

## Talla media de madurez sexual de hembras de *Cynoscion reticulatus* a lo largo de la costa del Pacífico mexicano

Joel Fernando Sánchez-Valdez<sup>1</sup>, Juan Antonio Maldonado-Coyac<sup>1</sup>, María de los Ángeles Maldonado-Amparo<sup>1</sup>, Jorge Saul Ramirez-Perez<sup>1</sup>, Concepción Enciso-Enciso<sup>2</sup>, Marcelino Ruiz-Domínguez<sup>1\*</sup>

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

#### Historial del artículo:

Recibido 07 de octubre de 2022

Aceptado 25 de agosto de 2023

Publicado 09 de febrero de 2024

#### READ IN ENGLISH:

<https://doi.org/10.7773/cm.y2024.3385>

#### AUTOR DE CORRESPONDENCIA

\* E-mail: marcelinoruizdom@uas.edu.mx

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, 82000 Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>2</sup> Centro Regional de Investigación Pesquera, Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables, 22760 Ensenada, Baja California, México.

**RESUMEN.** Los tambores y roncadores (Sciaenidae) son parte importante de la composición específica de las capturas costeras en el Golfo de California, México. Dentro de este grupo de especies, la curvina rayada (*Cynoscion reticulatus*) destaca por su alto potencial pesquero, gran demanda y debido a que ha incrementado su valor de mercado. La curvina rayada ha estado bajo constante presión pesquera durante los últimos 20 años. Sin embargo, se necesita contar con información biológica actual o puntos de referencia que permitan establecer medidas de manejo pesquero. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue estimar la longitud estándar media de madurez sexual ( $LE_{50}$ ) utilizando varios modelos para sugerir una talla mínima de captura (TMC) de *C. reticulatus* en la costa sur de Sinaloa. Para esto, se realizaron muestreos mensuales en las descargas de la flota costera desde diciembre de 2020 hasta diciembre de 2021 en la costa sur de Sinaloa. La  $LE_{50}$  se evaluó con base en 3 modelos candidatos (Gompertz, Lysack y White) a través de un enfoque binomial. Los intervalos de confianza para la  $LE_{50}$  se estimaron utilizando perfiles y contornos de verosimilitud, y se utilizó el criterio de información de Akaike (CIA) para seleccionar el mejor modelo. Se examinaron un total de 284 individuos, de los cuales 131 se utilizaron en el análisis. El modelo de White fue el más adecuado; sin embargo, con base en los pesos de CIA, los 3 modelos mostraron un rendimiento similar, por lo que la  $LE_{50}$  (24.48 cm; IC 95% 12.9-36.0 cm) se estimó como el promedio de estos. Por último, como medida de manejo, proponemos una TMC bajo un enfoque precautorio de 36 cm LE para *C. reticulatus* en la costa sur de Sinaloa.

**Palabras clave:** talla media de madurez sexual, talla mínima de captura, pesca ribereña, tambores y roncadores, manejo pesquero.

## INTRODUCCIÓN

Muchos asentamientos humanos en el Golfo de California dependen de la pesca costera, artesanal o de pequeña escala, especialmente la de peces óseos, elasmobranquios, moluscos y crustáceos (Lluch-Cota et al. 2007). Las especies pertenecientes a la familia Sciaenidae, conocidas como “corvinas” en español y “drums” o “croakers” en inglés (Chao et al. 1995, Froese y Pauly 2021), se están convirtiendo en una de las familias más importantes a nivel socioeconómico y desde el punto de vista ecológico, especialmente aquellos en la región que comprende el océano Pacífico oriental tropical (Robertson y Allen 2015).

En la costa de Sinaloa, 7 géneros de corvinas (*Bardiella*, *Cheilotrema*, *Cynoscion*, *Menticirrus*, *Micropogonias*, *Umbrina* y *Roncador*) incluyen 20 peces objetivo, los cuales son objetivo de varias flotas pesqueras: barcos arrastreros de camarón (captura incidental), redes de enmalle, líneas de mano y palangres (pesquería dirigida) (DOF 2010). La pesquería de arrastre camaronero afecta alrededor de 33 especies de corvinas en la costa del Pacífico de México (López-Martínez et al. 2010, Palacios-Salgado 2011). De ellos, *Cynoscion reticulatus*, *Cynoscion xanthulus*, *Cynoscion phoxocephalus*, *Cynoscion parvipinnis*, *Larimus argenteus*, *Umbrina roncadore* y *Micropogonias ectenes* se destacan como recursos comunes e importantes en las pesquerías

Acceso abierto

En línea ISSN: 2395-9053

Verificado con Similarity Check impulsado por iThenticate

<https://doi.org/10.7773/cm.y2024.3385>



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite compartir y adaptar el trabajo, siempre y cuando se dé el crédito apropiado a los autores originales y la fuente, proporcione un enlace a la licencia Creative Commons e indique si se realizaron cambios. Las figuras, tablas y otros elementos del artículo están incluidos en la licencia CC BY 4.0 del artículo, a menos que se indique lo contrario. Debe solicitar permiso al titular de los derechos de autor para utilizar material no cubierto por esta licencia. El título de la revista está protegido por derechos de autor propiedad de la Universidad Autónoma de Baja California, y el título y el logotipo de la revista no están sujetos a esta licencia.

locales. Estas 7 especies solían tener un valor de mercado bajo; sin embargo, debido a un aumento en la demanda de alimentos a nivel local y nacional (Alfaro y Quintero 2014) y una disminución en la captura de especies con mayor valor comercial, ahora representan uno de los principales objetivos de la pesca costera en Sinaloa. En particular, *C. reticulatus* se ha capturado incidentalmente en la pesquería de la sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra*); esta especie tiene el potencial de convertirse en un importante recurso pesquero nacional debido a su amplia distribución (desde el sur de Baja California y el Golfo de California, México, hasta Colombia; Robertson y Allen 2015) y precio.

A pesar del potencial económico y la atención que *C. reticulatus* está recibiendo actualmente, este recurso enfrenta el mismo problema que la mayoría de los recursos costeros: una grave falta de información biológica y pesquera para una gestión informada y una explotación sostenible. La información científica para evaluar la explotación, parámetros biológicos de la población como la madurez y el crecimiento de los peces, son esenciales para desarrollar estrategias o planes de manejo que contribuyan al uso sostenible de los recursos (Méndez-Espinoza et al. 2020). Uno de los parámetros biológicos más críticos para evaluar y gestionar las pesquerías es la talla media de madurez sexual ( $L_{50}$ ); esta se define como la talla a la que el 50% de los individuos de una población presentan madurez (Trippel y Harvey 1991, Trippel 1995, Fontoura et al. 2009, Jacob-Cervantes y Aguirre-Villaseñor 2014). Este parámetro biológico se utiliza para estimar la fracción madura de una población de peces (Cubillos y Alarcón 2010) y puede ayudar a establecer las tallas mínimas de captura (TMC) (Corgos y Freire 2006, Jacob-Cervantes y Aguirre-Villaseñor 2014).

Dado que la corvina rayada es un recurso pesquero vital en el sur de Sinaloa, y que existe una falta de información biológica para su manejo pesquero, estimamos la talla media de madurez sexual para proporcionar información a la autoridad de manejo (CONAPESCA) y se establezca una TMC para este recurso capturado frente a las costas del sur de Sinaloa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestreo

Al azar, se obtuvieron aproximadamente 30 individuos por mes de los desembarques de la pesquería costera comercial en el puerto de Mazatlán de diciembre de 2020 a diciembre de 2021. Esta pesquería opera en la costa sur de Sinaloa, México, desde Barras de Piactla (22°45' N–106°02' W) hasta Chametla (23°36' N–106°54' W) (Fig. 1). Se utilizaron 2 artes de pesca: (1) redes de enmalle de fondo de aproximadamente 300 m de largo con un tamaño de malla de 3.0 a 3.5", (2) palangres de fondo de 900 m de largo por 70 m de profundidad, con anzuelos circulares 12/0 (Mustad 39960-D).

Los individuos recolectados fueron transportados a la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de

Sinaloa. Se registró la longitud total (LT) y longitud estándar (LE) de los individuos frescos, se asignó el sexo mediante evaluación visual de las gónadas y se determinó la madurez considerando los 5 estadios gonadales; la descripción se basó en la escala morfo cromática para desovadores parciales (adaptada de Holden y Raitt [1975]) (Tabla 1).

Del número total de organismos recolectados durante el muestreo, solo se utilizaron individuos con las siguientes 3 condiciones para estimar la talla medio en la madurez sexual: (1) se identificaron como hembras, (2) se pudo determinar el estado de madurez sexual y (3) se registró la longitud estándar.

### Talla media de madurez sexual

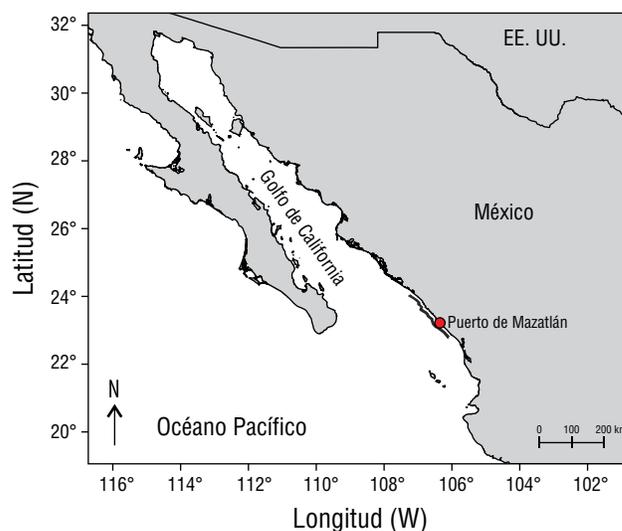
Se seleccionaron 3 modelos *a priori* que describen curvas sigmoidales para estimar la longitud estándar media de madurez sexual ( $LE_{50}$ ). Los modelos sigmoidales evaluados fueron:

$$\text{Gompertz (1825)} P_i = \exp^{-\exp^{-\beta_1(L E_i - L E_{50})}} \quad (1)$$

$$\text{Lysack (1980)} P_i = \frac{1}{1 + \exp^{-\beta_1(L E_i - L E_{50})}} \quad (2)$$

$$\text{White et al. (2002)} P_i = \frac{1}{1 + \exp\left[-\ln(19) \frac{(L E_i - L E_{50})}{(L E_{95} - L E_{50})}\right]} \quad (3)$$

$LE_i$  es la longitud estándar de la clase de tamaño  $i$ ,  $LE_{50}$  es la longitud estándar en la que el 50% de las hembras son maduras;  $\beta_1$  es una tasa de cambio y  $LE_{95}$  es la longitud a la que el 95% de las hembras son maduras.



**Figura 1.** Mapa del noroeste de México. El área sombreada cerca del puerto de Mazatlán muestra el área de operación de la flota pesquera de tambores y roncodores frente a las costas del sur de Sinaloa.

**Tabla 1.** Escala macroscópica de madurez gonadal para hembras con desove parcial (adaptada de Holden y Raitt 1975).

Estadio	Estado	Descripción
I	Inmaduro	Ovarios de aproximadamente 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal, rosados y translúcidos. Ovocitos no visibles a simple vista.
II	En maduración o en recuperación	Ovarios de aproximadamente 1/2 longitud de la cavidad abdominal, rosados y translúcidos. No visible a simple vista.
III	Maduro	Ovarios de aproximadamente 2/3 de la longitud de la cavidad abdominal, de color amarillo rosado con apariencia granular. Ausencia de ovocitos transparentes o translúcidos.
IV	Predesove	Ovarios de aproximadamente 2/3 de la longitud de la cavidad abdominal, de color amarillo rosado con vasos sanguíneos superficiales. Ovocitos maduros transparentes y visibles.
V	Desovado	Ovarios de aproximadamente 1/2 longitud de la cavidad abdominal, flácidos. Se pueden observar restos de ovocitos opacos, oscuros o translúcidos.

Estos modelos se ajustaron a los datos de la LE de la etapa de desarrollo gonadal de las hembras para cada clase, más un valor de ajuste lógico (hembra inmadura a 0 cm LE [al eclosionar]), y, finalmente, se evaluaron mediante un enfoque multimodelo. Se utilizó la LE porque a veces la aleta caudal de individuos obtenidos de pesquerías comerciales se daña y la LT no se registra adecuadamente.

Tomando en cuenta la proporción observada de hembras sexualmente maduras/inmaduras para cada clase de  $LE_i$ , se supuso una distribución binomial para ajustar los modelos (Haddon 2011). El estado de madurez o inmadurez se asignó según las descripciones de Holden y Raitt (1975) de la siguiente manera: las hembras en las etapas III, IV y V se registraron como “sexualmente maduras”, y las hembras en las etapas I y II se registraron como “sexualmente inmaduras”. Adicionalmente, los individuos fueron categorizados en función de si ya habían experimentado al menos un evento reproductivo; las hembras en etapa post desove se registraron en la categoría “madura”, ya que tuvieron actividad reproductiva previa.

Los parámetros ( $\theta$ ) se estimaron minimizando el logaritmo de verosimilitud negativa ( $-\ln LL$ ), suponiendo una distribución binomial, con el algoritmo de búsqueda directa de Newton (Neter et al. 1996).

### Intervalos de confianza

Los intervalos de confianza (IC) de los parámetros  $\theta_i$  de los modelos candidatos se calcularon con perfiles de verosimilitud: este método utiliza una distribución  $\chi^2$  con grados de libertad (g.l.) de  $n = 1$  (Hilborn y Mangel 1997), donde todos los valores  $\leq 3.84$  se aceptan dentro del IC del parámetro individual (Morales-Bojórquez y Nevárez-Martínez 2005). El estimador  $\chi^2$  se calculó de la siguiente manera (Haddon 2001):

$$2[\ln LL_{(\theta_{est})} - \ln LL_{(\theta_i)}] < \chi_{df, 1-\alpha}^2 \quad (4)$$

donde  $LL(\theta_{est})$  es la probabilidad logarítmica negativa del valor de  $\theta_i$  más probable,  $LL(\theta_i)$  es la probabilidad logarítmica negativa basada en la hipótesis del valor de  $\theta_i$  (perfil o contorno), y  $\chi_{1-\alpha}^2$  es el valor de la distribución  $\chi^2$  con un nivel de confianza  $1-\alpha = 0.05$  y g.l. = 1 (perfiles) o 2 (contornos) (Haddon 2001).

### Selección del mejor modelo

Después del cálculo del IC, utilizamos varios modelos para estimar el tamaño medio de madurez sexual. Se calculó el criterio de información de Akaike (CIA) para cada uno de los modelos evaluados.

$$CIA = (-2\ln LL) + (2k) \quad (5)$$

donde  $-\ln LL$  es el valor de verosimilitud de cada modelo ajustado y  $k$  es el número de parámetros del modelo.

Posteriormente, se calcularon las diferencias de Akaike de la siguiente manera:  $(\Delta_{CIA}) \Delta_{CIA} = CIA_i - CIA_{min}$ . Según Burnham y Anderson (2002), los modelos con  $\Delta_i > 10$  no tienen soporte estadístico, los modelos con  $4 < \Delta_i < 7$  tienen soporte intermedio, y los modelos con  $\Delta_i < 2$  tienen soporte sustancial.

Finalmente, se calculó la tendencia de los datos de cada modelo candidato con  $\Delta_i < 2$  y se obtuvo un modelo promedio. Primero evaluamos la verosimilitud de cada modelo calculando el peso CIA ( $w_i$ ) con la ecuación propuesta por Burnham y Anderson (2002):

$$w_i = \frac{e^{-0.5\Delta_i}}{\sum_{i=1}^3 e^{-0.5\Delta_i}} \quad (6)$$

donde  $\Delta_i$  son las diferencias de Akaike ( $\Delta_{CIA}$ ) y  $w_i$  es el peso de la evidencia a favor del modelo  $i$  (Akaike 1983, Buckland et al. 1997, Burnham y Anderson 2002). Posteriormente, se calculó

la  $LE_{50}$  promedio ( $\overline{LE_{50}}$ ), que fue el único parámetro incluido en todos los modelos candidatos. La ( $\overline{LE_{50}}$ ) se estimó promediando la variable de respuesta prevista ( $LE_i$ ) de cada modelo con el  $w_i$  como factor de ponderación (Burnham y Anderson 2002). Finalmente, se calcularon intervalos de confianza del 95% con base en el error estándar de la ( $\overline{LE_{50}}$ ) (Katsanevakis y Maravelias 2008).

Finalmente, realizamos una revisión detallada de la literatura (Tabla 2) para comprender la variabilidad en la talla media de madurez sexual en el género *Cynoscion* en varias áreas del continente americano.

**RESULTADOS**

Se muestrearon un total de 284 individuos de *C. reticulatus* con un rango de 24.4 a 47.8 cm de LE (con una LT de 28.4 a 49.4 cm).

De los 284 organismos, 6 fueron descartados ya que no fue posible determinar su estado de madurez sexual, lo que dejó 278 organismos (147 machos y 131 hembras). Dado que solo se utilizaron hembras en el análisis, el número de individuos fue menor que el total ( $N = 131$ ). De estos, el 65% ( $n = 85$ ) se consideraron “sexualmente maduros” (estadio III [14 organismos], estadio IV [16 organismos] y estadio V [55 organismos]), y el 35% ( $n = 46$ ) se consideraron “sexualmente inmaduros” (etapa I [41 organismos] y etapa II [5 organismos]). La LE y la proporción de organismos

maduros/inmaduros se agruparon en intervalos de 5 cm (Fig. 2).

**Talla media de madurez sexual**

Los 3 modelos se ajustan a los datos ( $n = 131$ ) (Fig. 3). Los parámetros de cada modelo tienen un significado particular; estos no permiten comparaciones entre ellos, excepto la longitud estándar media de madurez sexual ( $LE_{50}$ ), la cual osciló entre 21.7 y 25.9 cm LE. Los valores estimados para cada modelo se presentan a continuación:

$$\text{Gompertz: } P_i = \exp^{-\exp^{-0.09(LE_i - 21.7)}} , \tag{7}$$

$$\text{Lysack: } P_i = \frac{1}{1 + \exp^{-0.12(LE_i - 25.9)}} , \tag{8}$$

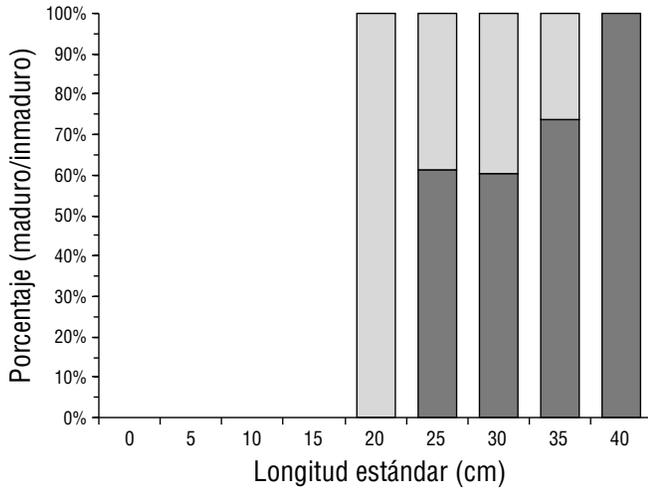
$$\text{White: } P_i = \frac{1}{1 + \exp\left[-\ln(19) \frac{(LE_i - 25.9)}{(50.1 - 25.9)}\right]} . \tag{9}$$

**Intervalos de confianza**

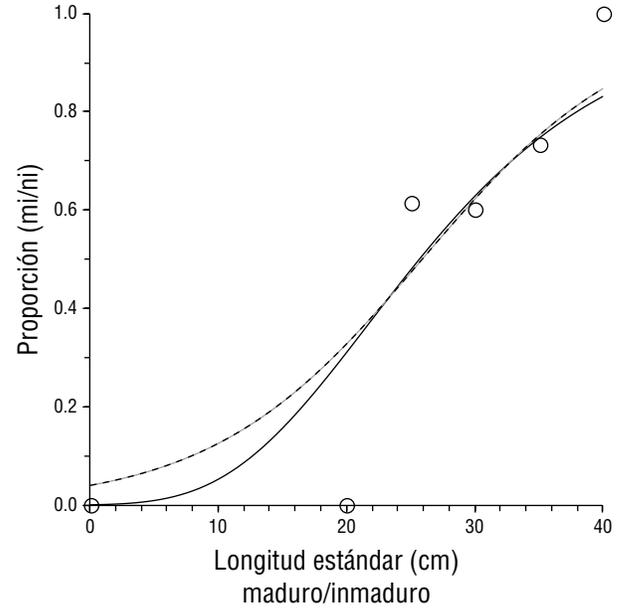
Los resultados de la estimación de los perfiles de verosimilitud para Gompertz son  $LE_{50} = [18.4, 24.6] \beta = [0.064, 0.124]$  (Fig. S1a, b), para Lysack son  $LE_{50} = [22.8, 28.8] \beta = [0.640, 0.186]$  (Fig. S1c, d) y para White son  $LE_{50} = [21.6/29.0] LE_{95} = [41.8/72.8]$  (Fig. S1e, f). Además, los gráficos del perfil de verosimilitud (Fig. S1) nos permiten observar que el valor de

**Tabla 2.** Estimaciones de la talla de madurez de peces del género *Cynoscion* en varias zonas del continente americano.

Especie	Área	Talla máxima		Referencia
		$L_{50}$ (cm)	(LT cm)	
<i>Cynoscion squamipinnis</i>	Costa Rica	38	64	Campos et al. 1984
	Panamá	40	64	Campos 1992
		31	64	Miranda and Sánchez 2018
<i>Cynoscion phoxocephalus</i>	Costa Rica	23.5	60	Campos et al. 1984
		40	60	Campos 1992
	Panamá	30	60	Vega et al. 2008
		30	60	Miranda and Sánchez 2018
<i>Cynoscion albus</i>	Costa Rica	35	130	Campos et al. 1984
		65	130	Campos 1992
	Panamá	75	130	Campos 1992
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	Venezuela	25.1	50	Márcano et al. 2002
<i>Cynoscion othonopterus</i>	Alto Golfo de California	48	70	Mendivil-Mendoza 2018
<i>Cynoscion reticulatus</i>	Guatemala	33.08	90	Ortíz et al. 2021
<i>Cynoscion nebulosus</i>	Noroeste del Golfo de Mexico	26-30	100	Brown-Peterson et al. 2002
	Atlántico occidental, Estados Unidos	17	98	Lowerre-Barbieri et al. 1996



**Figura 2.** Proporción de *Cynoscion reticulatus* maduros/inmaduros capturados en la costa sur de Sinaloa agrupados en intervalos de longitud estándar (LE) de 5 cm. Las barras claras y oscuras representan la proporción de peces inmaduros y maduros, respectivamente.



**Figura 3.** Diagramas de dispersión de la proporción de organismos maduros/inmaduros por clase de tamaño y ajustes de los modelos Gompertz (línea continua negra), Lysack (línea continua gris) y Blanco (línea punteada negra) para la estimación de  $LE_{50}$  *Cynoscion reticulatus*.

verosimilitud obtenido del ajuste del modelo a los datos no denota la presencia de mínimos locales.

### Selección del mejor modelo

El valor de CIA más bajo se obtuvo con el modelo de White (Tabla 3). Por lo tanto, según el principio de parsimonia, se consideró que este modelo es el más adecuado para estimar la  $LE_{50}$  en *C. reticulatus*. Sin embargo, aunque tuvo el CIA más bajo, los modelos de Gompertz y Lysack también presentaron un alto soporte estadístico ( $\Delta_{CIA} < 1$ ).

Por lo tanto, los 3 modelos tienen suficiente respaldo estadístico para ser integrados en la estimación de la  $LE_{50}$  promedio ( $\overline{LE}_{50}$ ). La Tabla 3 muestra esto; los pesos de Akaike son similares entre los 3 modelos, es decir, el peso de la evidencia a favor de cada uno de ellos. Por lo tanto, el  $LE_{50}$  promedio ( $\overline{LE}_{50}$ ) se calculó y sustituyó en el modelo, dando como resultado el siguiente modelo sigmoideo propuesto:

$$P_i = \frac{1}{1 + \exp\left[-\ln(19) \frac{(LE_i - 24.5)}{(50.1 - 24.5)}\right]} \quad (10)$$

Finalmente, una vez estimado el parámetro ( $\overline{LE}_{50}$ ) = 24.5 cm), se calculó el intervalo de confianza (12.9 a 36.0 cm LE; Fig. 4).

### DISCUSIÓN

El primer paso para gestionar adecuadamente un recurso pesquero es comprender la dinámica de la población. Uno de los enfoques más populares para lograr este objetivo es el análisis biológico de parámetros poblacionales. Según Begg

(2005), estos parámetros pueden caracterizar a cada población y son consecuencia del ciclo de vida de la población. Entre los parámetros más utilizados se encuentran el crecimiento individual y la talla media de madurez sexual (Winemiller y Rose 1992, McCann y Shuter 1997, Shuter et al. 1998, Espino-Barr et al. 2008) y, según Hilborn y Walters (1992), el análisis de estos 2 parámetros (tamaño corporal y crecimiento) ha sido una preocupación importante para los científicos pesqueros, ya que ambos son componentes importantes de la producción biológica y están relacionados con problemas que no pueden ignorarse en la gestión pesquera, como el crecimiento y la sobrepesca del reclutamiento.

Aquí, estimamos el tamaño medio de madurez sexual ( $LE_{50}$ ) de la corvina rayada y establecimos una línea de base para futuros estudios. Como estrategia reproductiva, la talla de madurez varía en función del tiempo, el ambiente y la presión pesquera (Gulland 1971, Csirke, 1980, García-Alberto 2010). Esta puede reflejarse como cambios en la estructura de tallas de una población, con una disminución en el número de individuos grandes y como una modificación en las edades en las que se alcanza la madurez de las ojivas, entre otros. Por lo tanto, el seguimiento interanual de la talla de madurez es fundamental, ya que puede indicar cambios en la dinámica de una población.

Otro beneficio de estimar la  $LE_{50}$  es que proporciona información vital para desarrollar medidas de gestión pesquera. Por ejemplo, este parámetro podría incorporarse en marcos de modelación para analizar el estado del recurso, estimar la biomasa y establecer cuotas de captura y la TMC. La TMC se

define como la longitud mínima que debe alcanzar un individuo antes de poder ser capturado. Esta longitud debe calcularse con una base biológica relacionada con la talla a la que se alcanza la  $LE_{50}$  y debe incluir un periodo adicional para que los individuos puedan contribuir a un evento de desove (Hutchings y Reynolds 2004, Aragón-Noriega 2015). Esto permite el reclutamiento de juveniles hacia la población adulta o hacia un área donde la especie está establecida o podría establecerse (Fowler y Cohen 2013).

Las tallas mínimas de captura son uno de los instrumentos que se pueden utilizar para regular las estrategias de explotación en México (DOF 2018). Sin embargo, el procedimiento para establecer estas medidas puede ser ambiguo, específicamente cuando se trata de establecer el tiempo o talla después de la cual se alcanza la  $LE_{50}$  para que los individuos puedan contribuir al desove. Se consideraron 3 posibles estrategias para establecer la TMC de *C. reticulatus* capturado en el sur de Sinaloa con base en la  $LE_{50}$  estimada, de la siguiente manera:

1.- Utilizar la estimación de la  $LE_{50}$  ponderado o promedio ( $SL_{50}$ ) como la TMC; donde la TMC = 24.5 cm LE. En este caso, no se consideraría un enfoque de precaución y se correría el riesgo de mantener el recurso en un estado altamente vulnerable a la “sobrepesca al crecimiento” (sobrepesca de juveniles si hay alguna perturbación que conduzca a la reproducción en tamaños más pequeños).

2.- Utilizar el intervalo de confianza superior estimado de ( $LE_{50}$ ) como la TMC para asegurar que los organismos hayan contribuido al menos una vez al desove (TMC = 36.0 cm LE). Esto considera un enfoque de precaución al aumentar el potencial de desove.

3.- Estimar un tercer parámetro ( $LE_i$ ) para la ecuación mediante el cálculo inverso de la ecuación promedio del modelo, de la siguiente manera:

$$LE_i = (50.1 - 24.5) \times \frac{-\ln \frac{1}{P_i - 1}}{\ln(19)} + 24.5 \quad . \quad (11)$$

Este nuevo parámetro podría ser  $LE_{60}(P_{0.6})$ ,  $LE_{70}(P_{0.7})$  o  $LE_{75}(P_{0.75}) \dots LE_{100}(P_1)$ , en función de las medidas nivel

deseado. Por ejemplo, en este estudio, en  $LE_{75}$  el TMC sería 34.7 cm LE.

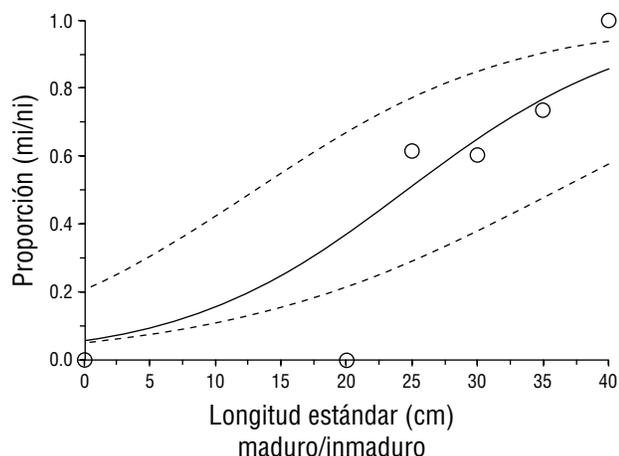
Consideramos que la estrategia 2 (en este orden) es la más adecuada para manejar la pesquería de corvina rayada de la costa sur de Sinaloa, ya que basar el tamaño mínimo de captura directamente en la estimación de  $LE_{50}$  (estrategia 1) se buscaría la mitad de los reclutados a la población reproductora, por lo tanto, las estrategias 2 y 3 tienen la capacidad de incorporar un enfoque de precaución. La más utilizada es la estrategia 2, en la que la TMC se basa en el intervalo de confianza superior de la  $LE_{50}$ , que aumenta ligeramente el tamaño para permitir la incorporación de un mayor porcentaje de organismos a la población parental, pero sin aumentar demasiado la talla de captura para que siga siendo rentable para los pescadores; por lo tanto, aumenta la probabilidad de cumplimiento de esta regulación.

Un ejemplo importante de establecer y actualizar los tamaños mínimos de captura basados en el intervalo de confianza superior de la  $L_{50}$  es el caso de la sardina crinuda del Pacífico, para la cual se estableció una TMC de 160 mm LE en 1983 en el Diario Oficial de la Federación (DOF 1983) y, posteriormente, se actualizó en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-PESC-1993 (DOF 1993). Este tamaño se actualizó a una TMC de 140 mm LE (NOM-003-SAG/PESC-2018; DOF 2019) con la reevaluación de la  $L_{50}$  por Jacob-Cervantes y Aguirre-Villaseñor (2014), donde la  $L_{50}$  estimada fue 135 mm (130-139 mm) y, aunque aún no se han publicado informes oficiales sobre los resultados de la implementación de esta política, está claro que el equilibrio bioecológico de las especies cambia con el tiempo y debemos ajustar las medidas de gestión pesquera periódicamente para evitar representar erróneamente el comportamiento de recursos y sobreexplotar las poblaciones.

Por otro lado, es pertinente mencionar que, en el caso de la corvina rayada, se sugiere la medida de manejo anterior basándose únicamente en la estimación de la  $LE_{50}$  debido a la falta de otra información disponible que pudiera mejorar la política de manejo actual, a pesar de que la TMC es una de las medidas de manejo básicas y más comunes utilizadas para evitar la sobrepesca al crecimiento y reclutamiento. El objetivo principal de la estrategia de la TMC es permitir que los

**Tabla 3.** Valores de Akaike, diferencias de Akaike de cada modelo con respecto al modelo con el valor CIA más bajo (White) y  $w_i$  para los modelos de talla de madurez aplicados para obtener estimaciones de  $LE_{50}$  para hembras de *Cynoscion reticulatus* capturadas en la costa sur de Sinaloa.

Modelo	# Parámetros	CIA	Diferencias de CIA ( $\Delta_i$ )	$W_i$
Gompertz	2	21.336	0.040900884	0.32880439
Lysack	2	21.295	3.36549E-11	0.33559781
White	2	21.295	0	0.33559781



**Figura 4.** Diagrama de dispersión de la proporción de organismos maduros/inmaduros por intervalo de tamaño y curva descrita por el modelo de White, incluyendo  $LE_{50}$  (línea continua), e intervalos de confianza superior e inferior de las estimaciones.

peces desoven al menos una vez utilizando la talla de madurez como referencia (Myers y Mertz 1998) y así capturar peces en un tamaño óptimo para el crecimiento de la población (Froese et al. 2008). Sería mejor basar la regulación de manejo en otros elementos, como la talla y edad de primera madurez, la curva de incremento de peso, la edad y talla críticas en la evolución de la biomasa por cohorte, el análisis de la curva de rendimiento por recluta en diferentes tamaños de captura, e incluso estimaciones de fecundidad (Vazzoler 1979, Sparre y Venema 1992). En este escenario ideal, los tomadores de decisiones podrían establecer mejores medidas de regulación y aumentar la efectividad de las medidas de gestión (por ejemplo, la TMC + veda). A la fecha, este nivel de información no está disponible, por lo que el siguiente paso sería recopilar detalles de la selectividad de los artes de pesca utilizados para capturar corvina rayada y evaluar los cambios para cumplir con la TMC propuesta.

Cabe señalar que los individuos utilizados en el análisis para estimar la  $LE_{50}$  para *C. reticulatus* dependían de la pesquería. Este es un enfoque común en la evaluación de los recursos costeros, ya que un muestreo de las capturas tiene un bajo costo, fácil acceso y puede conducir a una amplia cobertura temporal (Grazia-Pennino et al. 2016). Sin embargo, la pesquería está orientada a capturar individuos de mayor tamaño; por lo tanto, puede haber un sesgo en contra de los tamaños más pequeños y los individuos jóvenes podrían estar subrepresentados. Este sesgo podría resultar en estimaciones imprecisas de la  $LE_{50}$ .

Según Birch (1999) y Trippel y Harvey (1991), los datos de la talla de madurez deberían cubrir un amplio rango de tallas para obtener una estimación sólida. Nuestros datos incluyeron tamaños medianos y grandes; sin embargo, no se capturaron individuos más pequeños. Por lo tanto, se llevó a cabo una profunda revisión bibliográfica para buscar informes sobre el estadio de madurez basado en el tamaño

de individuos jóvenes de esta especie. Como no se pudo encontrar esta información, optamos por agregar un valor de ajuste lógico, como, por ejemplo, en la talla 0 cm LE (eclosión), ninguna hembra era sexualmente madura. Este valor se agregó con la intención de forzar que la curva alcanzara la madurez 0 en la longitud de eclosión, para ser más realista y acorde al comportamiento biológico. Sin embargo, para evitar que el valor agregado cambie significativamente la tendencia de la curva, el modelo de White (mejor modelo) se ajustó a ambos conjuntos (original y el original más nuestro punto de eclosión inicial 0). Finalmente, se analizaron los residuos obtenidos y no se identificaron diferencias entre ellos ( $W = 39.5$ ,  $P = 0.9634$ ); por tanto, la suma de este valor no cambia sustancialmente la tendencia de los datos, pero sí mejora el comportamiento de la curva y la explicación biológica.

Lamentablemente, por falta de estudios regionales, no se pudieron hacer comparaciones entre las estimaciones de  $LE_{50}$  y las obtenidas por otros autores para la zona o el país. El único estudio para esta especie en la zona es el de Musso-Solari (2011), quien identificó una temporada reproductiva de abril a octubre, con picos en mayo y octubre. El rango de tallas que encontramos en el presente estudio fue de 28.4 a 49.4 cm LT para los machos y de 29.9 a 49.2 cm LT para las hembras, en comparación con 24 a 71.5 cm LT para ambos sexos en Musso-Solari (2011). Por lo tanto, encontró un rango de tallas notablemente más amplio en la misma área de estudio (costa sur de Sinaloa), pero no examinó el estado de madurez. Por lo tanto, futuros estudios deberían centrarse en establecer un seguimiento periódico del estado reproductivo y la dinámica poblacional que pueda apoyar la gestión de recursos (cuotas de captura o TMC).

Finalmente, en relación a la revisión de la literatura sobre la talla media de madurez sexual en el género *Cynoscion* en varias zonas del continente americano, concluimos que es altamente variable y no encontramos un patrón latitudinal ni una relación entre la talla máxima y la  $LE_{50}$  para cada especie. Esto resalta la importancia de estimar periódicamente los parámetros poblacionales de los recursos explotados.

En conclusión, ya que la importancia comercial de la corvina rayada está en el proceso de incrementar, todavía hay tiempo para establecer medidas tempranas de gestión pesquera que aseguren su explotación sostenible. Por lo tanto, en este trabajo proponemos una estrategia de regulación pesquera relativamente simple que fue estimada a partir de información fácilmente obtenida de los desembarques de la pesquería; esto está enfocado en evitar la sobrepesca al crecimiento, promover el crecimiento poblacional y, finalmente, recolectar sistemáticamente información para que pueda ser reestimada periódicamente para tener un enfoque de manejo pesquero adaptativo. El siguiente paso es obtener más información sobre el recurso, como la proporción de sexos, la época de desove, la fecundidad, el crecimiento relativo, el crecimiento individual, las tasas de mortalidad, entre otros; eventualmente, esto permitiría realizar una evaluación completa de la población para desarrollar estrategias de gestión activa (cuotas de captura).

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los proyectos PROFAPI2022 “PRO\_A7\_012” y PROFAPI2022 “PRO\_A7\_064 otorgados por la Universidad Autónoma de Sinaloa.

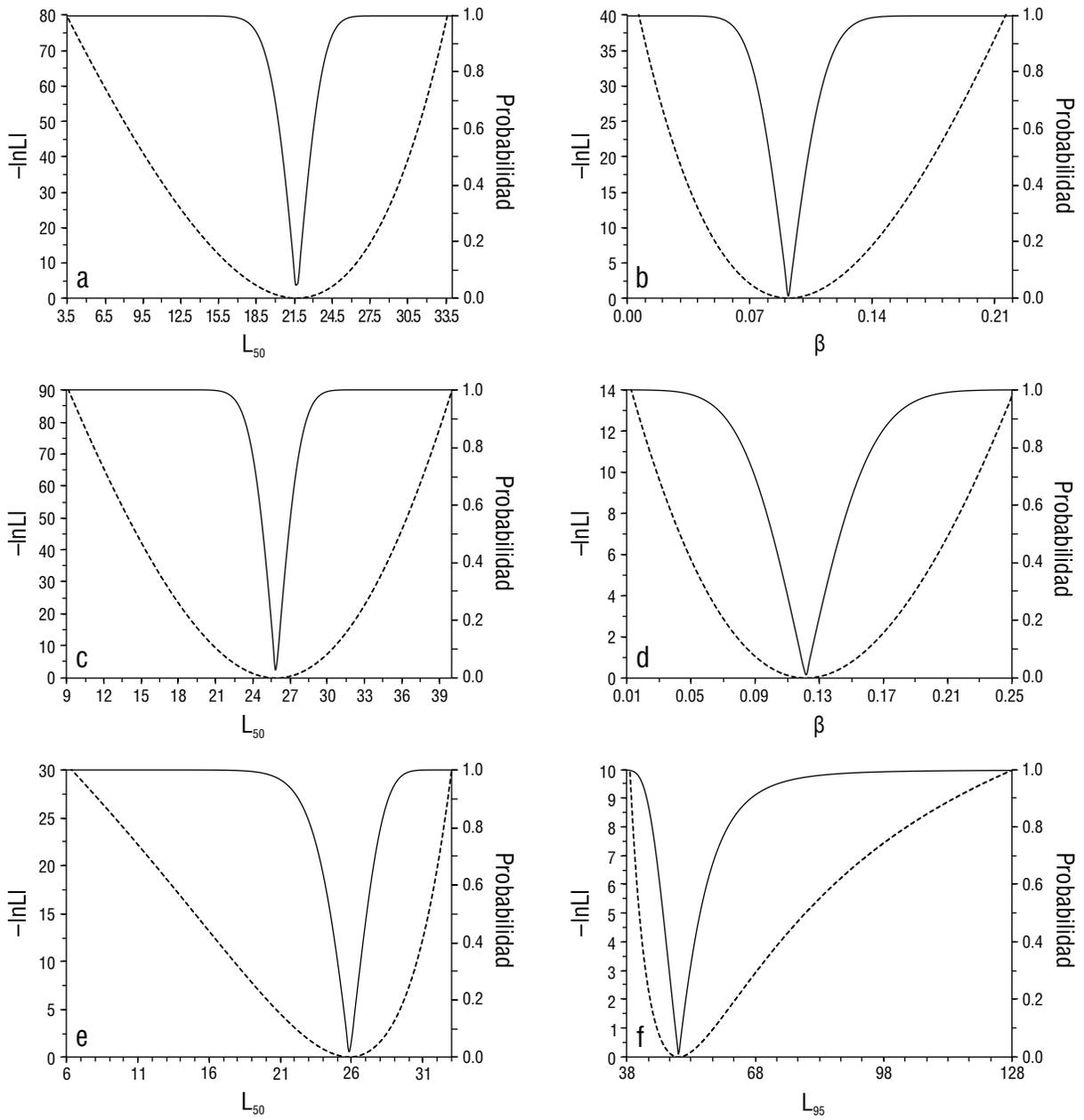
Traducido al español por Claudia Michel-Villalobos.

## REFERENCIAS

- Akaike H. 1983. Information measures and model selection. *Int Stat Inst.* 44:277-291.
- Alfaro SB, Quintero ML. 2014. Sector pesquero-acuícola en México y Chile: estudio de caso comparativo para reflexionar respecto de su internalización. *Agro Sur.* 42(3):31-46. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n3-04>
- Aragón-Noriega EA. 2015. Talla de madurez de almeja de sifón *Panopea globosa* en la parte central del Golfo de California. *Acta Univ.* 25:03-10.
- Begg GA. 2005. Life history parameters. In: Cadrin SX, Friedland KD, Waldman JR (eds.), *Stock Identification Methods, Applications in Fishery Science.* San Diego (CA): Academic Press. p. 119-150.
- Birch CPD. 1999. A new generalized logistic sigmoid growth equation compared with the Richards growth equation. *Ann Bot.* 83(6):713-723.
- Brown-Peterson NJ, Peterson MS, Nieland DL, Murphy MD, Taylor RG, Warren JR. 2002. Reproductive biology of female spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*, in the Gulf of Mexico: differences among estuaries?. *Environ Biol Fishes.* 63(4):405-415. <https://doi.org/10.1023/A:1014925421111>
- Buckland ST, Burnham KP, Augustin NH. 1997. Model selection, an integral part of inference. *Biometrics.* 53:603-618. <https://doi.org/10.2307/2533961>
- Burnham KP, Anderson DR. 2002. Model selection and multi-model inference, a practical information-theoretic approach, 2nd ed. 2. New York: Springer. 488 p.
- Campos JA. 1992. Estimates of length at first sexual maturity in *Cynoscion* spp. (Pisces: Sciaenidae) from the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev Biol Trop.* 40(2):239-241.
- Campos JA, Burgos B, Gamboa C. 1984. Effect of shrimp trawling on the commercial ichthyofauna of the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev Biol Trop.* 32(2):203-207.
- Chao LN. 1995. Sciaenidae. Corvinas, barbiches, bombaches, corvinatas, corvinetas, corvinillas, lambes, pescadillas, roncachos, verrugatos. In: Fischer W, Krupp F, Schneider W, Sommer C, Carpenter KE, Niem V (eds.), *Guía FAO para identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental.* III. Rome (Italy): FAO. p. 1427-1518.
- Corgos A, Freire J. 2006. Morphometric and gonad maturity in the spider crab *Maja brachydactyla*: a comparison of methods for estimating size at maturity in species with determinate growth. *ICES J Mar Sci: Journal du Conseil.* 63(5):851-859. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.03.003>
- Csirke J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO. Documento Técnico de Pesca. Roma (Italy). 82 p.
- Cubillos L, Alarcón C. 2010. Estimation of size at first maturity for *Trachurus murphyi* using relative oxygen consumption = Estimación de la talla media de madurez sexual en *Trachurus murphyi* mediante parámetros del consumo relativo de oxígeno. *Lat Am J Aquat Res.* 38(2):178-187. <https://doi.org/10.3856/vol38-issue2-fulltext-2>
- [DOF] Diario oficial de la federación. 1983 Dic 16. Acuerdo mediante el cual se establece la talla mínima de captura para las especies de sardina monterrey (*Sardinops sagax caerulea*), y la sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) en la zona económica exclusiva de México. Mexico City: Secretaría de Gobernación.
- [DOF] Diario oficial de la federación. 1993 Dic 31. Norma Oficial Mexicana NOM-003-PESC-1993, para regular el aprovechamiento de sardina monterrey, piña, crinuda, bocona, japonesa y de las especies de anchoveta y macarela con embarcaciones de cerco, en aguas de jurisdicción federal del Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California. Mexico City: Secretaría de Gobernación.
- [DOF] Diario oficial de la federación. 2010 Dic 2. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Mexico City: Secretaría de Gobernación.
- [DOF] Diario Oficial de la Federación. 2018 Jun 11. Acuerdo por el que se establecen las temporadas y zonas de veda para la pesca de diversas especies de aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos en el Golfo de México y Mar Caribe. Mexico City: Secretaría de Gobernación.
- [DOF] Diario oficial de la federación. 2019 Mar 12. Norma Oficial Mexicana NOM-003-SAG/PESC-2018, para regular el aprovechamiento de las especies de peces pelágicos menores con embarcaciones de cerco, en aguas de jurisdicción federal del Océano pacífico, incluyendo el Golfo de California. Mexico City: Secretaría de Gobernación.
- Espino-Barr E, González-Vega A, Santana Hernández H, González Vega K. 2008. Manual de Biología Pesquera [Fisheries biology Manual]. Instituto Nacional de la Pesca. Universidad Autónoma de Nayarit. 131 p.
- Fontoura NF, Braun AS, Milani PCC. 2009. Estimating size at first maturity (L50) from gonadosomatic index (GSI) data. *Neotrop.* 7(2):217-222. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252009000200013>
- Fowler J, Cohen L. 2013. Marine animal populations: A new look through the lens of reproductive physiology. *Front Mar Sci.* 1:1-20. <https://doi.org/10.3389/fmars.2013.00012>
- Froese R, Pauly D. 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication. Stockholm (Sweden): FishBase; accessed 2021 October 13. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).
- Froese R, Stern-Pirlot A, Winker H, Gascuel D. 2008. Size matters: How single-species management can contribute to ecosystem-based fisheries management. *Fish Res.* 92(2-3):231-241. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.01.005>
- García-Alberto G. 2010. Reproducción de la sardina del pacífico *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) en la región sur de la Corriente de California [MSc thesis]. [Mexico]: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 77 p.
- Grazia-Pennino MG, Conesa D, López-Quílez A, Muñoz F, Fernández A, Bellido JM. 2016. Fishery-dependent and-independent data lead to consistent estimations of essential habitats. *ICES J Mar Sci.* 73(9):2302-2310.
- Gompertz B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new model of determining life contingencies. *Philos Trans R Soc.* 115:513-585. <https://doi.org/10.1098/rstl.1825.0026>
- Gulland JA. 1971. *The Fish Resources of the Oceans.* Surrey (England): Fishing News (Books) Ltd. 255 p.
- Haddon M. 2001. Modeling and quantitative methods in fisheries. Boca Raton (FL): Chapman and Hall. 406 p.
- Haddon M. 2011. Modeling and quantitative methods in fisheries. Boca Raton (FL): Chapman and Hall/CRC. 450 p.
- Hilborn R, Mangel M. 1997. *The Ecological Detective, Confronting Models with Data.* Princeton (NJ): Princeton University Press. 315 p.
- Hilborn R, Walters CJ. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics, and uncertainty. New York: Chapman and Hall. 575 p.

- Holden MJ, Raitt DFS. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Documento Técnico de Pesca. Rome (Italy): FAO. 211 p.
- Hutchings JA, Reynolds JD. 2004. Marine fish population collapses: consequences for recovery and extinction risk. *BioScience*. 54(4):297-309  
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0297:MFPCCF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0297:MFPCCF]2.0.CO;2)
- Jacob-Cervantes ML, Aguirre-Villaseñor H. 2014. Inferencia multimodelo y selección de modelos aplicados a la determinación de  $L_{50}$  para la sardina crinuda *Opisthonema libertate* del sur del Golfo de California. *Cienc Pesq*. 22(1):61-68.
- Katsanevakis S, Maravelias CD. 2008. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to *a priori* using von Bertalanffy equation. *Fish Fish*. 9(2):178-187.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00279.x>
- Lluch-Cota SE, Aragón-Noriega EA, Arreguín-Sánchez F, Auriol-Gamboa D, Bautista-Romero JJ, Brusca RC, Cervantes-Duarte R, Cortés-Altamirano R, Del-Monte-Luna P, Esquivel-Herrera A, et al. 2007. The Gulf of California: review of ecosystem status and sustainability challenges. *Prog Oceanogr*. 73(1):1-26.  
<https://doi.org/10.1016/j.pocean.2007.01.013>
- López-Martínez J, Herrera-Valdivia E, Rodríguez-Romero J, Hernández-Vázquez S. 2010. Peces de la fauna de acompañamiento en la pesca industrial de camarón en el Golfo de California, México. *Rev Biol Trop*. 58(3):925-942.
- Lowerre-Barbieri SK, Chittenden JrME, Barbieri LR. 1996. The multiple spawning pattern of weakfish in the Chesapeake Bay and Middle Atlantic Bight. *J Fish Biol*. 48(6):1139-1163.
- Lysack W. 1980. Lake Winnipeg fish stock assessment program. MS Report No. 80-30. Canada: Manitoba Department of Natural Resources. 118 p.
- Márcano L, Alió J, Altuve D. 2002. Biometría y talla de primera madurez de la tonquicha, *Cynoscion jamaicensis*, de la costa norte de la península de Paria, estado Sucre, Venezuela. *Zootec Trop*. 20(1):83-109.
- McCann K, Shuter B. 1997. Bioenergetics of life history strategies and the comparative allometry of reproduction. *Can J Fish Aquat Sci*. 54:1289-1298.  
<https://doi.org/10.1139/f97-026>
- Méndez-Espinoza D, Ojeda-Ruiz MA, Marín-Monroy EA, Jiménez-Esquivel V, Cota-Nieto JJ. 2020. Participatory research to understand spatiotemporal dynamics of small-scale fleets: The *C. bellicosus* fishery in Magdalena Bay, Baja California Sur, Mexico. *Ocean Coast Manag*. 198:105-369.  
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105369>
- Mendivil-Mendoza JE, Aragón-Noriega EA, Arreola-Lizárraga JA, Rodríguez-Domínguez G, Castillo-Vargasmachuca SG, Ortega-Lizárraga GG. 2018. Indicadores de sustentabilidad para la pesquería de curvina golfina *Cynoscion othonopterus* en el Alto Golfo de California. *Rev Biol Mar Oceanogr*. 53(1):119-130.
- Miranda H, Sánchez E. 2018. Análisis de talla, contenido estomacal y gonadal en las principales especies de interés comercial capturado en La Bahía de Parita, Panamá. *Rev Cient Guacamaya*. 3(1):45-60.
- Morales-Bojorquez E, Nevarez-Martínez MO. 2005. Spawner-recruit patterns and investigation of Allee effect in Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California, Mexico. *CalCOFI Rep*. 46:161-174.
- Musso-Solari MB. 2011. Ciclo reproductivo de la curvina graniza *Cynoscion reticulatus* (Günther, 1864), y la berrugata *Micropogonias ectenes* (Jordan and Gilbert, 1882) (Pisces: Sciaenidae) del litoral de Sinaloa. Mazatlán (Sinaloa, Mexico): Universidad Nacional Autónoma de México. 87 p.
- Myers RA, Mertz G. 1998. The limits of exploitation: a precautionary approach. *Ecol. Appl*. 8(S1):165-169.  
[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)8\[s165:tloep\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)8[s165:tloep]2.0.co;2)
- Neter JM, Kutner H, Nachtsheim CJ, Wasserman W. 1996. Applied Linear Statistical Models. Chicago: Irwin. 318 p.
- Ortiz JR, Pacay-Barahona AJ, Polanco-Vásquez FE, García-Arroyave LP. 2021. Aspectos reproductivos de *Cynoscion reticulatus* y *Micropogonias altipinnis* de los desembarques de la pesca artesanal en Sipacate, Pacífico de Guatemala. Informe. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. 84 p.
- Palacios-Salgado DS. 2011. Patrones latitudinales de composición y diversidad funcional de peces asociados a la pesca de camarón del pacífico mexicano [dissertation]. [La Paz, Mexico]. Instituto Politécnico Nacional. 168 p.
- Robertson DR, Allen GR. 2015. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical, sistema de Información en línea. Versión 2.0. Balboa (Panama): Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Accessed 2021 October 13. [<https://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/thefishes/species/1526>].
- Shuter BJ, Jones ML, Korver RM, Lester NP. 1998. A general, life history-based model for regional management of fish stocks: the inland lake trout (*Salvelinus namaycush*) fisheries of Ontario. *Can J Fish Aquat Sci*. 55(9):2161-2177.
- Sparre P, Venema SC. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part I – Manual. FAO Fisheries Technical Paper No. 306. 1, Rev. 1. Rome (Italy): FAO. 376 p.
- Trippel EA. 1995. Age at maturity as a stress indicator in fisheries. *Bioscience*. 45(11):759-771.  
<https://doi.org/10.2307/1312628>
- 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*). *Can J Fish Aquat Sci*. 48(8):1446-1459.  
<https://doi.org/10.1139/f91-172>
- Vazzoler AEA. 1979. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes. Reprodução e crescimento. Brasília (Brazil): CNPq. 106 p.
- Vega AJ, Robles YA, Boniche S, Rodríguez M. 2008. Aspectos biológicos-pesqueros del género *Cynoscion* (Pisces: Sciaenidae) en el Golfo de Montijo, Pacífico panameño. *Tecnociencia*. 10(2):9-26.
- White W, Hall N, Potter I. 2002. Size and age compositions and reproductive biology of the nervous shark *Carcharhinus cautus* in a large subtropical embayment, including an analysis of growth during pre- and postnatal life. *Mar Biol*. 141(6):1153-1164.  
<https://doi.org/10.1007/s00227002-0914-6>
- Winemiller KO, Rose KA. 1992. Patterns of life-history diversification in North American fishes: implications for population regulation. *Can J. Fish Aquat Sci*. 49:2196-2218.  
<https://doi.org/10.1139/f92-242>

MATERIAL SUPLEMENTARIO



**Figura S1.** Perfiles de probabilidad que muestran el intervalo de confianza del 95% para los modelos de talla estándar media de madurez (**a**, **b** = Gompertz; **c**, **d** = Lysack; **e**, **f** = White).