González-Sansón G, Perez-Toledo A. 2016. Reproducción de *Carangoides vinctus* (Perciformes: Carangidae) en el Pacífico central mexicano = Reproduction of *Carangoides vinctus* (Perciformes: Carangidae) in the Mexican Central Pacific. *Lat Amer J Aquat Res.* 44(3):610-622. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue3-fulltext-20>
- Martínez J. 2005. *White Fish Handbook. Manual de la Pesca Blanca.* 2nd ed. Manta (Ecuador): Poligrafica C.A. 174 p.
- McBride RS, Somarakis S, Fitzhugh GR, Albert A, Yaragina NA, Wuenschel MJ, Alonso-Fernández A, Basilone G. 2015. Energy acquisition and allocation to egg production in relation to fish reproductive strategies. *Fish Fish.* 16(1):23-57. <https://doi.org/10.1111/faf.12043>
- Moe M. 1969. Biology of the red grouper *Epinephelus morio* (Valenciennes) from the eastern Gulf of Mexico. *Fla Dept Nat Res, Mar Res Lab Prof Pap.* 10:1-95.
- Molinet R, Arocha F, Cárdenas J, Malavé L, Sánchez D, Achury A, Alió J, Hernández H, Marcano L, Papadakis P, et al. 2008. Evaluación de los recursos pesqueros en el oriente venezolano. *Petróleos de Venezuela S. A. Caracas (Venezuela): Universidad Simón Bolívar.* 176 p.
- Muto E, Soares L, Rossi-Wongtschowski C. 2000. Length-weight relationship of marine fish species off Sao Sebastiao system, Sao Paulo, Southeastern Brazil. *Naga.* [accessed 2022 Aug 20]. <http://hdl.handle.net/1834/25989>; 23(4):27-29.
- Nelson JS. 2006. *Fishes of the world.* 4th Ed. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons. 601 p.
- Neter J, Kutner M, Nachtschien J, Wasserman J. 1996. *Applied linear statistical models.* Chicago (IL): McGrawHill/Irwin. 1408 p.
- Nieto-Navarro J. 2010. Length-weight relationship of demersal fish from the eastern coast of the mouth of the Gulf of California, (June 2014). *J Fish Res Aquat Sci.* 5(6):494-502.
- Ochoa-Ubilla BY, Mendoza-Nieto KX, Vivas-Moreira R, Urdánigo Zambrano JU, Ferrer-Sánchez Y. 2016. Estructura de tallas de captura y relación longitud-peso de peces nativos en el humedal Abras de Mantequilla, Ecuador. *Rev Cien Tecnol UTEQ.* 9(2):19-27. <https://doi.org/10.18779/cyt.v9i2.191>
- Perea A, Mori J, Buitrón B, Sánchez J. 2013. Aspectos reproductivos del jurel *Trachurus murphyi*. *Rev Peru Biol.* 20(1):29-34. <https://doi.org/10.15381/rpb.v20i1.2616>
- Perera-García MA, Mendoza-Carranza M, Páramo-Delgadillo S. 2008. Dinámica reproductiva y poblacional del robalo, *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae), en barra San Pedro, Centla, México. *Universidad y Ciencia.* 24(1):49-59.
- Perugachi-Salamea C, González-Narváez M, Pambabay-Calero J, García-Arévalo I, Vargas-Ayala F, Shigla-Cuji G, Nath-Nieto J. 2014. Caracterización oceanográfica del perfil costero ecuatoriano a través de métodos estadísticos aplicados a las estaciones fijas de monitoreo del INOCAR, serie a partir de 1981. *Acta Oceanográfica Del Pacífico.* 19(2):7-21.
- Plua-Santana Y. 2020. Evaluación de la dinámica reproductiva de la hojita, *Chloroscombrus orqueta* Jordan y Gilbert 1883 (Pisces: Carangidae) desembarcada en Manabí Ecuador: periodo abril-noviembre 2019 [BSc thesis]. [Manta (Ecuador)]: Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. 16 p.
- Prado M, Cajas J. 2016. Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana durante el 2007. *Revista Ciencias del Mar y Limnología.* 10(2):54-64.
- R Core Team R. 2020. *A language and environment for statistical computing.* Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing; [accessed 2023 march 07]; <http://www.R-project.org/>.
- Reed DL, deDegraeve MJ, Carpenter KE. 2001. Molecular systematics of *Selene* (Perciformes: Carangidae) based on

- cytochrome *b* sequences. *Mol Phylogenet Evol.* 21(3):468-475. <https://doi.org/10.1006/mpev.2001.1023>
- Ricker W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull Fish Res Bd Can.* 191:1-382.
- Richards FJA. 1959. A flexible growth functions for empirical use. *J Exp Bot.* 10:290-300
- Saborido-Rey F. 2008. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC) Universidad de Vigo. (34):1-71.
- Salazar-Céspedes C, Chacón-Nieto G, Alarcón-Vélez J, Luque-Sánchez C, Cornejo-Urbina R, Chalking F. 2015. Flota de arrastre de fondo de menor escala en la Región Tumbes = Trawl fishery of small scale in the Tumbes Region. Informe [IMARPE] Instituto del Mar del Perú. 42(2):185-219.
- Smylie M, Shervette V, McDonough C. 2016. Age, growth, and reproduction in two coastal populations of longnose gars. *Trans Amer Fish Soc.* 145(1):120-135. <https://doi.org/10.1080/00028487.2015.1111256>
- Sylla S, Zan-Bi TT, Konan KJ, Tia CB, Kabre JAT, Kone T. 2016. Biología reproductiva del ronco ojo grande *Brachydeuterus auritus* en la pesquería de Costa de Marfil (África Occidental). *Revista Científica de Ciencias Biológicas.* 5(5):158-166.
- Tagliafico A, Rago N, Lárez A. 2012. Estructura de talla de 20 especies de peces capturados por la flota artesanal de La Isla de Margarita, Venezuela. *Ciencia.* 20(4):217-232.
- Tapia-García M (ed.). 1997. Diversidad, dinámica y patrones reproductivos de la comunidad de peces demersales del golfo de Tehuantepec. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. B094. Mexico City (Mexico): Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. 117 p.
- Trippel EA, Harvey HH. 1991. Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of white sucker (*Catostomus commersoni*). *Canad J Fish Aquat Sci.* 48(8):1446-1459. <https://doi.org/10.1139/f91-172>
- Tripp-Valdez A, Arreguín-Sánchez F, Zetina-Rejón MJ. 2012. The food of *Selene peruviana* (Actinopterygii: Perciformes: Carangidae) in the southern gulf of California. *Acta Ichthyol Piscat.* 42(1):1-7. <https://doi.org/10.3750/AIP2011.42.1.01>
- Vazzoler A. 1996. Biología da Reprodução de Peixes Teleosteos: Teoria e Prática. Paraná (Brazil): EDUEM/Nupelia. 119 p.
- Vera M. 2007. Estudio biológico pesquero de los recursos costeros frente al litoral de la Región Tumbes. Informe Anual 2006. Informe Interno. Lima (Peru): Instituto del Mar del Perú. 34 p.
- Wang QL, Zhang HT, Ren YQ, Zhou Q. 2016. Comparison of growth parameters of tiger puffer *Takifugu rubripes* from two culture systems in China. *Aquaculture.* 453:49-53. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.022>
- Williams K. 2007. Evaluation of the macroscopic staging method for determining maturity of female walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Shelikof Strait, Alaska. *Alaska Fish Res Bull.* 12(2):252-263.
- Zamora-Mendoza JR. 2020. Dinámica de la reproducción de la corvina de roca, *Brotula clarkae* (Hubbs 1994) (Pisces: Ophidiidae) desembarcada en el Puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador: periodo julio 2018 a enero 2019 [BSc thesis]. [Manta (Ecuador)]: Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. 14 p.
- Zapata LA, Rodríguez G, Beltrán-León B, Gómez G, Cediell A, Avila R, Hernández C. 1999. Evaluación de recursos demersales por el método de área barrida en el Pacífico colombiano INPA-Boletín Científico 6. Bogota (Colombia): Santafé de Bogotá-INPA. p. 177-226.
- Zar JH. 2010. Biostatistical analysis. New Jersey (USA): Prentice Hall. 944 p.