







## Biología reproductiva de la corvina rayada *Cynoscion reticulatus* del suroriente del Golfo de California

### Reproductive biology of the striped weakfish *Cynoscion reticulatus* in the southeast Gulf of California

Dani Abigail Carrillo-Isiordia<sup>1</sup>, Oscar Iram Zavala-Leal<sup>2\*</sup>, Juan Ramón Flores-Ortega<sup>2</sup>, Breidy Lizeth Cuevas-Rodríguez<sup>2</sup>,  
 0000-0001-6951-0904  0000-0001-8581-5724  0000-0002-9809-6586  0000-0002-6173-322X

Francisco Javier Valdez-González<sup>2</sup>, Claudia Azucena González-Huerta<sup>2</sup> y Elifonso Isiordia-Pérez<sup>2</sup>  
 0000-0002-2517-4811  0000-0003-3489-202X  0000-0002-6821-123X

1. Programa de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias. Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Km. 9 Carretera Tepic-Compostela, Xalisco, Nayarit, C.P. 63780, México. [danny\\_armajedon@hotmail.com](mailto:danny_armajedon@hotmail.com)
  2. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit. Km. 12 Carretera Los Cocos, Bahía de Matanchén, San Blas, Nayarit, C.P. 63740, México. [ziram28@hotmail.com](mailto:ziram28@hotmail.com)\* [iram.zavala@uan.edu.mx](mailto:iram.zavala@uan.edu.mx)\*, [percebes5@gmail.com](mailto:percebes5@gmail.com), [breidy@hotmail.com](mailto:breidy@hotmail.com), [pacoblof@hotmail.com](mailto:pacoblof@hotmail.com), [claudia.gonzalez@uan.edu.mx](mailto:claudia.gonzalez@uan.edu.mx), [perez7831@hotmail.com](mailto:perez7831@hotmail.com)
- \* Autor de correspondencia / Corresponding author

#### RESUMEN

En el estado de Nayarit, al suroriente del Golfo de California, la pesca representa un porcentaje considerable en cuanto a fuente de ingresos para la población. La pesquería de corvinas es de gran importancia, sin embargo, no existe información biológica pesquera sobre estas en la región. Debido a su importancia, se describió la biología reproductiva de la corvina rayada *Cynoscion reticulatus* durante el año 2019. Se recolectaron muestras mensuales provenientes de desembarcos pesqueros para un total de 390 organismos. Se estimaron índices morfofisiológicos y se realizó un análisis histológico de las gónadas. Se observó una proporción sexual mayor en hembras (1:0,5) H: M. Se describió el desarrollo gonadal y el ciclo reproductivo. De acuerdo a los índices y el análisis histológico, se determinó que la corvina presenta un amplio periodo reproductivo entre los meses de abril a agosto. La temperatura superficial del mar y fotoperiodo presentaron una correlación positiva con la reproducción. En cuanto a la talla de madurez, se encontraron tallas muy similares para ambos sexos, para las hembras de 24,5 cm y de 23,6 cm de longitud estándar para los machos.

**PALABRAS CLAVES:** Desarrollo gonadal, índices de condición, periodo reproductivo, sciaenidae, talla de madurez.

#### ABSTRACT

In the state of Nayarit, in the southeastern Gulf of California, fishing represents a considerable percentage in terms of source of income for the population. The croaker fishery is of great importance; however, there is no biological-fishing information on them in the region. Due to its importance, the reproductive biology of the striped croaker *Cynoscion reticulatus* was described during 2019. Monthly samples from fish landings were collected for a total of 390 organisms. Morphophysiological indices were estimated and a histological analysis of the gonads was performed. A higher sex ratio was observed in females (1: 0.5) H: M. The gonadal development and the reproductive cycle were described. According to the indices and histological analysis, it was determined that the striped croaker has a wide reproductive period between April to August. Sea superficial temperature and photoperiod showed a positive correlation with reproduction. Regarding the size at first maturity, very similar sizes were found for both sexes, 24.5 cm for females and 23.6 cm of standard length for males.

**KEYWORDS:** Gonadal development, condition indices, reproductive period, sciaenidae, size at maturity.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Nayarit, localizado en el suroriente del Golfo de California, cuenta con 296 km de litoral, lo que representa el 2,7 % del total nacional (Conapesca, 2013). La pesca en el estado hace uso de una gran diversidad de recursos pesqueros y ecosistemas naturales para desarrollar su actividad, de esta manera mantiene una presión permanente sobre peces, moluscos, crustáceos y otros organismos acuáticos. La pesquería de escama marina está integrada por un grupo importante de peces, tanto marinos como estuarinos, particularmente las especies conocidas en la región comúnmente como mojarra, guachinangos, chigüiles, róbalo, sierras, pargos, lisas y corvinas, entre otras (Ramírez-Zavala y Bojórquez-Sauceda, 2006).

La corvina rayada *Cynoscion reticulatus* se distribuye desde el sur de la península de Baja California, incluyendo el Golfo de California, hasta Colombia y habita en aguas costeras, entre 1 y 107 m de profundidad (Robertson y Allen, 2008). Pertenece a la familia Sciaenidae, la cual incluye alrededor de 66 géneros y aproximadamente 291 especies (Eschmeyer and Fong, 2013), que se distribuyen en regiones templadas y tropicales del mundo y también se les encuentra en ríos, lagos, lagunas y estuarios (Parenti, 2020). Las corvinas o roncadoreos son considerados depredadores, presentan un importancia ecológica y económica en los sistemas costeros en los que se distribuyen (Chao, 1995). Son especies euritermas y eurihalinas, resisten cambios bruscos de temperatura desde 2 a 38 °C y salinidad desde 5 a 39 g L<sup>-1</sup> (Sabater-Pascual, 2012). Existen pocos trabajos con relación a la reproducción de las corvinas del género *Cynoscion* en áreas del Pacífico Oriental (Palacios *et al.*, 2015). De manera general, se ha registrado que la reproducción de los sciaénidos tiene lugar entre la primavera y el verano, los adultos suelen desplazarse a lo largo de la línea de costa y se agrupan en grandes bancos para desovar en estuarios y lagunas costeras. Al parecer la familia Sciaenidae incluye especies iteroparas y gonocóricas, con desoves parciales e indeterminados y desarrollo ovárico asincrónico (Cárdenas, 2012).

En San Blas, Nayarit, la actividad pesquera es una fuente de ingresos importante para la población, siendo la corvina rayada *C. reticulatus*, una de las principales especies aprovechadas comercialmente. Debido a su tamaño y abundancia, este sciaénido se captura a lo largo de todo el año y sin restricción alguna, por lo que es un recurso bastante atractivo para los pescadores ribereños comerciales y para la pesca deportiva. Pese a lo anterior, no existe información

## INTRODUCTION

The state of Nayarit, located in the southeastern Gulf of California, has a 296 km coastline, which represents 2.7 % of the Mexican total (Conapesca, 2013). The fishery in the state uses a great diversity of fishery resources and natural ecosystems to carry out its activities, thus keeping a permanent pressure on fish, mollusks, crustaceans, and other aquatic organisms. The marine flake fishery consists of an important group of both marine and estuarine fish, specifically the species commonly known in the region as *mojarra*, the northern red snapper, *chiuiles*, the sea bass, sawfish, *planiliza*, and corvina, among others (Ramírez-Zavala and Bojórquez-Sauceda, 2006).

The striped weakfish *Cynoscion reticulatus* is distributed from the south of the Baja California Peninsula – including the Gulf of California – to Colombia, and it inhabits some coastal waters between 1 and 107 m deep (Robertson and Allen, 2008). It belongs to the corvina family, Sciaenidae, which includes 66 genera and approximately 291 species (Eschmeyer and Fong, 2013), distributed in temperate and tropical regions around the world and found in rivers, lakes, lagoons, and estuaries as well (Parenti, 2020). Corvinas or *roncadoreos* are regarded as predators with ecological and economic importance in the coastal systems where they are distributed (Chao, 1995). They are a eurythermal and euryhaline species, resistant to sudden changes in temperature (from 2 to 38 °C) and salinity (from 5 to 39 g L<sup>-1</sup>) (Sabater-Pascual, 2012). There are few studies related to the reproduction of the genus *Cynoscion* in areas of the Eastern Pacific (Palacios *et al.*, 2015). In general, it has been reported that sciaenid reproduction occurs between spring and summer, with adults usually moving along the coastline and grouping in large schools of fish to spawn in estuaries and coastal lagoons. Apparently, the family Sciaenidae includes iteroparous and gonochoric species, with partial and indeterminate spawning and asynchronous ovarian development (Cárdenas, 2012).

In San Blas, Nayarit, fishing activity is an important source of income for the population, and the striped corvina *C. reticulatus* is one of the main commercially used species. Due to its size and abundance, this sciaenid is caught throughout the year without restrictions, making it a very attractive resource for commercial coastal fishermen and sport fishing. Despite the above, there is not enough biological and/or ecological information that can be used to plan and implement fisheries management measures

biológica y/o ecológica suficiente en la región que pueda ser usada en el planteamiento e implementación de medidas de manejo pesquero para pesquerías sostenibles. De esta manera, en este trabajo se plantea describir la biología reproductiva de la corvina rayada *C. reticulatus* y la relación que presenta con los factores ambientales [temperatura superficial del mar (TSM), clorofila y foto-periodo] del área en que habita, y con ello generar información que aporte elementos para mejorar su aprovechamiento sostenible.

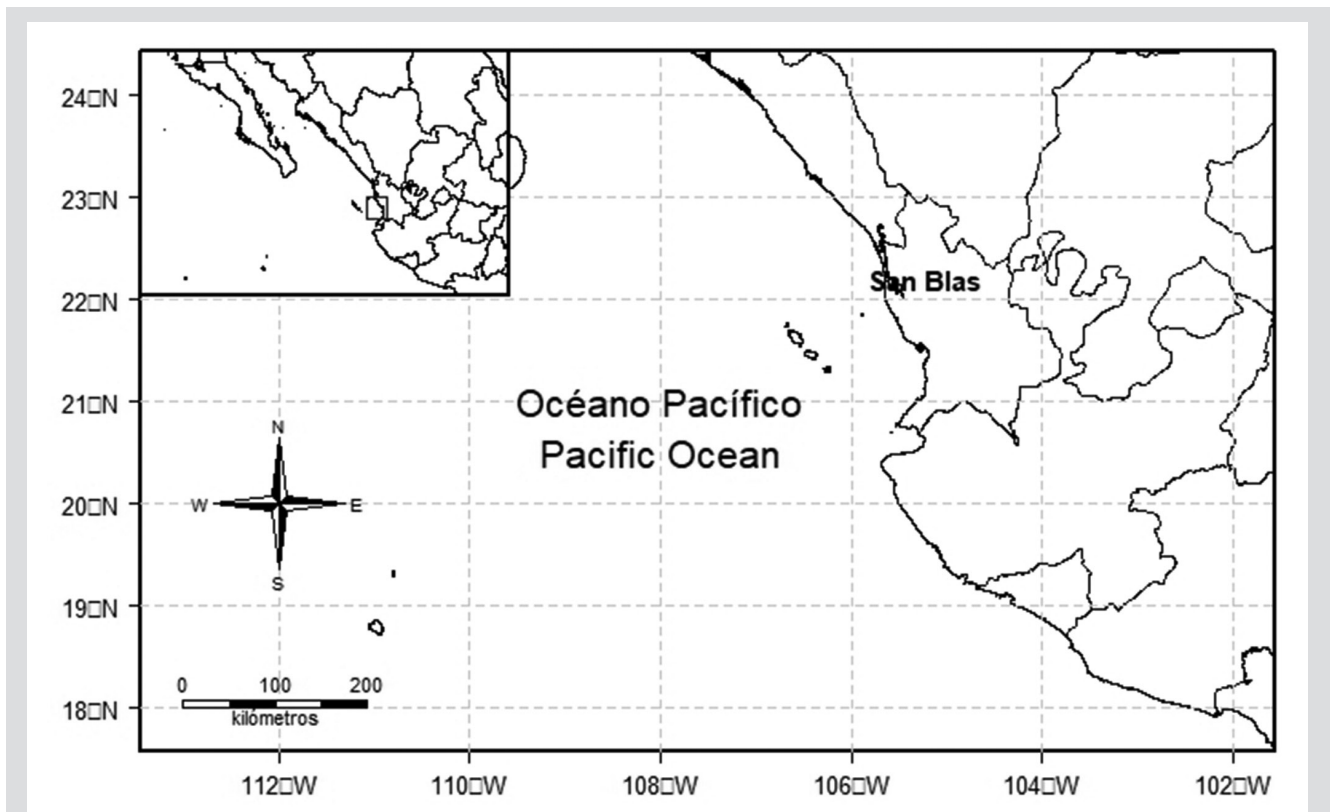
## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El municipio de San Blas, se localiza en la región norte del estado de Nayarit ( $21^{\circ} 20'$  y  $21^{\circ} 43' N$ ;  $105^{\circ} 02'$  y  $105^{\circ} 27' O$ ), en el suroriente del Golfo de California, tiene una superficie de  $849,78 \text{ km}^2$  ocupando el duodécimo lugar en extensión territorial (3,0 % de la superficie de Nayarit), y es el municipio con la mayor actividad pesquera en el estado (Figura 1) (Buhaya-Lora y Ramírez-Partida, 2015).

for sustainable fishing. In this way, this work aims to describe the reproductive biology of the striped weakfish *C. reticulatus*, as well as the existing relationship with the environmental factors [sea surface temperature (SST), chlorophyll, and photoperiod] of the area it inhabits, in order to generate information that provides elements for improving its sustainable utilization.

## MATERIAL AND METHODS

**Study area.** The municipality of San Blas is located in the northern region of the state of Nayarit ( $21^{\circ} 20'$  and  $21^{\circ} 43' N$ ;  $105^{\circ} 02'$  and  $105^{\circ} 27' W$ ), Mexico, to the southeast of the Gulf of California. It has an area of  $849.78 \text{ km}^2$  and ranks twelfth in terms of territorial extension (3.0 % of the surface of Nayarit), and it is the municipality with the highest fishing activity in the state (Figure 1) (Buhaya-Lora and Ramírez-Partida, 2015).



**Figura 1.** Área de estudio utilizada para la captura de la corvina rayada *Cynoscion reticulatus* por los pescadores de San Blas, Nayarit, suroriente del Golfo de California.

**Figure 1.** Study area used to catch striped weakfish, *Cynoscion reticulatus*, by fishermen in San Blas, Nayarit in the southeastern Gulf of California.

**Factores ambientales.** Los datos de foto-periodo se obtuvieron de la estación oceanográfica de Puerto Balleto, Nayarit, por medio del programa Mar V1.0 2011, del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). La TSM y la clorofila-a se determinaron a través de imágenes satelitales. Se utilizaron imágenes promedio mensuales de una composición de imágenes de los sensores MODIS-Terra y MODIS-Aqua con una resolución espacial de 1 km<sup>2</sup> (Kahru *et al.*, 2004).

**Obtención de las muestras.** Se recolectaron entre 17 y 40 organismos por mes (de acuerdo a la disponibilidad) entre enero y diciembre de 2019 de la pesca comercial ribereña del puerto de San, Blas, Nayarit. Las artes de pesca con que se capturaron fueron redes de enmalle [luz de malla de 5,1; 6,35; 7,6; 8,9 y 10,2 cm (2, 2 ½, 3, 3 ½ y 4")], redes de arrastre camarónicas [(luz de malla de 5,1 a 8,9 cm (2 a 3,5"))] y palangres con anzuelos de distintos calibres (# 8 al #2) con la finalidad de obtener mayor representatividad de tallas para el estudio.

**Procesamiento de las muestras.** De los organismos obtenidos se registró la longitud estándar (Ls) mediante un ictiómetro, el peso total (Pt) y peso eviscerado (Pe), así como el peso de la gónada (Pg) e hígado (Ph), con una báscula electrónica (precisión de ± 0,01g). Las gónadas se fijaron en formol al 10 % saturado con borato de sodio. Para el análisis cualitativo y cuantitativo del desarrollo gonadal se aplicó la técnica histológica convencional (Hematoxilina-Eosina) y las muestras se observaron en un microscopio óptico (Zavala-Leal *et al.*, 2022).

**Proporción sexual.** Se determinó la proporción sexual de manera mensual (para cada muestreo) y la proporción sexual total. La significancia estadística se probó con una prueba de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) estableciendo como hipótesis nula una proporción de sexos de una hembra por un macho ( $H_0 = 1:1$ ) (Zar, 2010). Después de conocer el sexo de los organismos se aplicó la prueba t de Student para determinar diferencias en talla y peso por sexos.

**Índices morfofisiológicos.** Se calcularon el índice gonadosomático, hepatosomático y factor de condición. Se obtuvo el índice gonadosomático (IGS) con la expresión empleada por Vazzoler (1996):

$$IGS = \left( \frac{\text{Peso de la gónada}}{\text{peso eviscerado}} \right) * 100$$

El índice hepatosomático (IHS) con la ecuación de Rodríguez-Gutiérrez (1992):

**Environmental factors.** Photoperiod data were obtained from the Puerto Balleto Oceanographic Station, Nayarit, using the Mar V1.0 2011 software, at Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). The SST and chlorophyll were determined from satellite images. Monthly averaged images from an image composition of MODIS-Terra and MODIS-Aqua were used, with a spatial resolution of 1 km<sup>2</sup> (Kahru *et al.*, 2004).

**Sample collection.** Between 17 and 40 organisms per month (depending on availability) were collected from commercial coastal fishery in the port of San Blas, Nayarit, between January and December 2019. The fishing gear used for catching included gill nets [(mesh sizes 5.1, 6.3, 7.6, 8.9 and 10.2 cm (2, 2 ½, 3, 3 ½, and 4")], shrimp nets [(mesh sizes from 5.1 to 8.9 cm (2 to 3 ½"))], and longlining with different hook sizes (#8 to #2) in order to obtain more size representativeness for the study.

**Sample processing.** The standard length (SI) of the obtained specimens were measured with an ichthyometer, and the total weight (Tw), the eviscerated weight (Ew), the gonad weight (Gw), and the liver weight (Lw) with an electronic balance (± 0.01g accuracy). The gonads were fixed in 10 % formalin, saturated with sodium borate. For the quantitative and qualitative analysis of gonadal development, the conventional histological technique was applied (hematoxylin–eosin), and the samples were observed with an optical microscope (Zavala-Leal *et al.*, 2022).

**Sex ratio.** The sex ratio was determined monthly (for each sampling) and the total sex ratio. Statistical significance was tested using a chi-squared ( $\chi^2$ ) test, with a null hypothesis of one female per male ( $H_0 = 1:1$ ) (Zar, 2010). Once the sex of the organisms was known, a t-Student test was applied to determine the size and weight differences for each sex.

**Morpho-physiological indices.** The gonadosomatic and hepatosomatic indices, as well as the condition factor, were calculated. The gonadosomatic index (GSI) was obtained through the expression used by Vazzoler (1996):

$$GSI = \left( \frac{\text{Gonad weight}}{\text{Eviscerated weight}} \right) * 100$$

The hepatosomatic index (HSI) through the Rodríguez-Gutiérrez equation (1992):

$$IHS = \left( \frac{\text{Peso del hígado}}{\text{peso eviscerado}} \right) * 100$$

El factor de condición (K) se determinó con la ecuación propuesta por Le Cren (1951):

$$K = \frac{Pt}{aLs^b} * 100$$

Donde: K = factor de condición, Pt = peso total y Ls = longitud estándar, a = intercepto, b = pendiente.

**Desarrollo gonádico.** Se identificaron las fases de desarrollo gonádico para establecer el ciclo reproductivo (en función de las frecuencias de las fases de desarrollo) y con esto la época reproductiva. Para las hembras se utilizaron seis fases de desarrollo: reposo, desarrollo inicial, desarrollo avanzado, madurez, desove y post-desove, mientras que para los machos se emplearon cinco fases de desarrollo: reposo, desarrollo, madurez, espermiación y eyaculado. Se calcularon las frecuencias relativas mensualmente de las fases de desarrollo gonádico para ambos sexos. Se consideró como época de reproducción al periodo donde se observan el 50 % de organismos con estadios de desarrollo gonádico avanzado tanto para hembras (desarrollo avanzado, madurez y desove) como para machos (madurez y espermiación). Todo esto se realizó de acuerdo con Sánchez-Cárdenas *et al.* (2011), con pequeños ajustes para esta especie en particular en función de nuestras observaciones.

**Relación entre la reproducción y los factores ambientales.** Para establecer si existe una relación entre el desarrollo gonadal de la corvina rayada y las condiciones ambientales que prevalecen en la área de estudio, se realizó el análisis de correlación de Spearman. Para ello se emplearon las frecuencias de desarrollo gonádico de cada mes y el promedio mensual de la TSM, fotoperiodo y clorofila-a. El coeficiente de Spearman puede tomar un valor de +1 y -1, donde un valor de +1 significa una asociación perfecta (directa), un valor de -1 indica una asociación perfecta negativa (o inversa), mientras que un valor de 0 denota que no hay asociación. Este análisis se realizó en el software Statistica 7.1 de StatSoft®.

**Talla de madurez.** Esta se definió como la longitud en la que el 50 % ( $L_{50}$ ) de los peces muestreados han madurado sexualmente (Sánchez-Cárdenas *et al.*, 2011). Partiendo de tal concepto se calculó la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada para cada sexo por intervalos de talla de los organismos considerados en reproducción. Para obtener la  $L_{50}$  los datos se ajustaron a un modelo logístico a través del programa CurveExpert 1.4.

$$HSI = \left( \frac{\text{Liver weight}}{\text{Eviscerated weight}} \right) * 100$$

The condition factor (K) was determined with the equation proposed by Le Cren (1951):

$$K = \frac{Tw}{aSl^b} * 100$$

Where: K = Condition factor, Tw = Total weight, Sl = standard length, a = intercept, b = slope.

**Gonadal development.** The gonadal developmental stages were identified in order to determine the reproductive cycle (as a function of the frequencies of the developmental stages) and thus the reproductive season. For females, six developmental stages were used: resting, initial development, advanced development, maturity, spawning, and post-spawning. Meanwhile, five developmental stages were used for males: resting, development, maturity, spermiation, and ejaculation. Relative frequencies were calculated monthly for the gonadal development stages in both sexes. The reproductive season was considered to be the period when 50 % of the organisms were observed with advanced gonadal development stages, both for females (advanced development, maturity, and spawning) and for males (maturity and spermiation). All this was done according to Sánchez-Cárdenas *et al.* (2011), with minor adjustments for this particular species based on our observations.

**Relationship between reproduction and environmental factors.** In order to determine whether there is a relationship between the gonadal development of the striped weakfish and the environmental conditions prevailing in the study area, the Spearman correlation analysis was performed. For this purpose, the monthly frequencies of gonadal development and the monthly averages of SST, photoperiod, and chlorophyll-a were used. The Spearman coefficient can take a value of +1 or -1, where +1 indicates a perfect (direct) association, a value of -1 indicates a perfect negative (inverse) association, and a value of 0 indicates no association. This analysis was performed using the StatSoft® Statistica 7.1 software.

**Maturity size.** This was defined as the length at which 50 % ( $L_{50}$ ) of the sampled fish were sexually mature (Sánchez-Cárdenas *et al.*, 2011). Based on this concept, the relative and the cumulative frequencies were calculated for each sex per size interval of the organisms considered in reproduction. To obtain the  $L_{50}$ , the data were adjusted to a logistic model using the CurveExpert 1.4 software.

$$M\% = \frac{a}{1 + be^{-cLs}}$$

Dónde M % = porcentaje de individuos maduros, a = intercepto, b = pendiente, c = constante y Ls = longitud estándar.

**RESULTADOS**

Se obtuvo un total de 390 organismos de *Cynoscion reticulatus*. Los cuales presentaron talla y peso promedio de 27,9 cm de Ls y 344,4 g de peso para ambos sexos. Se observó que las hembras presentan mayor longitud y peso que los machos ( $p = 0,0000$  y  $p = 0,0010$ , para Ls y Pt, respectivamente). Se encontraron 246 hembras y 144 machos, las hembras presentaron tallas mínimas y máximas de 18,5 cm de Ls y 110 g de peso hasta 40,3 cm y 960 g (respectivamente), mientras que los machos fueron de 19,7 cm de Ls y 120 g de peso hasta 38,6 cm y 925 g.

**Proporción sexual.** De acuerdo con la prueba de Chi-cuadrada ( $\chi^2$ ), se encontró que la proporción sexual fue diferente de 1:1 (M: H) para el total de la muestra. Sin embargo, para la mayoría de los meses no hubo diferencias significativas entre machos y hembras, con excepción de mayo, julio, septiembre y diciembre (Tabla 1).

**Tabla 1.** Proporción sexual de la corvina rayada *Cynoscion reticulatus* del suroeste del Golfo de California.

Meses / Months	M	H	H : M	$\chi^2$	p
Enero / January	5	12	1 : 0.4	2.88	0.090
Febrero / February	12	11	1 : 1	0.04	0.841
Marzo / March	11	10	1 : 1.1	0.05	0.823
Abril / April	24	16	1 : 1.5	1.60	0.206
Mayo / May	8	31	1 : 0.2	13.56	<b>0.000*</b>
Junio / June	19	17	1 : 1.2	0.11	0.507
Julio / July	2	21	1 : 0.09	15.70	<b>0.000*</b>
Agosto / August	17	18	1 : 0.9	0.03	0.862
Septiembre / September	4	30	1 : 0.1	19.88	<b>0.000*</b>
Octubre / October	13	17	1 : 0.7	0.53	0.466
Noviembre / November	16	15	1 : 1	0.03	0.862
Diciembre / December	13	48	1 : 0.2	20.08	<b>0.000*</b>
<b>Total</b>	144	246	1 : 0.5	26.68	0.000*

El asterisco (\*) denota diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

$$M\% = \frac{a}{1 + be^{-cLs}}$$

Where M % = percentage of mature individuals, a = intercept, b = slope, c = constant, and Sl = standard length.

**RESULTS**

A total of 390 specimens of *C. reticulatus* were obtained. They showed an average size and weight of 27.9 cm Sl, and 344.4 g for both sexes. It was observed that females had greater length and weight than males ( $p = 0.0000$  and  $p = 0.0010$ , for Sl and Tw, respectively). 264 females and 144 males were found. Females showed minimum and maximum sizes of 18.5 cm and 110 g in weight up to 40.3 cm Sl and 960 g, while males showed 19.7 cm and 120 g up to 38.6 cm Sl and 925 g.

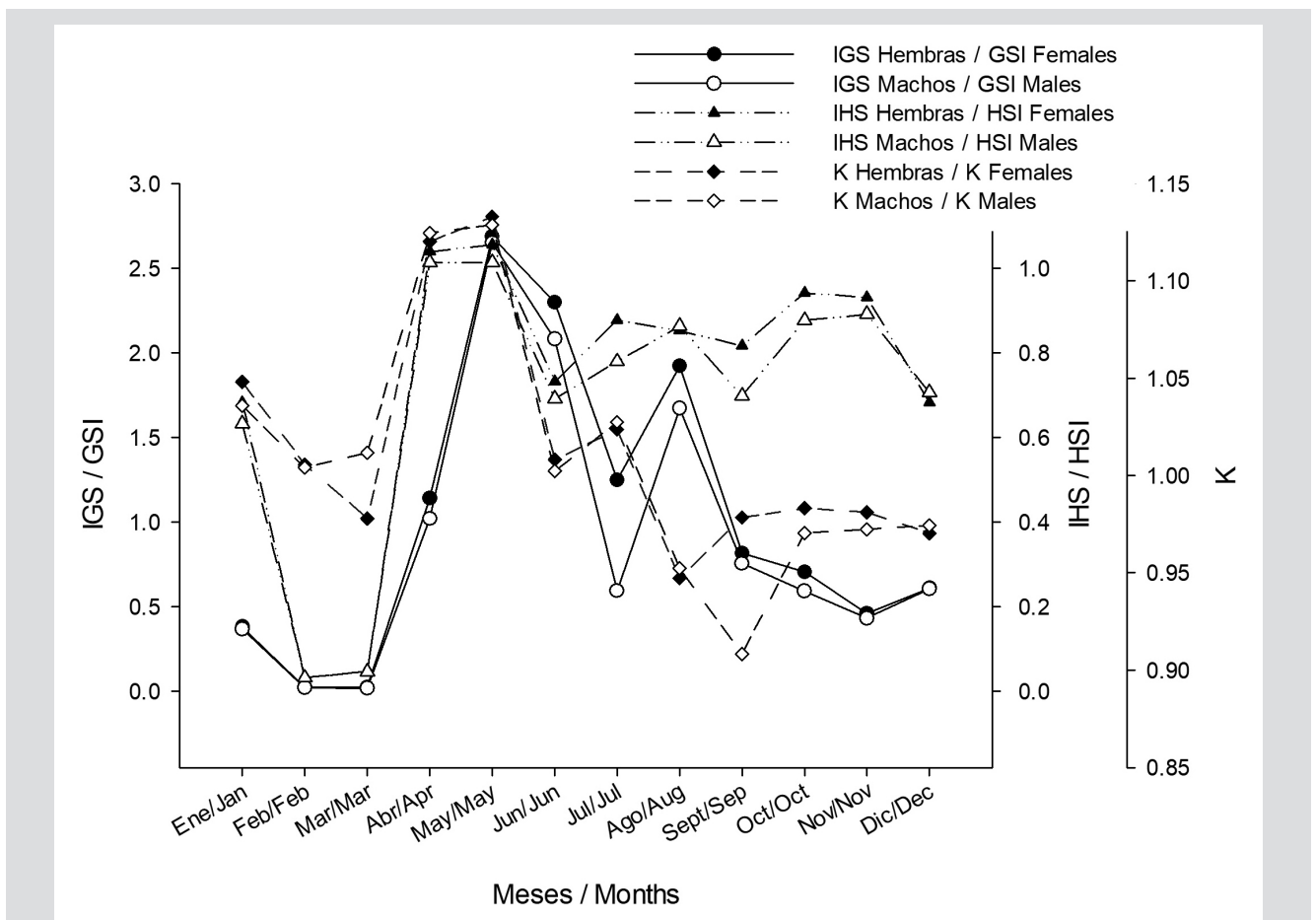
**Sex ratio.** According to the chi-squared test ( $\chi^2$ ), the sex ratio was found different from 1:1 (M:H) for the whole sample. However, there were no significant differences between males and females in most months, except for May, July, September and December (Table 1).

**Table 1.** Sex ratio of *Cynoscion reticulatus* from the southeast of the Gulf of California.

The asterisk (\*) denotes significant differences ( $p \leq 0.05$ ).

**Índices morfofisiológicos.** La corvina rayada *C. reticulatus* mostró un índice gonadosomático con valores elevados entre los meses de abril a agosto, mostrando valores bajos de este índice de enero a marzo para hembras y machos (Figura 2). El índice hepatosomático mostró los mayores valores de abril a mayo y fue relativamente constante de junio a diciembre para ambos sexos (Figura 2). Del mismo modo, el factor de condición presenta un patrón similar al IGS e IHS, con valores más elevados en abril (Figura 2).

**Morpho-physiological indices.** The striped weakfish *C. reticulatus* showed a gonadosomatic index with high values from April to August, and low values for this index from January to March for both males and females (Figure 2). The hepatosomatic index showed the highest values from April to May and was relatively constant from June to December for both sexes (Figure 2). The Condition Factor also showed a pattern similar to GSI and HIS, with higher values in April (Figure 2).



**Figura 2.** Índices morfofisiológicos en la corvina rayada *Cynoscion reticulatus* del suroriente del Golfo de California.

**Figure 2.** Morpho-physiological indices in striped corvina *Cynoscion reticulatus* from the southeastern Gulf of California.

**Desarrollo gonádico.** La corvina presenta un desarrollo gonadal asincrónico. Las hembras presentan una organización lamelar concéntrica, mientras que en los machos los conductos seminíferos se disponen longitudinalmente. Para hembras se describieron seis fases de desarrollo (reposo, desarrollo inicial, desarrollo avanzado, madurez, desove y post-desove) (Tabla 2), mientras que para los machos se emplearon cinco fases (reposo, desarrollo, madurez, espermiación y eyaculado) (Tabla 2).

**Gonadal development.** The corvina shows an asynchronous gonadal development. Females show a concentric lamellar organization, whereas, in males, the seminiferous tubules are arranged longitudinally. Six developmental stages were described for females (resting, initial development, advanced development, maturity, spawning, and post-spawning) (Table 2), while five stages were described for males (resting, development, maturity, spermiation, and ejaculation) (Table 2).

**Tabla 2.** Fases de desarrollo gonádico de la corvina rayada *Cynoscion reticulatus* del suroriente del Golfo de California.

**Table 2.** Gonadal developmental stages of striped weakfish *C. reticulatus* from southeastern Gulf of California.

Hembras / Females	Machos / Males
<p><b>Reposo:</b> Se caracteriza por la formación de surcos donde predominan ovocitos en crecimiento primario: (cromatina nuclear y perinuclear). /</p> <p><b>Resting:</b> Characterized by the formation of grooves with a predominance of oocytes in primary growth: (nuclear and perinuclear chromatin).</p>	<p><b>Reposo:</b> El testículo se encuentra ocupado en su mayoría por espermatogonias, no se observan agrupaciones espermáticas. /</p> <p><b>Resting:</b> Testis is mostly occupied by spermatogonia. No sperm grouping observed.</p>
<p><b>Desarrollo inicial:</b> Presencia de ovocitos en fase de alveolo cortical en abundancia y ovocitos en vitelogénesis primaria. Aún con presencia de ovocitos en cromatina nuclear y perinuclear. /</p> <p><b>Initial development:</b> Presence of abundant oocytes in cortical alveolus stage and oocytes in primary vitellogenesis. Presence of oocytes in nuclear and perinuclear chromatin.</p>	<p><b>Desarrollo:</b> Se observa una estructura de acinos donde se presentan formaciones concéntricas de espermatozoides. Espermatogonias en menor cantidad. /</p> <p><b>Development:</b> A structure of acini is observed where concentric formations of spermatocytes are present. Spermatogonia are present in smaller numbers.</p>
<p><b>Desarrollo avanzado:</b> Se identifica un aumento de tamaño de los ovocitos, En el estroma se observan ovocitos en estadio de vitelogénesis intermedia y tardía, así como la migración del núcleo y escasa presencia de ovocitos en estadios previos. /</p> <p><b>Advanced development:</b> An increase in oocyte size is identified. Oocytes in the middle and late stages of vitellogenesis are observed, as well as nuclear migration and scarce presence of oocytes in previous stages.</p>	<p><b>Madurez:</b> Formación concéntrica y disminución drástica en el tamaño de los espermatozoides. Los acinos muestran un vacío entre la pared y las células sexuales. Pueden presentarse espermátides y espermatozoides. /</p> <p><b>Maturity:</b> Concentric formation and drastic decrease in the size of spermatozoa. The acini show a gap between the wall and the sexual cells. Spermatids and spermatozoa may be present.</p>
<p><b>Desove:</b> Destaca por presentar folículos postovulatorios junto con ovocitos en fase de maduración (hidratación y núcleo migratorio). En algunos casos se observó presencia de ovocitos en vitelogénesis. Por la periferia ovocitos en crecimiento primario. /</p> <p><b>Spawning:</b> It stands out for showing postovulatory follicles together with oocytes in the maturation stage (hydration and migrating nucleus). In some cases, the presence of oocytes in vitellogenesis was observed. Oocytes in primary growth in the periphery.</p>	<p><b>Espermiación:</b> Formación de surcos de espermatozoides que convergen en un saco céntrico. Contracción de los acinos. /</p> <p><b>Spermiation:</b> Formation of spermatozoa grooves that converge in a central pouch. Acini contraction.</p>
<p><b>Post-desove:</b> Se observa una gran cantidad de folículos postovulatorios en reabsorción y ovocitos atrésicos. Además, una reorganización ovárica con evidente tejido conectivo y ovocitos en crecimiento primario. /</p> <p><b>Post-spawning:</b> A large number of postovulatory follicles in reabsorption and atretic oocytes. Moreover, ovarian reorganization with evident connective tissue and oocytes in primary growth.</p>	<p><b>Eyaculado:</b> Testículo con gran cantidad de tejido conjuntivo. Presencia de espermatozoides rezagados en menor cantidad. /</p> <p><b>Ejaculation:</b> Testis with large amount of connective tissue. Presence of delayed spermatozoa in smaller quantity.</p>

En cuanto al ciclo reproductivo, se observó que las hembras presentan una alta proporción de organismos en fases de desarrollo avanzado, madurez y desove en los meses de mayo a agosto, mientras que de octubre a marzo predominan hembras en reposo y desarrollo inicial. Los machos se encuentran maduros y en espermiación de

Regarding the reproductive cycle, it was observed that females show a high proportion of organisms in advanced developmental, mature, and spawning stages from May to August, while females in resting and initial developmental stages are predominant from October to March. Males are mature and in spermiation from April to



abril a septiembre, y de octubre a marzo se observa alto porcentaje de organismos en fases de reposo y en desarrollo (Figura 3).

September, and a high percentage of organisms in resting and developmental stages is observed from October to March (Figure 3).

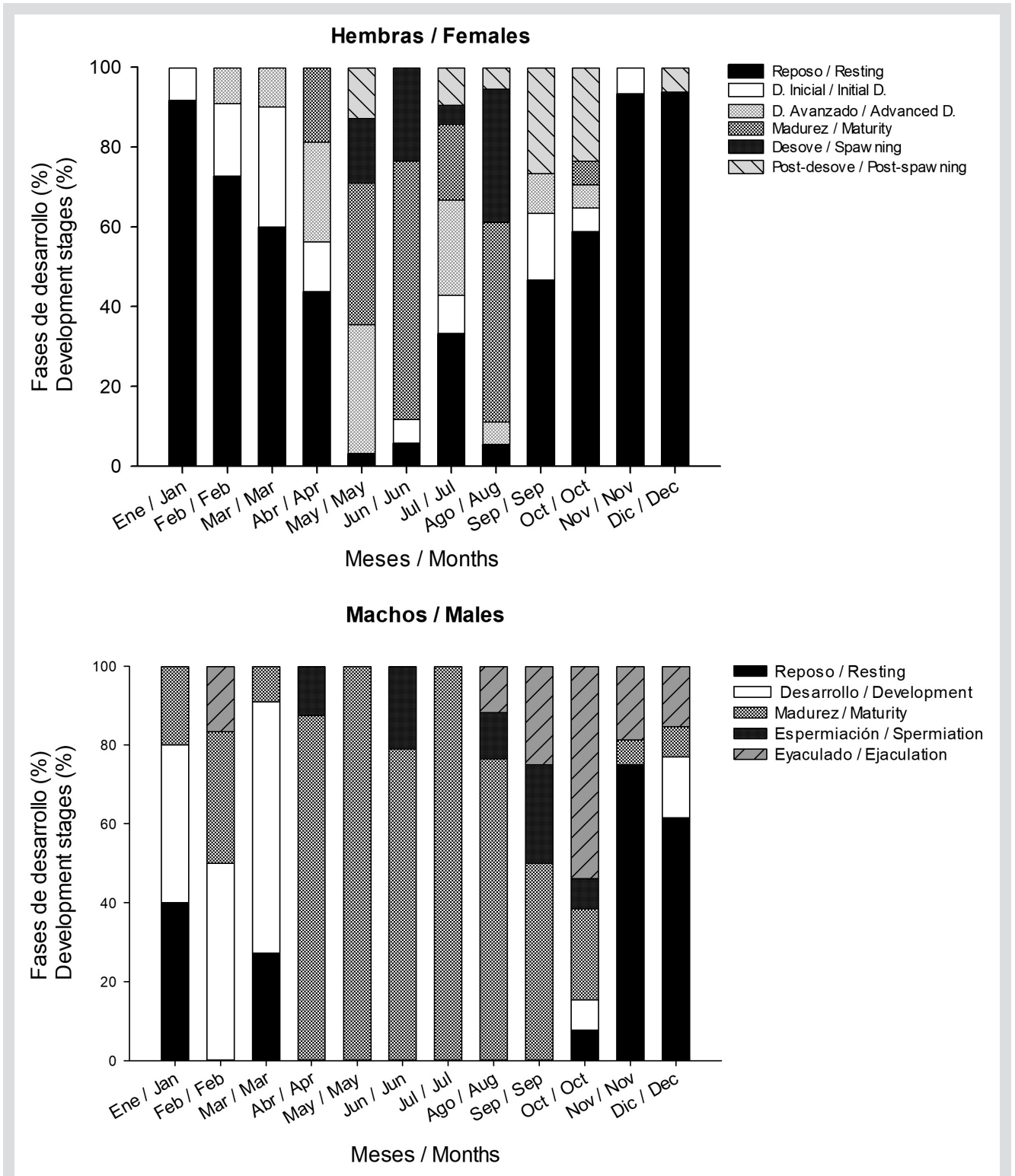


Figura 3. Fases de desarrollo gonádico de la corvina rayada *Cynoscion reticulatus* del suroriente del Golfo de California.

Figure 3. Gonadal developmental stages of striped weakfish *C. reticulatus* from southeastern Gulf of California.

**Relación entre la reproducción y los factores ambientales.** Con el análisis de correlación de Spearman se estableció que el desarrollo gonadal de *C. reticulatus* presenta relación con la TSM y el fotoperíodo, más no con la concentración de clorofila-a. De manera específica, en las hembras se observó una correlación positiva con la TSM y la fase de post desove, mientras que el fotoperíodo mantuvo correlación positiva con las fases de madurez y desove, y una correlación negativa con la fase de reposo. En los machos solo se observó una correlación positiva entre el fotoperíodo y fase de madurez, mientras que las fases de reposo y desarrollo mostraron correlaciones negativas con el fotoperíodo y la temperatura superficial del mar (Tabla 3).

**Tabla 3.** Correlaciones entre el evento reproductivo de la corvina rayada *Cynoscion reticulatus* y los factores ambientales, en el suroriente del Golfo de California.

Fases de desarrollo / Development stages	TSM / SST	Clorofila-a / Chlorophyll-a	Fotoperíodo / Photoperiod
<b>Hembras / Females</b>			
<b>Reposo / Resting</b>	-0.3426	-0.2587	<b>-0.9300*</b>
<b>Desarrollo inicial / Initial development</b>	-0.3739	0.4127	-0.0881
<b>Desarrollo avanzado / Advanced development</b>	-0.0035	0.4207	0.4956
<b>Madurez / Maturity</b>	0.4142	0.0223	<b>0.8547*</b>
<b>Desove / Spawning</b>	0.3827	0.0707	<b>0.7821*</b>
<b>Post desove / Post Spawning</b>	<b>0.6382*</b>	-0.362	0.1828
<b>Machos / Males</b>			
<b>Reposo / Resting</b>	-0.1403	-0.4054	<b>-0.7953*</b>
<b>Desarrollo / Development</b>	<b>-0.6082*</b>	0.4132	<b>-0.6394*</b>
<b>Madurez / Maturity</b>	0.2276	0.2802	<b>0.8651*</b>
<b>Espermiación / Spermiation</b>	0.3431	-0.1403	0.4522
<b>Eyacuado / Ejaculation</b>	0.3471	-0.4852	-0.459

El asterisco (\*) denota diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). n = 81 hembras y 83 machos.

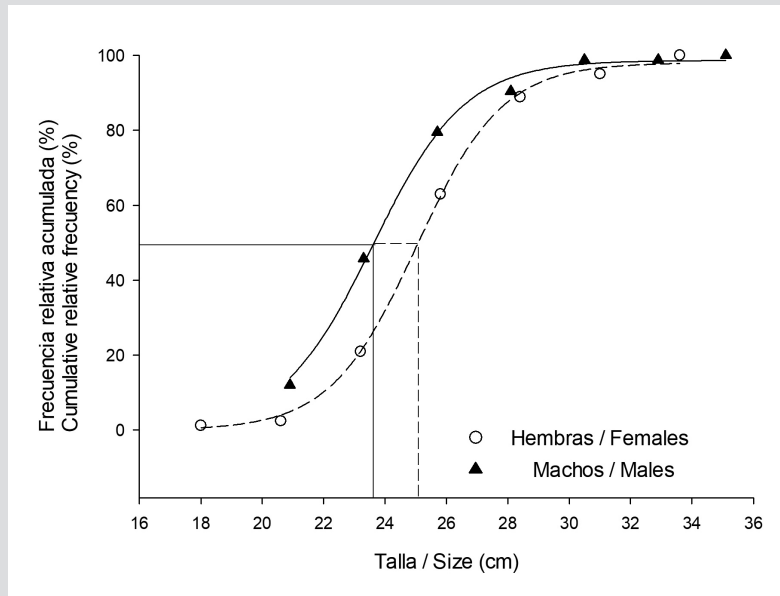
**Relationship between reproduction and environmental factors.** The Spearman correlation analysis showed that the gonadal development of *C. reticulatus* was related to the SST and the photoperiod, but not to the chlorophyll-a concentration. Specifically, a positive correlation between the SST and the spawning stage was observed in females, while the photoperiod maintained a positive correlation with the maturation and spawning stages, as well as a negative one with the resting stage. In males, only a positive correlation between the photoperiod and the maturity stage was observed, whereas the resting and development stages showed negative correlations with the photoperiod and the sea surface temperature (Table 3).

**Table 3.** Correlations between the reproductive events of striped weakfish *C. reticulatus* and the environmental factors in the southeastern Gulf of California

The asterisk (\*) indicates significant differences ( $p \leq 0.05$ ). n = 81 females and 83 males.

**Talla de madurez sexual.** La corvina rayada presentó una talla media de madurez relativamente mayor para las hembras que para los machos. En hembras la  $L_{50}$  fue de 24,5 cm de  $L_s$ , mientras que para los machos fue de 23,6 cm (Figura 4). Los intervalos de madurez y parámetros de ajuste del modelo sigmooidal aplicado se presentan en la Tabla 4.

**Sexual maturity size.** The striped corvina showed a relatively smaller mean size at maturity for females than for males. For females,  $L_{50}$  was 24.5 cm of  $L_s$ , whereas, for males, it was 23.6 cm (Figure 4). The maturity intervals and adjustment parameters of the applied sigmoidal model are shown in Table 4.



**Figura 4.** Talla de madurez sexual (n = 164) de la corvina rayada *Cynoscion reticulatus* del suroriente del Golfo de California. Las líneas indican la intersección de la frecuencia relativa acumulada y la talla de los organismos.

**Figure 4.** Sexual maturity size (n=164) of the striped weakfish *C. reticulatus* from southeastern Gulf of California. The lines indicate the intersection of the cumulative relative frequency and the organisms' size.

**Tabla 4.** Parámetros de ajuste del modelo sigmoideal e intervalos de talla de madurez de la corvina rayada.

**Table 4.** Adjustment parameters of the sigmoidal model and intervals of the striped weakfish's sexual maturity size

Parámetros / Parameters	Hembras / Females	Machos / Males
a	0.125	0.986
b	0.571	0.695
c	-0.714	-0.668
r	0.999	0.998
$L_{50}$ (cm)	24.5	23.6
Límite inferior / Lower limit (cm)	18.5	20.9
Límite superior / Higher limit (cm)	35.0	37.4
n	81	83

## DISCUSIÓN

Determinar la composición por talla de una población de peces es de suma importancia, ya que permite conocer las diferentes etapas biológicas por la que atraviesan y diferenciar los grupos poblacionales de una especie en una pesquería (Longart *et al.*, 2011). De acuerdo con los resultados de las tallas de cada sexo en la corvina rayada *Cynoscion reticulatus*, se observó que las hembras tuvieron tallas mayores que los machos. Ortiz *et al.*, (2021) registran tallas y pesos muy similares para esta especie en Guatemala, ( $\bar{X} = 32,48$  cm y  $\bar{P}t = 340,05$  g). En un estudio realizado en 2016 sobre

## DISCUSSION

Determining the size composition of a fish population is of the utmost importance, as it allows knowing the different biological stages they go through and differentiating the population groups of a species in a fishery (Longart *et al.*, 2011). According to the results regarding the size of each sex in the striped weakfish *C. reticulatus*, females were larger than males. Ortiz *et al.* (2021) report very similar sizes and weights for this species in Guatemala, ( $\bar{X} = 32.48$  cm and  $\bar{P}t = 340.05$  g). In a study conducted in 2016 on the composition of the ichthyofauna caught in the

la composición de la ictiofauna capturada en la pesquería artesanal de Isla Isabel, Nayarit, México (Torrescano-Castro *et al.*, 2016), se encontraron tallas más grandes de ejemplares de *C. reticulatus*, ( $\bar{X} = 40,8$  cm y  $\bar{P}t = 619,4$  g) de peso. La diferencia en las tallas presentadas en el último trabajo mencionado con respecto a las dos anteriores, se puede atribuir a las diferentes artes de pesca utilizadas, ya que este trabajo registra el uso de redes de enmalle de 8,9; 10,2 y 12,7 cm (3,5, 4 y 5") de luz de malla (para 96,4 % de la captura total), mientras que Ortiz *et al.* (2021) registran el uso de redes de enmalle de 6,4 y 7,6 cm (2,5 y 3") y para el presente estudio se emplearon de 5,1 a 10,2 cm (2 a 4") de luz de malla. Además, a diferencia de la zona de estudio registrada por Torrescano-Castro *et al.* (2016), la cual está a 35 km de distancia de la costa más cercana, los otros dos estudios se realizaron en la zona estuarina y costera adyacente, la cual tiene una alta presión pesquera tanto en Nayarit como en Guatemala (Ramírez-Zavala y Bojórquez-Sauceda, 2006; Ortiz *et al.* 2021). Otro factor que puede considerarse para la diferencia en la talla encontrada podría ser el hecho que de acuerdo con información del Centro de Predicción del Clima de la NOAA (NOAA, 2022), el estudio se realizó en un año tipo, mientras que el realizado por Ortiz *et al.* (2021) fue realizado en medio del fenómeno de La Niña, y el estudio aquí presentado fue durante parte del fenómeno de El Niño.

En cuanto a la proporción sexual, es un parámetro que se ha empleado como base para interpretar la composición de los stocks explotados y las variaciones en su abundancia (Punt *et al.*, 1993). En este estudio, la prueba de Chi-cuadrado evidenció diferencias significativas ( $\chi^2 = 26,68$ ;  $p < 0,05$ ) en la proporción sexual entre hembras (63 %) y machos (37 %). Ortiz *et al.* (2021), registran datos similares para la misma especie, con una proporción sexual mayor para hembras, lo mismo que para la corvina agria *Micropogonias altipinnis*. Las diferencias observadas en la proporción sexual (1:1) pueden atribuirse a la diferencia de la tasa de crecimiento entre machos y hembras, ocasionando capturas en mayor o menor medida de ejemplares de uno u otro sexo. También pueden deberse a diferencias en el comportamiento alimentario de los peces sexualmente maduros, y a la selectividad de las artes de pesca (Tello-Martín *et al.*, 1992). Por su parte, Jaramillo-Londoño (2010) argumenta que, dependiendo del comportamiento de las especies, en la mayoría de estas se puede observar un mayor número de hembras con respecto a los machos conforme se aproximan a los meses de maduración sexual y desove, lo cual coincide en algunos aspectos con el estudio realizado. En la corvina golfinca *C.*

artesanal fishery of Isla Isabel, Nayarit, Mexico (Torrescano-Castro *et al.*, 2016), larger individuals of *C. reticulatus* were found ( $\bar{X} = 40.8$  cm and  $\bar{P}t = 619.4$  g). The difference between the sizes stated in the aforementioned work and the other two can be attributed to the different fishing gear used, since this work reports the use of gill nets with mesh sizes of 8.9, 10.2 and 12.7 cm (3.5, 4 and 5") (for 96.4 % of the total catch), while Ortiz *et al.* (2021) report the use of gill nets with mesh sizes of 5.1 and 7.6 cm (2 and 3"). In this study, 2 to 4" mesh sizes were used. Furthermore, unlike the study area reported by Torrescano-Castro *et al.* (2016), which is 35 km away from the nearest coast, the other two studies were conducted in the estuary and adjacent coastal areas, which have a high fishing pressure in both Nayarit and Guatemala (Ramírez-Zavala and Bojórquez-Sauceda, 2006; Ortiz *et al.* 2021). Another factor to consider in the size difference could be the fact that, according to information from the NOAA Weather Forecast Center (NOAA, 2022), the study was conducted in a representative year, whereas that of Ortiz *et al.* (2021) was conducted in the midst of La Niña. Our study was conducted during part of El Niño.

As for the sex ratio, it is a parameter used as a basis to interpret the composition of exploited stocks and the variations in their abundance (Punt *et al.*, 1993). In this study, the chi-squared test showed significant differences ( $\chi^2 = 26.68$ ;  $p < 0.05$ ) in the sex ratio between females (63 %) and males (37 %). Ortiz *et al.* (2021) report similar data for the same species, with a higher sex ratio for females, as is the case of the golden croaker *Micropogonias altipinnis*. The differences observed in the sex ratio (1:1) can be attributed to differences in growth rate between males and females, resulting in greater or smaller catch of individuals of either sex. It may also be due to the different feeding behavior of the sexually mature fish, as well as to the selectivity of the fishing gear (Tello-Martín *et al.*, 1992). In turn, Jaramillo-Londoño (2010) argues that, depending on the behavior of the species, a greater number of females can be mostly observed as the sexual maturity and spawning months approach, which coincides in some aspects with the conducted study. In the gulf weakfish *Cynoscion othonopterus*, a sex ratio of 1:1 (H : M) has been reported (Acosta-Valenzuela, 2008), but also a higher proportion of males (1:2) (Román-Rodríguez, 2000). According to Nikolsky (1963), the sex ratio can vary considerably between species, between populations and even from one year to another within the same population due to changes in environmental factors and food availability, among others.

*othoapterus* se ha registrado una proporción sexual de 1: 1 (H : M) (Acosta-Valenzuela, 2008), pero también una mayor proporción de machos (1: 2) (Román-Rodríguez, 2000); de acuerdo con Nikolsky (1963), la proporción de sexos puede variar considerablemente entre las especies, entre poblaciones e incluso de un año a otro dentro de la misma población por cambio en los factores ambientales, disponibilidad de alimento, entre otros.

De acuerdo con el análisis de frecuencia de las fases de desarrollo gonadal, la corvina rayada presentó un periodo amplio de actividad reproductiva. En esta especie se observó una alta proporción de hembras y machos en maduración entre abril y junio. Esto coincide con los valores altos en el IGS que también muestra que el evento reproductivo se lleva a cabo de mayo a agosto en esta zona. En el Pacífico central en Guatemala, se encontró que esta especie presenta un periodo reproductivo amplio con dos picos marcados, uno de menor intensidad de marzo a abril y el más representativo entre julio y agosto (Ortiz *et al.*, 2021). De acuerdo con Lowerre-Barbieri *et al.* (2011), la duración de la temporada de desove es fundamental en el éxito reproductivo y puede verse afectada por cuestiones de la pesca, a nivel de poblaciones la estacionalidad del desove varía en cuanto a duración, grado de sincronización entre periodos individuales de desove y la temporada en que ocurre (otoño-invierno o primavera-verano). Se ha registrado que es más común una temporada de desove amplia o extendida en las épocas cálidas (Pavlov *et al.*, 2009). Para otros sciénidos en México, como la corvina golfina (*C. othoapterus*), se ha registrado que presenta mayor actividad reproductiva en los meses de abril y mayo, durante la migración que hacen al alto Golfo de California (Ríos-Medina, 2012). Mientras que Valdez-Muñoz (2010) y Landeros (2016) registraron que la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) realiza su reproducción en la desembocadura del río Colorado que inicia a finales de febrero y se extiende hasta junio, observando que el mayor pico reproductivo se da de abril a junio. Para otras especies del género *Cynoscion* en el Golfo de Montijo, Panamá, la temporada reproductiva también suele variar entre especies. Robles-Pineda (2007) registra que la corvina blanca (*C. albus*) presenta organismos maduros a partir de octubre hasta mayo, al final de la temporada de lluvias y a mediados de secas, mientras que la corvina cherala (*C. phoxocephalus*) cuenta con dos temporadas marcadas, la de mayor intensidad se presenta en enero y la menor en junio, y para la corvina aguada (*C. squamipinnis*) se observaron organismos maduros durante todo el año, principalmente en la temporada de lluvias y secas. Se ha registrado que para algunos sciénidos existen

According to the frequency analysis of the gonadal development stages, the striped weakfish showed a broad period of reproductive activity. In this species, a high proportion of mature females and males was observed between April and June. This coincides with high GSI values, which also shows that the reproduction in this area takes place from May to August. In the Central Pacific in Guatemala, this species was found to have a broad reproductive period with two distinct peaks, one of lower intensity from March to April and the most representative from July to August (Ortiz *et al.*, 2021). According to Lowerre-Barbieri *et al.* (2011), the duration of the spawning season is fundamental for reproductive success and can be affected by fishing issues. Regarding the population, the spawning seasonality varies in duration and in the degree of synchronization between individual spawning periods and the season in which they occur (fall-winter or spring-summer). It has been reported that an extended or expanded spawning period is more common in warm seasons (Pavlov *et al.*, 2009). As for other sciaenids in México such as the gulf weakfish (*C. othoapterus*), it has been reported to show a higher reproductive activity in April and May, during its migration towards the upper Gulf of California (Ríos-Medina, 2012). Valdez-Muñoz (2010) and Landeros (2016) report that the totoaba (*Totoaba macdonaldi*) reproduces at the mouth of the Colorado River from the end of February until June, observing that the highest reproductive peak occurs from April to June. For other species of the genus *Cynoscion* in the Gulf of Montijo, Panama, the reproductive season usually varies between species. Robles-Pineda (2007), reports that the queen weakfish (*C. albus*) shows mature organisms from October to May, at the end of the rainy season and in the middle of the dry season, while the cachema weakfish (*C. phoxocephalus*) has two distinct seasons, the most intense being in January and the weaker in June. For the scalyfin weakfish (*C. squamipinnis*), mature organisms were observed throughout the year, mainly in the rainy and dry seasons. It has been reported that, for some sciaenids, there are migrations with reproductive purposes up to the river mouths and estuarine lagoons, coinciding with the rainy seasons (Cárdenas, 2012; Cotero-Altamirano *et al.*, 2018).

The influence of abiotic factors has been extensively studied in fish, with the aim to learn their reproductive biology and be able to control different biological aspects for achieving their reproduction. Temperature and salinity are among the main controlled factors. However, there

migraciones con fines reproductivos hacia desembocaduras de ríos y lagunas estuarinas, coincidiendo estas con épocas de lluvias (Cárdenas, 2012; Coteró-Altamirano *et al.*, 2018).

La influencia de los factores abióticos ha sido investigada extensamente en peces para conocer su biología reproductiva y poder controlar diferentes aspectos biológicos para lograr la reproducción. Entre los principales factores que se controlan están la temperatura y la salinidad. Sin embargo, existen otras variables ambientales, como el fotoperíodo, que pueden tener influencia sobre el desarrollo de los peces (Aragón-Flores *et al.*, 2014). En el presente estudio se observó que la corvina rayada presentó una correlación positiva con la temperatura superficial del mar y el fotoperíodo. Palacios *et al.* (2015) registran que el aumento y descenso continuo de la temperatura, bajo la cantidad de horas luz apropiada, tienen un efecto en el diámetro y grado de madurez de los ovocitos de *C. phoxocephalus* en cautiverio. Se ha demostrado ampliamente que los cambios anuales en el fotoperíodo son los responsables del inicio de la maduración gonádica, activando el eje reproductivo endocrino de los peces con la consecuente utilización de recursos energéticos por parte de los tejidos reproductivos. En cambio, la temperatura es un factor de sincronización que indica si las condiciones son apropiadas para la reproducción e induce la maduración final de los gametos y el desove (Estrada-Godínez *et al.*, 2014).

En cuanto a la talla de madurez sexual, se registró para esta misma especie en el Pacífico de Guatemala una talla de madurez ligeramente mayor (Ortiz *et al.*, 2021). Esta diferencia puede ser atribuida a la forma en que se tomaron las medidas, ya que estos autores registran longitud total, mientras que en este estudio se registra en longitud estándar. En la corvina golfina *C. othonopterus* se han registrado variaciones en la talla de madurez en el mismo sitio en diferentes años (2008:  $L_{50} = 50,2$  cm; 2013 = 55,9 cm; 2014 = 49,9 cm y 2015 = 48 cm) (Mendivil-Mendoza *et al.*, 2018). De acuerdo con estos autores, las diferencias en la talla de madurez pueden ser atribuidas al método que se emplea para estimarla, a los sesgos que se presentan por la pesca (muestreo) y la presión pesquera que pueda soportar la población en el periodo determinado.

## CONCLUSIONES

Este trabajo es el primero realizado para *Cynoscion reticulatus* en el suroriente del Golfo de California para conocer su biología reproductiva. La corvina rayada presenta un periodo reproductivo amplio que va desde mediados de

are other environmental variables such as the photoperiod which can influence the development of fish (Aragón-Flores *et al.*, 2014). In this study, it was observed that the striped corvina showed a positive correlation with the sea surface temperature and the photoperiod. Palacios *et al.* (2015) report that the continuous increase and decrease in temperature, with the appropriate number of light hours, have an effect on the diameter and maturity degree of the oocytes of the captive *C. phoxocephalus*. It has been widely demonstrated that annual changes in the photoperiod are responsible for the onset of gonadal maturation, activating the endocrine reproductive axis of fish with the consequent use of energy resources by the reproductive tissues. Instead, the temperature is a synchronizing factor that indicates whether the conditions are suitable for reproduction and induces the final maturation of the gametes and the spawning (Estrada-Godínez *et al.*, 2014).

Regarding the sexual maturity size, a slightly higher size was reported for this same species in the Guatemalan Pacific (Ortiz *et al.*, 2021). This difference can be attributed to the way in which the measurements were taken, as these authors report total length, while this study reports standard length. In the gulf wakfish *C. othonopterus*, variations in maturity size have been reported in the same location for different years (2008:  $L_{50} = 50.2$  cm, 2013 = 55.9 cm, 2014 = 49.9 cm and 2015 = 48 cm) (Mendivil-Mendoza *et al.*, 2018). According to these authors, the differences in size at maturity can be attributed to the estimation method used, to bias in fishing (sampling), and to the fishing pressure that the population can withstand during a given period.

## CONCLUSIONS

This is the first work aimed at understanding the reproductive biology of *Cynoscion reticulatus* in the southeastern Gulf of California. The striped corvina shows a wide reproductive period ranging from mid-May to August. This species was found to be a partial spawner because it shows an asynchronous gonadal development. Furthermore, the reproductive event was found to be directly related to the sea surface temperature and the photoperiod. Finally, the mean size at sexual maturity is 24.5 cm SL for females and 23.6 cm for males. This information can be useful as a basis for approaching fishery management.



mayo a agosto. Esta especie mostró ser desovadora parcial, ya que presenta un desarrollo gonádico asincrónico. Además, se estableció que el evento reproductivo presenta una relación directa con la temperatura superficial del mar y el fotoperíodo. Finalmente, la talla media de madurez sexual es de 24,5 cm de Ls para hembras y de 23,6 cm para los machos. Esta información puede servir como base para el planteamiento de su manejo pesquero.

## BIBLIOGRAFÍA / LITERATURE CITED

- Acosta-Valenzuela, Y.A. 2008. Aspectos de la biología reproductiva de la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Sonora. 100 p.
- Aragón-Flores, E.A., L. Martínez-Cárdenas, y E.F. Valdez-Hernández. 2014. Efecto del fotoperíodo en peces de consumo cultivados en distintos tipos de sistemas experimentales. *Rev. Bio Cienc.*, 3(1): 17-27. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.03.01.03>
- Buhaya-Lora, D.A. y H.R. Ramírez-Partida. 2015. Análisis de impacto de políticas públicas para el desarrollo local en comunidades costeras y rurales: El caso de la pesca en San Blas, Nayarit. *RIDE Rev. Iberoam. Invest. Des. Ed.*, 3(6): 24-43.
- Cárdenas, S. 2012. Biología y acuicultura de corvinas en el mundo. *AquaTIC*, 37: 1-14.
- Chao, L.N. 1995. Sciaenidae. 1427–1518. En: Fischer, W., F., Krupp, W., Schneider, C., Sommer, K.E. Carpenter, y V. Niem, (Eds.). Guía FAO para identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-oriental III. FAO, Roma. 264 p.
- Cotero-Altamirano, C.E., C. Enciso-Enciso, L. Hernández-Escalante, L. Zobeyda-Brasil, H. Valles-Ríos, y B. Venegas. 2018. Reproducción de la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* en el Golfo de California. *Cienc. Pesq.*, 26(2): 37-46.
- Conapesca. 2013. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2013. Sec. Agric., Gan., Des. Rur., Pesca Alim., Com. Nal. Acuac. Pesca, México. 295 p.
- Eschmeyer, W.N., 2013. Catalog of Fishes: Genera, Species, References. <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (accessed 07.03.23).
- Estrada-Godínez, J.A., M. Maldonado-García, V. Gracia-López, M. Carrillo, R. Rebollar-Prudente, y M. Spanopoulos-Zarco. 2014. Efecto del fotoperíodo y la temperatura sobre la composición bioquímica en reproductores silvestres de cabrilla sardinera, *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 42(1): 85-96. <http://dx.doi.org/103856/vol42-issue1-fulltext-6>
- Jaramillo-Londoño, A. M. 2010. Estudio de la biología trófica de cinco especies de peces bentónicos de la costa de Cullera. Relaciones con la acumulación de metales pesados. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. 478 p.
- Kahru, M. S.G. Marinone, S.E. Lluch-Cota, A. Parés-Sierra, and G.B. Mitchell. 2004. Ocean-color variability in the Gulf of California: Scales from days to ENSO. *Deep-Sea Res.*, 51:139-146.
- Landeros, A. 2016. La totoaba: Gigante del alto Golfo de California. Grupo Comersia, México, D.F. 28 p.
- Le Cren, E.D. 1951. The length-weight relationships and seasonal cycle in gonad weight and condition in perch *Perca fluviatilis*. *J. Anim. Ecol.*, 20: 201-219.
- Longart, R.Y., V. Acosta, B. Parra B., y M. Lista. 2011. Aspectos biométricos de *Hemirhamphus brasiliensis* (Peces:Hemirhamphidae), Isla de Cubagua, Venezuela. *Zootec. Trop.*, 29(4): 385-398.
- Lowerre-Barbieri, S.K., K. Ganas, F. Saborido-Rey, H. Murua, and J.R. Hunter. 2011. Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods. *Mar. Coast. Fish. Dyn., Manag., Ec. Sci.*, 3(1): 71-91.
- NOAA. 2022. Climate prediction center, cold & warm episodes by season. [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php) [27/09/2022].
- Nikolski, G.V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press, New York. 234 p.
- Ortiz, M.S.J.R., A.J.P. Barahona, F.E.P. Vásquez, y T.L.P.G. Arroyave. 2021. Aspectos reproductivos de *Cynoscion reticulatus* y *Micropogonias altipinnis* de los desembarques de la pesca artesanal en Sipacate, Pacífico de Guatemala. *Inf. Final. Cent. Est. Mar Acuac.*, Guatemala. 93 p.
- Palacios, E., Y. Rosales, y G. Rabinovich. 2015. Efecto del fotoperíodo y temperatura sobre la maduración y reproducción de *Cynoscion phoxocephalus* (Ccorvina-Ccherela) en la zona norte del Perú. *Manglar*, 12(2): 3-10.
- Parenti, P. 2020. An annotated checklist of fishes of the family Sciaenidae. *J. Animal Divers.*, 2(1): 1-92.

- Pavlov, D.A., N.G. Emel'yanova, and G.G. Novikov. 2009. Reproductive dynamics. 48–90. In: Jakobsen, T., M.J. Fogarty, B.A. Megrey, and E. Moksness, (Eds). Fish reproductive biology. Wiley-Blackwell, Chichester, UK.
- Punt, A.E., P.A. Garratt, and A. Govender. 1993. On an approach for applying per-recruit methods to a protogynous hermaphrodite, with an illustration for the slinger *Chrysoblephus puniceus* (Pisces: Sparidae). S. Afr. J. Mar. sci., 13:1, 109-119. <https://doi.org/10.2989/025776193784287293>
- Ramírez-Zavala, J. y J. Bojórquez-Sauceda. 2006. Carta Estatal Pesquera Nayarit 2005. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1430.4726>
- Ríos-Medina, K. 2012. Diversidad genética de la corvina golfina *Cynoscion othonopterus* en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. 103 p.
- Robertson, D.R y G.R. Allen. 2008. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: Sistema de Información en Línea. Versión 1.0. Inst. Smiths. Invest. Trop., Balboa, Panamá. [www.neotropicalfishes.org/sfstep](http://www.neotropicalfishes.org/sfstep)
- Robles-Pineda, Y.A. 2007. Análisis biológico-pesquero de pargos (Lutjanidae) y corvinas (Scianidae), en el Golfo de Montijo, Veraguas, Panamá. Tesis de Maestría, Universidad de Panamá, Panamá. 95 p.
- Rodríguez-Gutiérrez, M. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT Editor, México. 79 p.
- Román-Rodríguez, M.J. 2000. Estudio poblacional del chano norteño, *Micropogonias megalops* y la curvina Golfina *Cynoscion othonopterus* (Gilbert) (Pisces: Sciaenidae), especies endémicas del Alto Golfo de California, México. Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora. Informe final SNIB-CONABIO, México D.F. 143 p.
- Sabater-Pascual, C. 2012. Eficacia de la inducción hormonal con distintas dosis de GnRH $\alpha$  en corvina *Argyrosomus regius*. Efecto sobre la producción y la calidad de las puestas. Tesis Master Oficial en Cultivos Marinos. Universidad de Las Palmas de Gran Canarias, España. 98 p.
- Tello-Martín, J. S., V.H. Montreuil-Frias, J.T. Maco-García, R.A. Ismiño-Orbe, y H. Sánchez-Ribeiro. 1992. Bioecología de peces de importancia económica de la parte inferior de los ríos Ucayali y Marañón-Perú. Fol. Amaz., 4(2): 87-107. <https://doi.org/10.24841/fa.v4i2.196>
- Torrescano-Castro, C.G., R.E. Lara-Mendoza, L.A. Torres-Covarrubias, y M. Cortés-Hernández. 2016. Composición de la ictiofauna capturada en la pesquería artesanal de la Isla Isabel (sureste del Golfo de California), México. Lat. Am. J. Aquat. Res., 44(4): 792-799. <http://dx.doi.org/10.3856/vol44-issue4-fulltext-14>
- Valdez-Muñoz, C. 2010. Distribución y abundancia de juveniles de Totoaba *Totoaba macdonaldi* (Gilbert, 1981) en relación con las variables ambientales en el Alto Golfo de California y del delta del Río Colorado. Tesis Doctoral, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S., 75 p.
- Vazzoler, A. 1996. Biología da reprodução da peixes teleosteos: teoria e prática. Maringá. EDUEM. Brasil. 169 pp.
- Vergara-Chen, C., W.E. Aguirre, M. González-Wangüemert, and E. Bermingham. 2019. A mitochondrial DNA based phylogeny of weakfish species of the *Cynoscion* group (Pisces: Sciaenidae). Mol. Phyl. Evol., 53: 602-607. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.06.013>
- Zar, J.H. 2010. Biostatistical analysis. 5th edition. Prentice Hall. New Jersey. 944p.
- Zavala-Leal, O.I., M. Mena-Alcántar, F. Valdez-González, C.A. González-Huerta, J. Cepeda-Morales, J.M. Pacheco-Vega y B. Cuevas-Rodríguez. 2022. Biología reproductiva del ostión de roca *Striostrea prismatica* en el sureste del Golfo de California. Ecosist. Recur. Agropec. 9(2): e3153.

RECIBIDO / RECEIVED: 01/11/2021

ACEPTADO / ACCEPTED: 11/04/2023