

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v73i1.59497>

Variaciones demográficas del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) a lo largo del Pacífico de Costa Rica sugieren la existencia de dos unidades poblacionales

Beatriz Fariás-Tafolla^{1,2*};  <https://orcid.org/0000-0003-4754-0998>

Alfonsina E. Romo-Curiel³;  <https://orcid.org/0000-0001-7162-1806>

Mario Espinoza^{1,4};  <https://orcid.org/0000-0002-8355-2411>

Ingo S. Wehrtmann^{1,4,5};  <https://orcid.org/0000-0002-6826-7938>

1. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
2. Posgrado en Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; beatrizfata@gmail.com (*Correspondencia).
3. Department of Marine Science, Marine Science Institute, University of Texas at Austin, United States of America; alfonsina.romo@austin.utexas.edu
4. Unidad de Investigación Pesquera y Acuicultura (UNIP), Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; mario.espinoza_m@ucr.ac.cr; ingo.wehrtmann@ucr.ac.cr
5. Centro de Investigación en Biodiversidad y Ecología Tropical (CIBET), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Recibido 09-IV-2024. Corregido 05-XI-2024. Aceptado 30-I-2025.

ABSTRACT

Demographic variations of the spotted snapper *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) along the Pacific coast of Costa Rica suggest the existence of two population units

Introduction: The spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* is one of the commercially most important fish species in tropical and subtropical areas of the Eastern Tropical Pacific. In Costa Rica, *L. guttatus* is one of the main target species of the artisanal fishery; traditionally, its management has considered a single population that extends along the entire coastal zone. However, there is no evidence that there is only one population unit, which could affect the effective management of this valuable resource.

Objective: Determine the population structure of *L. guttatus* caught on the Pacific coast of Costa Rica through demographic parameters.

Methods: A total of 428 specimens, collected in different zones along the Pacific coast of Costa Rica were analyzed, including 190 males and 238 females. The size structure, total length-weight relationship, maturity stages, mean size at sexual maturity, age and growth were estimated, differentiating between the northern, central, and southern Pacific of Costa Rica.

Results: Demographic variations were observed in size structure, total length-weight relationship, the average size of sexual maturity, and growth rates among the organisms caught in the three sampling regions.

Conclusion: The demographic variations of *L. guttatus* in the different capture areas suggest the probable existence of two separate population units; the first corresponds to the northern Pacific, and the second includes the central and southern Pacific areas. The above has important implications for the management of the resource.

Key words: Lutjanidae; demographic parameters; fish stock; Eastern Tropical Pacific, Central America.



RESUMEN

Introducción: El pargo mancha *Lutjanus guttatus* es una de las especies de peces comerciales más importante en zonas costeras tropicales y subtropicales del Pacífico Tropical Oriental. En Costa Rica, *L. guttatus* es una de las principales especies objetivo de la pesquería artesanal, y tradicionalmente su manejo ha considerado una sola población que se extiende a lo largo de toda la zona costera. Sin embargo, aun se carece de evidencia que sustente la presencia de una sola unidad poblacional, lo cual podría afectar el manejo efectivo de este recurso tan importante.

Objetivo: Determinar la estructura poblacional de *L. guttatus* capturados a lo largo de la costa del Pacífico de Costa Rica a partir de la estimación de parámetros demográficos.

Métodos: Se analizaron 428 especímenes capturados en diferentes zonas de la costa del Pacífico de Costa Rica, 190 fueron machos y 238 hembras. Se estimó la estructura de tallas, la relación longitud total-peso, estadios de madurez, talla media de madurez sexual, edad y crecimiento, diferenciando entre el Pacífico norte, central y sur de Costa Rica.

Resultados: Se observaron diferencias en la estructura por tallas, relación longitud total-peso, la talla media de madurez sexual y las tasas de crecimiento entre los organismos capturados en las tres regiones de muestreo.

Conclusión: Las variaciones demográficas de *L. guttatus* en las diferentes zonas de captura sugieren la probable existencia de dos unidades poblacionales: la primera corresponde al Pacífico norte y la segunda incluye las zonas del Pacífico central y sur. Lo anterior conlleva implicaciones importantes para el manejo del recurso.

Palabras clave: Lutjanidae; parámetros demográficos; stock pesquero; Pacífico Tropical Oriental, Centroamérica.

INTRODUCCIÓN

La sobre explotación de los recursos marinos es uno de los principales factores que causan la reducción en la abundancia y biomasa de diversas especies a nivel mundial (Mora et al., 2009; Ward & Myers, 2005). Por ejemplo, entre el 2018 y 2022, la producción pesquera global disminuyó de 84.5 a 78.8 millones de toneladas producto de la sobre explotación de recursos marinos (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2022). La extracción selectiva de organismos por pesca, principalmente de especies depredadoras que ocupan posiciones tróficas altas, contribuye en la alteración de la estructura de las poblaciones, dando como resultado la presencia de unidades de manejo diferenciadas y, a su vez, presenta un efecto sobre la estructura de la comunidad y el manejo del ecosistema (Campbell & Pardede, 2006; Lokrantz et al., 2010; Ruttenberg, 2001).

La extracción de especies demersales y pelágicas costeras por la pesquería artesanal es una de las actividades económicas con mayor importancia social a nivel mundial (FAO, 2004; Salazar-Araya, 2013). Esta pesquería se caracteriza por ser multiespecífica; sin embargo, solo

algunas especies tienen un valor económico alto en el mercado y la gran mayoría se encuentran en niveles máximos de explotación o sobre explotados (FAO, 2018; Vargas, 1998).

Los peces de la familia Lutjanidae, comúnmente llamados “pargos”, son un recurso pesquero muy importante en aguas tropicales y subtropicales a nivel mundial (Acero & Garzón, 1985). Los pargos son capturados tanto por la flota artesanal como por la industrial, son comercializados para el consumo humano debido a la calidad de su carne y a que algunas especies llegan a alcanzar hasta 1 m de longitud total (Acero & Garzón, 1985; Fischer et al., 1995). El pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) se distribuye a lo largo del océano Pacífico, desde el norte de México hasta Perú, siendo una de las especies más abundantes en las zonas tropicales (Allen & Robertson, 1994; Bussing & López-Sánchez, 2011; Froese & Pauly, 2022).

Actualmente, *L. guttatus* se encuentra entre las principales especies que sostienen la pesquería artesanal en Costa Rica. De acuerdo con el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA), la flota artesanal reporta una captura anual promedio de 178.5 toneladas

(INCOPECA, 2022). Al igual que otras especies de peces con importancia comercial, la población del pargo mancha está siendo altamente explotada (FAO, 2011). En Costa Rica, entre 2006 y 2016 se observó una reducción del 15 % en la captura anual de *L. guttatus*, pasando de 210 a 178.5 toneladas anuales (INCOPECA, 2022), lo cual es un indicativo de sobre explotación (Soto-Rojas et al., 2018).

Considerando la importancia económica de *L. guttatus* en Costa Rica, y la necesidad de generar información sobre la biología de la especie para establecer medidas de manejo pesquero efectivas, se han realizado diversos estudios sobre sus hábitos alimentarios (Rojas, 1996a), el tipo de crecimiento (Soto-Rojas et al., 2009), así como de algunos parámetros poblacionales y reproductivos (Rojas, 1996b; Soto-Rojas et al., 2018; Vargas, 1998). Dichos estudios se han realizado, principalmente, en el Pacífico norte y Golfo de Nicoya; sin embargo, en la mayoría de estos se sugiere la presencia de una sola población o stock pesquero a lo largo de toda la costa del Pacífico de Costa Rica. Un stock pesquero se define como la parte de una población de peces que se considera un recurso pesquero real o potencial (Ricker, 1975). En otras especies de pargos se ha demostrado la presencia de varios stocks de una misma especie o unidades de manejo diferenciadas, debido a la irrupción de su conectividad a causa de la alta presión pesquera; sin embargo, en Costa Rica no existe suficiente evidencia científica para suponer esto (Fischer et al., 2004; Patterson et al., 2001).

El conocimiento de las características poblacionales de una especie con importancia económica son factores fundamentales para el manejo y gestión adecuado de las pesquerías (Cadima, 2003; Sparre & Venema, 1995). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue estimar la estructura de tallas, la relación longitud total-peso, estadios de madurez, talla media de madurez sexual, la edad y parámetros de crecimiento de *L. guttatus* capturado a lo largo de la costa del Pacífico de Costa Rica, con el fin de determinar la estructura poblacional de la especie. Los resultados obtenidos contribuirán

al conocimiento sobre la biología de la especie y serán parámetros importantes a tomar en cuenta para contribuir a desarrollar planes de manejo adecuados dirigidos a la regulación pesquera de *L. guttatus* en Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre enero del 2018 y diciembre del 2019 se recolectaron especímenes de *L. guttatus* provenientes de los desembarques de la flota artesanal de diez comunidades pesqueras ubicadas a lo largo de la costa del Pacífico de Costa Rica (Fig. 1).

Área de estudio: Las comunidades pesqueras consideradas en el presente estudio se encuentran agrupadas según la región socioeconómica en Pacífico norte (PN), Pacífico central (PC) y Pacífico sur (PS) (Fig. 1). La distancia entre el PN y el PC es de 248.4 km, mientras que la distancia entre el PC y el PS corresponde a 156 km aproximadamente.

El PN es una zona con características geológicas particulares, ya que está formada por el sistema rocoso más antiguo del país, mismo que deriva en un lecho marino con alta complejidad estructural favoreciendo la formación de arrecifes rocosos y comunidades corallinas (Denyer & Kussmaul, 2012; Quirós-Arias, 2017). Durante la estación seca (diciembre-abril), esta zona es influenciada por eventos de afloramiento o surgencias costeras en donde el aumento en la intensidad de los vientos alisios desplaza las masas de agua superficial, y se produce un intercambio de aguas frías (15 °C) cargadas en nutrientes que emergen del fondo marino hacia la superficie (Jiménez, 2016). Estos eventos de surgencia contribuyen al incremento en la productividad primaria, y explican la gran biodiversidad y potencial pesquero que existe en el PN de Costa Rica (Alfaro & Lizano, 2001; Brenes et al., 2008; Fiedler, 2002; Quirós-Arias, 2017).

El PC es una zona estuarina influenciada por el río Tempisque, Barranca y el río Tárcoles que desembocan en el Golfo de Nicoya (Wehrtmann & Cortés, 2008). El aporte de

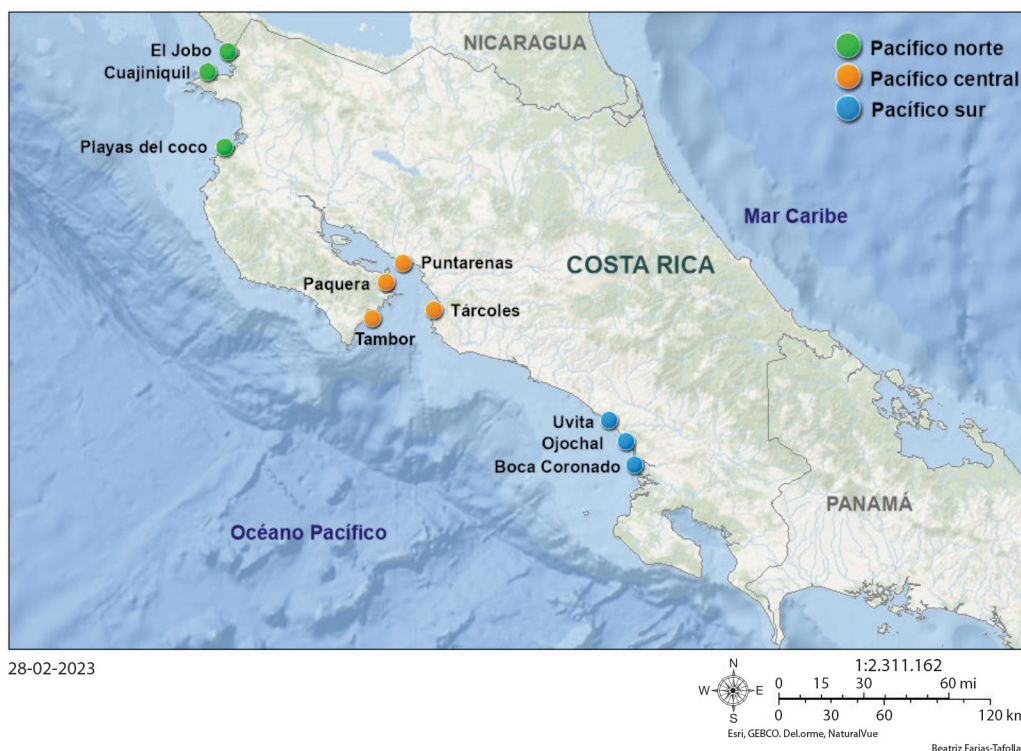


Fig. 1. Comunidades pesqueras de la costa del Pacífico de Costa Rica, en donde se analizaron los desembarques de enero del 2018 a diciembre del 2019 para la obtención de especímenes del pargo mancha *Lutjanus guttatus*. / **Fig. 1.** Fishing communities on the Pacific coast of Costa Rica where landings were analyzed from January 2018 to December 2019 to obtain specimens of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*.

agua dulce de estos ríos converge con las aguas de origen marino (Brenes et al., 2001). Durante la estación seca (diciembre-abril) existe mayor influencia de agua marina, mientras que durante la estación lluviosa (mayo-noviembre) incrementa la influencia de agua dulce (Wolff et al., 1998). Esta variación del sistema estuarino influye en la riqueza biológica del ecosistema y favorece el desove de especies marinas de alto valor comercial (Fernández-Carvajal, 2013).

El PS se caracteriza por tener dos ecosistemas altamente productivos y que funcionan como áreas de crianza de una gran cantidad de especies marinas comerciales. Por un lado, se encuentran los arrecifes coralinos, ubicados en la comunidad de Uvita donde se ubica el Parque Nacional Marino Ballena (Quesada-Alpízar & Cortés, 2006). Por otro lado, en Boca Coronado

está la desembocadura del río Grande de Térraba el cual forma parte del manglar Térraba-Sierpe que es el más grande de Costa Rica, mismo que aporta una gran cantidad de agua dulce y sedimentos (Cordero & Solano, 2000).

Descripción de las artes de pesca: La flota artesanal utiliza diversas artes de pesca. En el PN se utiliza el trasmallo con luz de malla de 4.5 in, la cuerda de mano con anzuelos #7, línea de fondo con anzuelos #6 o #7, buceo apnea y con compresor; además de la combinación de dos o más artes de pesca en una misma faena (Fariás-Tafolla et al., 2022; Villalobos-Rojas et al., 2014). Por otro lado, en el PC y PS, las artes de pesca predominantes son el trasmallo con luz de malla de 4.5 in y la línea de fondo con anzuelo #6 o #7.

Análisis de datos: De cada uno de los individuos se registró el peso total (PT, en gramos), la longitud total (LT, en cm) medida desde el borde anterior de la boca hasta el extremo final de la aleta caudal y el sexo. Se estimó la proporción de sexos (macho-hembra) en cada zona de captura. Se aplicó una X^2 con corrección de Yates, para determinar si la proporción de sexos se desviaba significativamente de la relación 1:1 (Zar, 1999).

Se estimaron las relaciones biométricas mediante la ecuación potencial de las relaciones corporales (Sparre & Venema, 1995):

$$PT = a * LT^b$$

en donde PT es el peso total (g), LT es la longitud total (cm), a es la intersección del eje de las ordenadas y b es la pendiente de la curva. El tipo de crecimiento de *L. guttatus* se obtuvo a partir del valor de la constante de crecimiento alométrico; si $b = 3$ es isométrico, si $b < 3$ es alométrico negativo, en cambio, si $b > 3$ es alométrico positivo (Mayrat, 1970). El valor b fue probado utilizando una prueba de t de Student (Ho: $b = 3$, $\alpha = 5\%$) (Sokal & Rohlf, 1987).

El periodo de reproducción se determinó a partir del análisis macroscópico de las gónadas.

El estado de madurez se identificó clasificando el desarrollo gonadal en cinco estadios (FAO, 1975; Tabla 1). El periodo de desove de *L. guttatus* se determinó considerando ambos sexos, a partir de la estimación del valor porcentual de cada estadio de madurez sexual por mes. Los valores porcentuales de organismos maduros (estadios III, IV y V) mayores de 70 % se consideraron como puntos máximos de reproducción.

La talla media de madurez sexual (TMMS) de *L. guttatus* se determinó considerando ambos sexos en conjunto porque no hubo diferencias estadísticamente significativas entre sexos (ver Resultados). Se empleó un análisis de regresión logística ajustada a una distribución binomial, en donde 0 = inmaduro (estadios I y II) y 1 = maduro (estadios III, IV y V). El modelo se obtuvo a partir de la ecuación propuesta por Garcia et al. (1998):

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(LT-L_{50})/\alpha}}$$

en donde P es la probabilidad de madurez, LT es la longitud total (cm), L_{50} es la longitud a la que el 50 % de los individuos muestreados han alcanzado la madurez sexual y α es la pendiente de la curva. La TMMS es la talla

Tabla 1

Clasificación de los cinco estadios de madurez sexual utilizada para el análisis macroscópico de gónadas de *Lutjanus guttatus* (ver FAO, 1975). / **Table 1.** Classification of the five stages of sexual maturity used for the macroscopic analysis of gonads of *Lutjanus guttatus* (see FAO, 1975).

Fase	Estado	Aspecto general
I	Inmaduro	Los ovarios ocupan cerca de 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos y ovocitos invisibles a simple vista. Testículos blancuzcos.
II	Virgen madurando y recuperando	Los ovarios y testículos ocupan cerca de ½ de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos, translúcidos y ovocitos invisibles a simple vista. Testículos blancuzcos, más o menos simétricos.
III	Maduro	Los ovarios y testículos cubren cerca de 2/3 de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios con coloración de rosado a amarillento con aspecto granular y ovocitos visibles. Testículos blancuzcos a crema.
IV	Hidratando	Los ovarios y testículos ocupan de 2/3 de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color anaranjado opaco a rosado, con vasos sanguíneos superficiales visibles. Al presionar, fluyen ovocitos hidratados y transparentes. Testículos de color blanquecino a crema, blandos.
V	Después de la puesta	Ovarios y testículos contraídos cerca de ½ de la longitud de la cavidad abdominal. Las paredes son delgadas y flácidas. Los ovarios pueden aún contener residuos de ovocitos opacos, maduros, en desintegración, oscurecidos o translúcidos. Testículos sanguinolentos y flácidos.

correspondiente a la intersección de la curva con probabilidad de madurez del 50 % (García et al., 1998).

La edad se determinó en un total de 90 especímenes de *L. guttatus*, correspondiendo a 30 organismos por cada zona muestreada. A cada pez se le extrajeron los otolitos *sagitta*, se limpiaron, etiquetaron y almacenaron en seco hasta su procesamiento. Una vez en el laboratorio, ambos otolitos fueron embebidos en resina epóxica y seccionados transversalmente, con una cortadora de baja velocidad con navaja punta diamante (Buehler, ISOMETTM). Los cortes de 1 mm de grosor que contenían el núcleo y los anillos de crecimiento fueron pulidos con papel abrasivo de grano decreciente y alúmina de 0.05 μm , posteriormente se montaron sobre un portaobjetos utilizando Cytoseal 60 de baja viscosidad (Jolivet et al., 2013). Los cortes fueron analizados y fotografiados utilizando microscopía de luz transmitida. Para la determinación de la edad, se utilizó el otolito izquierdo; esto únicamente con el fin de estandarizar las lecturas ya que se ha demostrado que la elección del otolito es indiferente (Martínez-Pérez et al., 2018). El conteo de anillos opacos y traslucidos a lo largo del otolito se realizó desde el núcleo hasta el borde ventral (Fig. 2). Cada otolito fue datado por dos lectores independientes sin contar con la información del pez. En el análisis de los datos se calculó el porcentaje de acuerdo entre lectores (PA), el porcentaje de error promedio (APE) y el coeficiente de variación (CV).

Los parámetros de crecimiento (L_{∞} , K y t_0) fueron calculados para luego obtener la curva de crecimiento de von Bertalanffy:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t + t_0)})$$

donde L_t es la longitud estimada a un tiempo t , L_{∞} la longitud máxima que un organismo puede alcanzar, t_0 el tiempo teórico en el cual la longitud es cero, y K la constante de crecimiento. La función de crecimiento se ajustó usando la rutina SOLVER del software Excel (Haddon, 2001).

Cada uno de los parámetros estimados fueron comparados entre las tres regiones geográficas (PN, PC y PS) a través de pruebas de t de Student y análisis de varianza (ANOVA). Se realizaron pruebas Bartlett para determinar la homocedasticidad y homogeneidad de las varianzas. Todos los análisis en este estudio fueron efectuados en el programa estadístico R v.3.6.2 (R Core Team, 2021), con excepción de la curva de crecimiento de von Bertalanffy, la cual se realizó con el software Excel.

RESULTADOS

En total, se muestrearon 428 individuos de pargo mancha *L. guttatus* capturados por la pesquería artesanal de pequeña escala del Pacífico de Costa Rica. Las muestras incluyeron 238 hembras y 190 machos, con una variación en las tallas entre los 22.2 y 60.1 cm de LT y entre

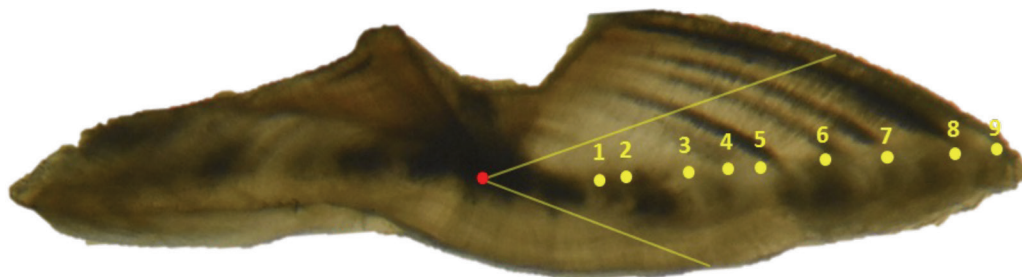


Fig. 2. Corte transversal de un otolito del pargo mancha *Lutjanus guttatus*. Los puntos y números indican los anillos de crecimiento y edad estimada. / **Fig. 2.** Transversal section of an otolith of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*. The dots and numbers indicate the growth rings and the estimated age.

Tabla 2

Información general de los especímenes del pargo mancha *Lutjanus guttatus* capturados entre enero del 2018 y diciembre del 2019 a lo largo de la costa del Pacífico de Costa Rica. / **Table 2.** General information of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* specimens caught between January 2018 and December 2019 along the Pacific coast of Costa Rica.

Zona	LT (cm)	PT (g)	Hembras	Machos	n
Pacífico norte	22.2-57.0	140-2200	81	60	141
Pacífico central	23.0-55.8	155-1900	68	71	139
Pacífico sur	26.5-60.1	90-2000	89	59	148

LT es la longitud total, PT el peso total y n el número de individuos analizados. / LT is total length, PT is total weight, and n is the number of individuals.

los 90 y 2 200 g de PT (Tabla 2). La proporción de sexos (macho-hembra) varió entre zonas de captura, resultando en una proporción de 1 : 1.35 en el PN, 1 : 0.96 en el PC y 1 : 1.51 en el PS. La proporción sexual en el PS difirió significativamente de una proporción 1:1 ($X^2 = 5.68$, $p < 0.05$), mientras que en el PN y PC no se observaron dichas diferencias ($X^2 = 2.84$ y $X^2 = 0.03$, $p > 0.05$, respectivamente).

Estructura de tallas: En la estructura de tallas se observaron diferencias significativas entre los peces capturados en el PN con respecto al PC y PS ($F = 12.42$, $p < 0.05$). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre sexos en ninguna de las tres zonas ($F = 3.398$; $p > 0.05$), por lo tanto, los datos de ambos sexos fueron analizados en conjunto para cada zona (Fig. 3). Los organismos del PN presentaron una mayor frecuencia de tallas entre 25 y 35 cm de LT, representando el 62 % del total de los organismos analizados. En PC y PS la mayor frecuencia de tallas se observó entre los 30 y 40 cm de LT lo cual representó el 49 y 64 %, respectivamente (Fig. 3A). Por otro lado, la estructura por peso fue similar en las

tres zonas. Los pesos con mayor frecuencia de ocurrencia variaron entre 200 y 600 g de PT, representando el 71 % del total de organismos muestreados en el PN, el 47 % en el PC y el 65 % en el PS (Fig. 3B).

Relación longitud total-peso: En la relación LT-PT se observaron diferencias significativas entre zonas ($F = 10.662$, $p < 0.05$); dichas diferencias se detectaron en el PN con respecto al PC y PS. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre sexos en ninguna de las tres zonas ($F = 1.285$; $p > 0.05$), por lo tanto, los datos fueron analizados en conjunto para cada zona (Fig. 4). El crecimiento de los organismos de *L. guttatus* capturados en el PN y PC, fue de tipo alométrico negativo, mientras que en los organismos capturados en el PS fue isométrico (Tabla 3).

Estadios de madurez: A partir del porcentaje de frecuencia de cada uno de los estadios de madurez sexual observados mensualmente en *L. guttatus* se determinaron dos periodos máximos de reproducción: el primero, de abril a mayo y el segundo, de septiembre a noviembre

Tabla 3

Parámetros de la ecuación potencial de las relaciones corporales de especímenes *Lutjanus guttatus* capturados entre enero del 2018 y diciembre del 2019 a lo largo del Pacífico de Costa Rica. / **Table 3.** Parameters of the potential equation of body relationships of *Lutjanus guttatus* specimens captured between January 2018 and December 2019 along the Pacific of Costa Rica.

Zona	n	a	B	r ²	p	Tipo de crecimiento
Pacífico norte	141	0.0299	2.742	0.937	$p < 0.05$	Alométrico negativo
Pacífico central	139	0.0283	2.751	0.960	$p < 0.05$	Alométrico negativo
Pacífico sur	148	0.0047	3.240	0.766	$p < 0.05$	Isométrico

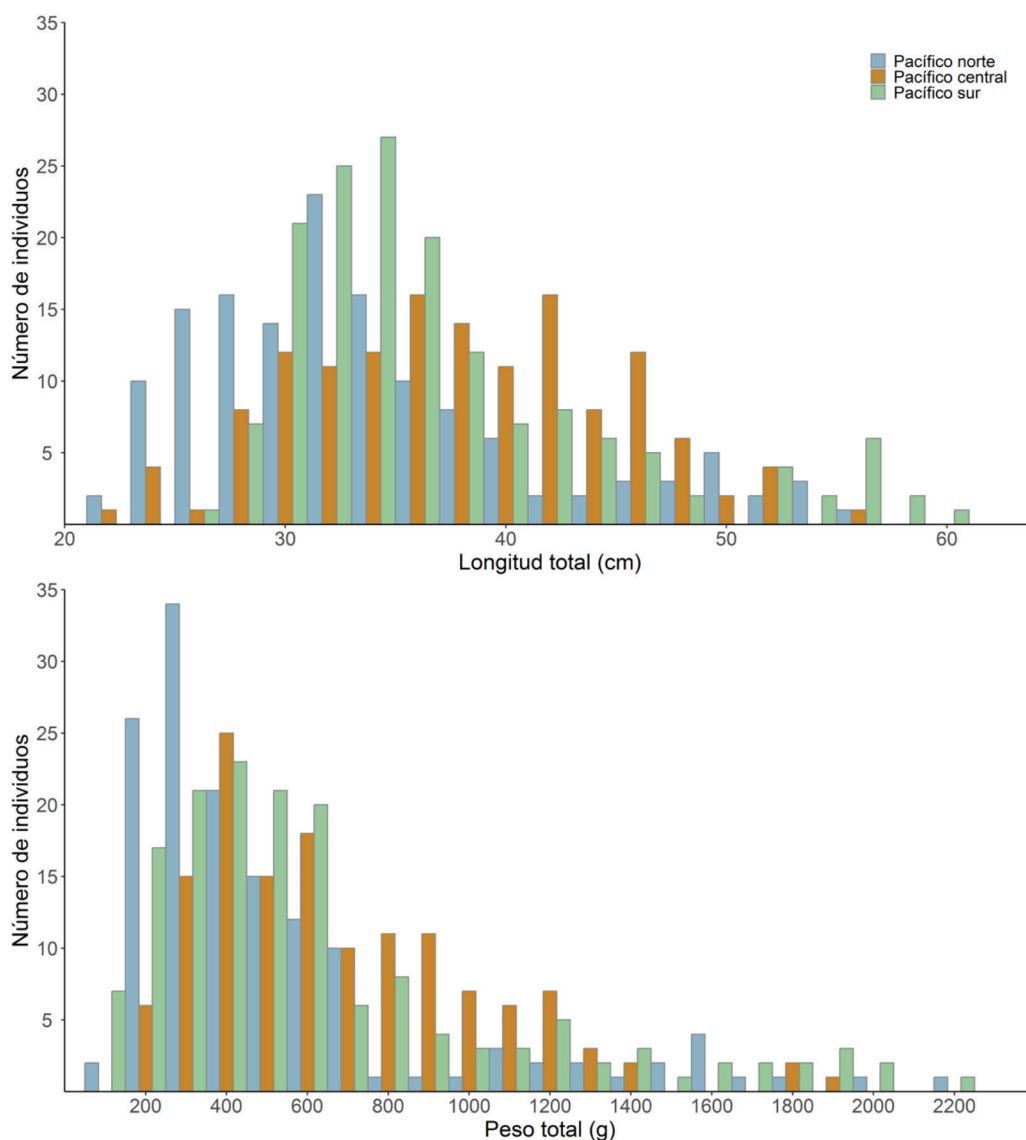


Fig. 3. A. Estructura de tallas. **B.** Estructura por peso de especímenes del pargo mancha *Lutjanus guttatus* capturados entre enero del 2018 y diciembre del 2019 (n = 428) a lo largo de la costa del Pacífico de Costa Rica. / **Fig. 3. A.** Size structure. **B.** Weight structure of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* specimens captured between January 2018 and December 2019 (n = 428) along the Pacific coast of Costa Rica.

(Fig. 5). Del total de los individuos analizados (428), 126 fueron identificados como sexualmente inmaduros con una proporción 1 : 1 entre sexos (63 hembras y 63 machos). En tanto que se identificaron 302 individuos sexualmente maduros con una proporción de 1 : 1.3 (175 hembras y 127 machos).

Talla media de madurez sexual (TMMS):

No se observaron diferencias significativas en la TMMS de *L. guttatus* entre sexos ($t = 1.641$; $p > 0.05$). Sin embargo, al comparar la TMMS entre zonas de captura, se identificaron diferencias significativas entre PN y PC ($t = -6.513$, $p < 0.05$) y entre PN y PS ($t = -4.753$, $p < 0.05$).

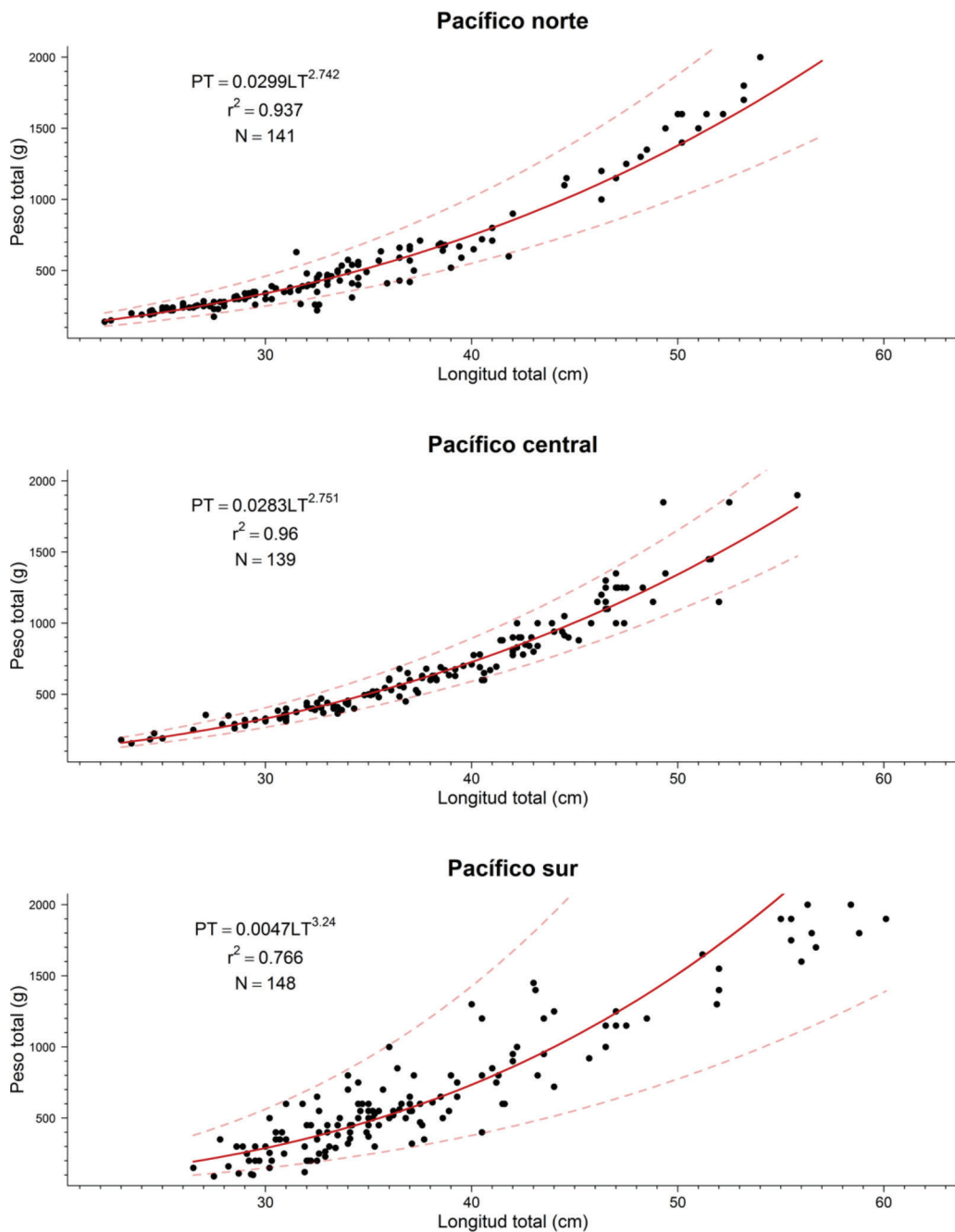


Fig. 4. Relación longitud total-peso para ambos sexos de especímenes del pargo mancha *Lutjanus guttatus* capturados entre enero del 2018 y diciembre del 2019 en el Pacífico norte, central y sur de Costa Rica. / **Fig. 4.** Total length-weight relationship for both sexes of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* specimens captured between January 2018 and December 2019 in the Northern, central, and Southern Pacific of Costa Rica.

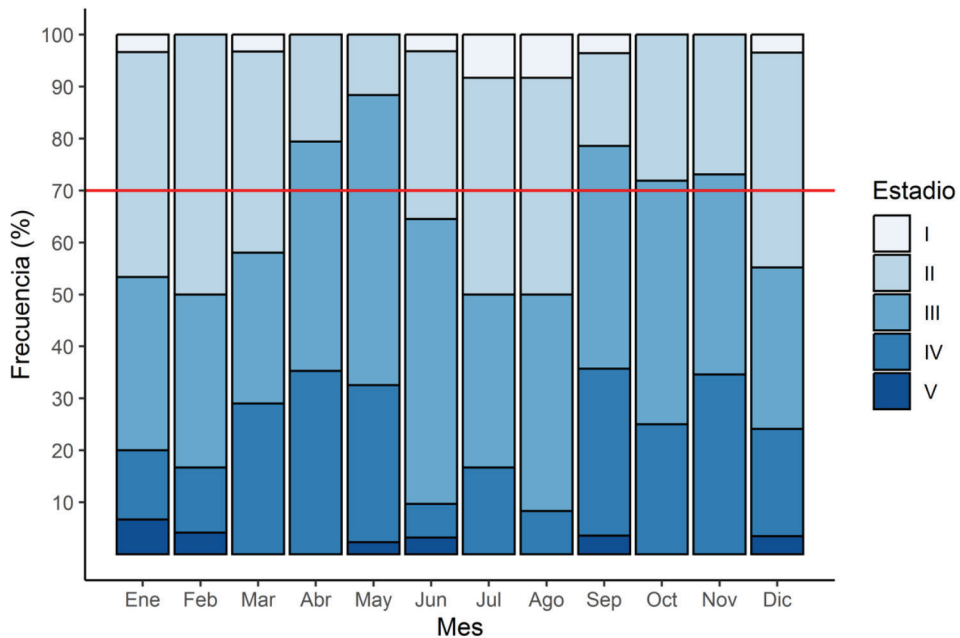


Fig. 5. Porcentaje de frecuencia mensual de los cinco estadios de madurez de especímenes del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (n = 428) capturados entre enero del 2018 y diciembre del 2019 a lo largo de la costa del Pacífico de Costa Rica. La línea roja indica el valor porcentual utilizado para determinar los periodos máximos de reproducción (70 %). / **Fig. 5.** Percentage of monthly frequency of the five maturity stages of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* specimens (n = 428) caught between January 2018 and December 2019 along the Pacific coast of Costa Rica. The red line indicates the percentage determining the maximum reproduction periods (70 %).

Por lo anterior, los datos fueron analizados por separado para cada zona de captura considerando ambos sexos juntos. La TMMS se estimó en 32.1 cm LT para el PN, 30.5 cm LT para el PC y 28.8 cm LT para el PS, tallas en las cuales al menos el 50 % de los individuos analizados fueron clasificados como sexualmente maduros (Fig. 6). A partir de la TMMS estimada para *L. guttatus* por zonas de captura, se determinó que en el PC el 13 % de los organismos registrados fueron inmaduros, en el PS el 4 % y, en el PN el 46 %.

Edad y crecimiento: Las edades estimadas en los individuos de *L. guttatus* variaron entre los 4 y 20 años. El porcentaje de acuerdo entre lectores fue de 91.1 %. Los valores de precisión obtenidos fueron 5.4 % para APE y 10.7 % para CV.

El 68 % de los organismos tenían una edad entre los 6 y 11 años (Tabla 4). Al analizar los

valores de LT de *L. guttatus* con respecto a la edad entre sexos no se observaron diferencias significativas ($F = 1.12$; $p > 0.05$); sin embargo, al compararlos entre zonas de captura, se observaron diferencias significativas entre el PN con respecto al PC y PS ($F = 12.45$, $p < 0.05$). Por lo anterior, los datos para la determinación del crecimiento fueron analizados por zona de captura considerando ambos sexos.

Los parámetros poblacionales obtenidos para PN fueron: $L_{\infty} = 55.75$ cm, $K = 0.14$ y $t_0 = 0.00$; para el PC: $L_{\infty} = 55.89$ cm, $K = 0.14$ y $t_0 = 0.28$ y para el PS: $L_{\infty} = 73.09$ cm, $K = 0.08$ y $t_0 = 0.00$ (Fig. 7).

DISCUSIÓN

El manejo de *L. guttatus* a lo largo de la costa del Pacífico en Costa Rica actualmente se encuentra bajo el supuesto de que es una

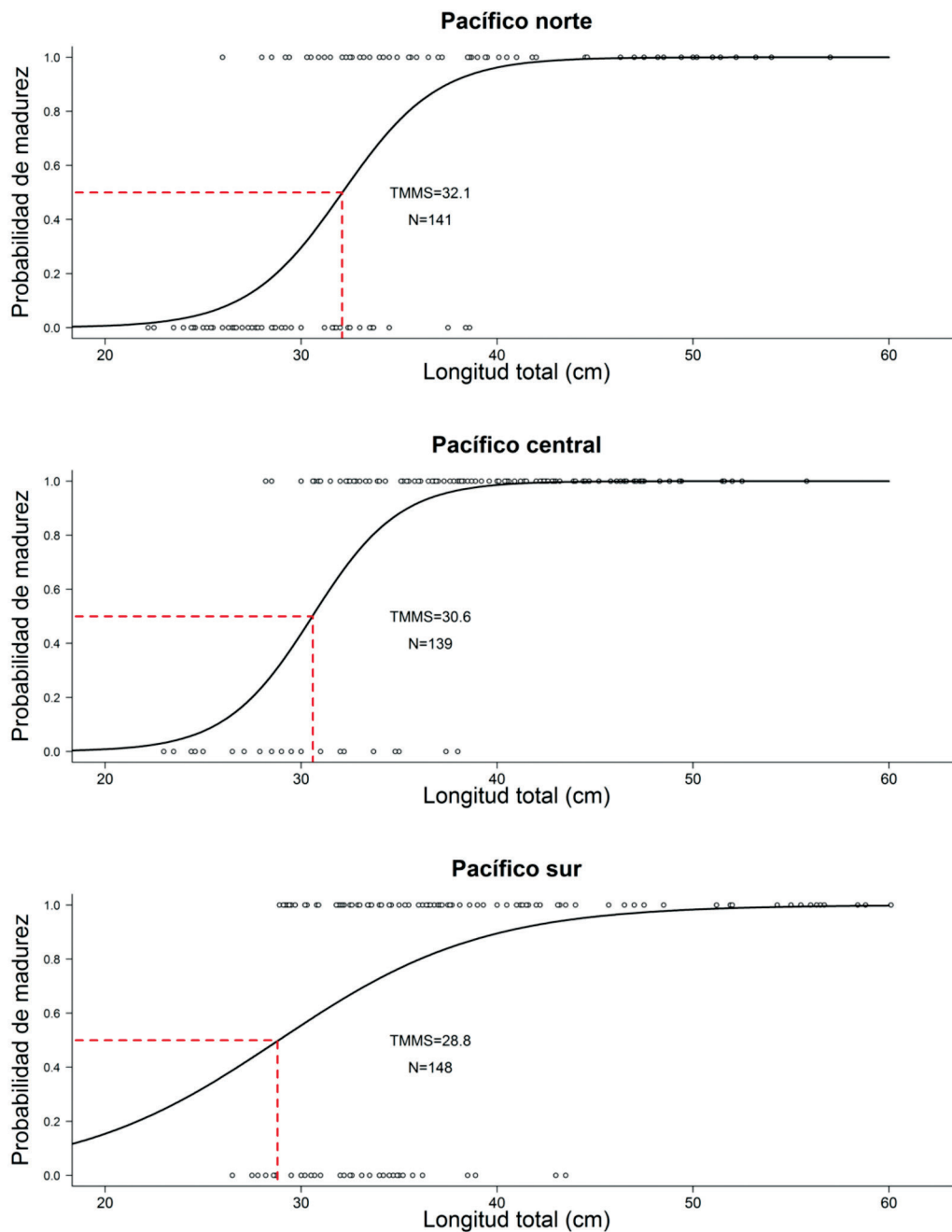


Fig. 6. Talla media de madurez sexual de especímenes del pargo mancha *Lutjanus guttatus* capturados entre enero del 2018 y diciembre del 2019 en el Pacífico norte, central y sur de Costa Rica. / **Fig. 6.** Average size at sexual maturity of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* specimens captured between January 2018 and December 2019 in the northern, central, and southern Pacific of Costa Rica.



Tabla 4

Número de individuos por grupos de edad de *Lutjanus guttatus* (n = 90) capturados entre enero del 2018 y diciembre del 2019 a lo largo de la costa del Pacífico de Costa Rica. / **Table 4.** Number of individuals by age group of *Lutjanus guttatus* (n = 90) caught between January 2018 and December 2019 along the Pacific coast of Costa Rica.

Edad	LT (cm)				
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
+4	1				
+5	2	3			
+6	3	6			
+7		9	1		
+8		11	1		
+9		6	2		
+10		7	5		
+11			9		
+12			4		
+13			3		
+14			3		
+15			4		
+16			1	1	
+17				3	
+18				2	
+19				2	
+20					1

misma poblacion la que está bajo explotación. Sin embargo, el presente estudio evidenció que existen diferencias demográficas entre los organismos capturados en el PN con respecto al PC y PS del país, sugiriendo la necesidad de desarrollar unidades de manejo diferenciadas.

El intervalo de longitud total de *L. guttatus* reportado en este estudio (22.2 a 60.1 cm LT) fue similar al reportado en el Pacífico tropical de Colombia (Correa-Herrera & Jiménez-Segura, 2013) y al reportado en otros estudios del Pacífico de Costa Rica (Rojas, 1996b; Soto-Rojas et al., 2009; Soto-Rojas et al., 2018; Vargas, 1998). En todos los casos la mayor cantidad de individuos capturados se encontraron entre los 30 y 40 cm de LT. No obstante, en el presente estudio, se observaron variaciones en la estructura por tallas en las diferentes zonas de captura. Tanto en PN como en PC de Costa Rica la estructura de tallas tuvo un rango muy amplio

(22.2-57.0 cm y 23.0-55.8 cm, respectivamente; Tabla 2) y en el PS el intervalo fue de 26.5 a 60.1 cm LT, siendo esta zona en la que se registró una captura dominada por organismos con las tallas más cercanas a la talla máxima registrada para la especie (105 cm; Puentes et al., 2014).

Las diferencias en la estructura por tallas se pueden deber a la variedad de artes de pesca utilizadas por la pesquería artesanal, como son el trasmallo con diferente apertura de malla, la cuerda de mano y líneas de fondo con varios tamaños de anzuelo, buceo apnea y con compresor; además de la combinación de dos o más artes de pesca en una misma faena (Farías-Tafolla et al., 2022; Fonseca & Solís, 2005; Mongeon et al., 2013; Villalobos-Rojas et al., 2014; Zanella & López-Garro, 2015). Si bien, lo anterior influye en el intervalo de tallas de los organismos capturados por esta pesquería, estudios similares han demostrado que la estructura por tallas también está influenciada por los procesos propios de la dinámica de poblaciones, específicamente del reclutamiento de organismos juveniles desde las áreas de crianza hacía las zonas donde se encuentran los adultos, y que son aprovechados por los pescadores (Ramos-Cruz, 2001; Vega et al., 2008). Lo anterior sugiere que las tasas de reclutamiento podrían ser diferentes en las zonas muestreadas, siendo mayor en el PN con respecto al PC y PS. Sin embargo, es necesario realizar estudios enfocados en reclutamiento para confirmar dicho supuesto.

Por otro lado, considerando los datos obtenidos en la relación longitud - peso, el tipo de crecimiento estimado para *L. guttatus* en el PN y PC (alométrico negativo) coincide con otros datos obtenidos para la misma especie en el Golfo de Nicoya (PC) en Costa Rica (Soto-Rojas et al., 2009; Soto-Rojas et al., 2018; Vargas, 1998). Este tipo de alometría indica que *L. guttatus* tiene un crecimiento volumétrico sin una fuerte tendencia cúbica, es decir, no proporcional (Froese & Pauly, 2022). Sin embargo, el tipo de crecimiento observado en los individuos capturados en el PS (isométrico) difiere del resto, lo cual indica una variación tanto en aspectos morfológicos, como en la historia de

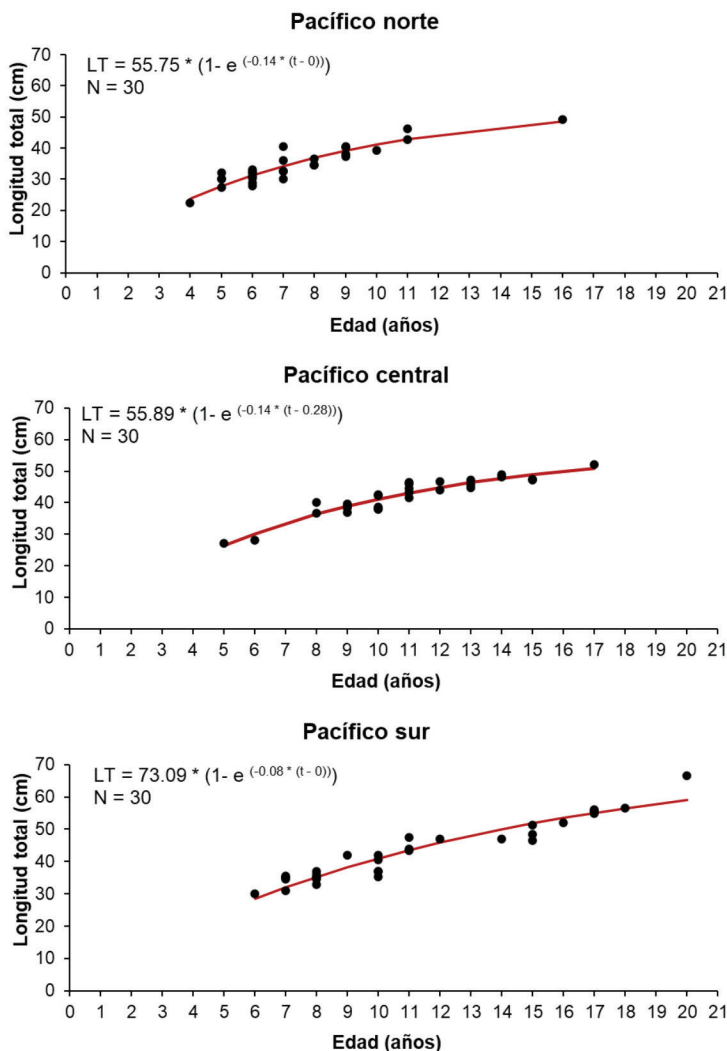


Fig. 7. Curva de crecimiento según el modelo de von Bertalanffy del pargo mancha *Lutjanus guttatus* capturado entre enero del 2018 y diciembre del 2019 en el Pacífico norte, central y sur de Costa Rica. / **Fig. 7.** Growth curve according to the von Bertalanffy model for the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* caught between January 2018 and December 2019 in the northern, central, and southern Pacific of Costa Rica.

vida de la misma especie (King, 2007; Stergiou & Moutopoulos, 2001).

En pesquerías, las variaciones en la relación longitud-peso y el coeficiente de crecimiento se deben posiblemente a las diferencias entre la talla de los individuos capturados por la selectividad del arte de pesca, el índice de repleción estomacal ocasionado por la disponibilidad de alimento, el cambio del estado

gonadal del pez, la estación del año, las horas del día en que fueron capturados o a los distintos sitios de pesca (Fortaleza & Nañola Jr., 2017; Mazumder et al., 2016; Olaya-Nieto et al., 2008). En este sentido, posiblemente en el PS las condiciones ambientales favorecen el crecimiento en proporciones iguales tanto de talla como en peso (isométrico), ya que cuenta con dos ecosistemas altamente productivos como



son los arrecifes coralinos y la zona de manglar. A diferencia del PN y PC que aun cuando cuentan con características favorables como la época de surgencia en el PN (Alfaro & Lizano, 2001; Quirós-Arias, 2017) o el ambiente estuarino del PC (Wolff et al., 1998), estas características tienden a ser estacionales, lo cual podría limitar el crecimiento de los organismos.

En el presente estudio, se observó que el pargo mancha de la costa del Pacífico de Costa Rica tiene desoves durante todo el año con dos puntos máximos de reproducción: abril-mayo y septiembre-noviembre. Este resultado coincide con lo reportado para la misma especie en el PN de Costa Rica por Rojas (1996b) y parcialmente con lo indicado por Arellano-Martínez et al. (2001) en México, Correa-Herrera & Jiménez-Segura (2013) en Colombia y Soto-Rojas et al. (2018) en Costa Rica. En todos los casos, los puntos máximos reproductivos coinciden con el inicio de la época de lluvias (abril-mayo) y seca (noviembre-diciembre). Lo anterior podría deberse a la asincronía en el proceso vitelogénico de la especie (Claro, 1994; Grimes, 1987; Rojas, 1996b). Así mismo, existe una correlación entre la duración de la temporada de reproducción y la latitud (Arellano-Martínez et al., 2001; Cushing, 1975). En latitudes cercanas al Ecuador, el período de reproducción de los peces es típicamente más prolongado y presenta desoves parciales durante todo el año, comparado con latitudes altas donde las especies tienen un período de desove más corto y definido con una duración de hasta dos meses en una época específica del año (Arellano-Martínez et al., 2001; Cushing, 1975). Costa Rica se encuentra entre los 8°02' y 11°13' de latitud norte, misma que es relativamente cercana al Ecuador; por lo tanto, es posible encontrar mayor incidencia de especies de peces con periodos de reproducción prolongados. Por otro lado, los puntos máximos de reproducción de las especies de la familia Lutjanidae se correlacionan positivamente con la temperatura y el fotoperíodo, así como con cambios en la abundancia y calidad del alimento, mismos que son favorables durante la transición de una estación a otra (Grimes, 1987; Saborido-Rey, 2008).

La TMMS determinada en el presente estudio varió significativamente entre zonas, con tallas entre 32.1 cm y 28.8 cm de LT (Fig. 6). Entre los factores que podrían estar influyendo en la disminución de la TMMS en algunos sitios están los diversos cambios en el medio ambiente que repercuten en una mayor disponibilidad de alimento, aunado a la reducción de biomasa de la población por causas ambientales o, más comúnmente, por una alta presión pesquera (Smith, 1996).

De acuerdo con INCOPESCA (2018), la TMMS con la que se gestiona la pesquería de *L. guttatus* es de 32 cm LT, valor que incluye las diferencias por zona encontradas en este estudio, asegurando que a esa talla, al menos la mitad de los especímenes se encuentren sexualmente maduros sin importar la zona de captura, e incluso favoreciendo a los organismos del PC y PS. Sin embargo, la talla legal de primera captura que se rige para todo el país es de 30 cm LT con un porcentaje de tolerancia permitido de captura menor a esta talla de un 10 % (INCOPESCA, 2018). Lo anterior es óptimo para organismos capturados en el PC y PS, pero no así para los individuos capturados en el PN, cuya talla legal de captura está por debajo de la TMMS estimada en este estudio (32.1 cm), repercutiendo en una alta extracción de organismos inmaduros.

Lo anterior se ve reflejado en los organismos analizados en el PN, ya que el 46 % se encontraron por debajo de la TMMS. Este porcentaje es considerablemente más alto que en las otras dos zonas de estudio. Este resultado implica que casi la mitad de los individuos en la zona del Pacífico norte son capturados sin haber alcanzado la talla media de madurez sexual. Esta situación repercute en la productividad y estabilidad de una población determinada, ya que al retirar organismos inmaduros de la población se disminuye la cantidad de adultos reproductivos que producirán nuevas generaciones para el mantenimiento de la especie (Sinclair & Valdimarsson, 2014). Además, se reduce la capacidad de resiliencia de una población, ante disturbios ambientales y/o antropogénicos (Sinclair & Valdimarsson, 2014).

Los datos obtenidos de la lectura de los anillos de crecimiento en los otolitos *sagitta* son confiables debido a que los valores de precisión obtenidos para PA, APE y CV (91.1, 5.4 y 10.7 %, respectivamente) se consideran adecuados según los valores de referencia indicados por Campana (2001) (5.5 % APE y 7.6 % CV). Los resultados de edad calculados sugieren un crecimiento proporcional en la longitud a lo largo de los años, excepto por las divergencias presentadas por organismos específicos, mismas que pueden estar relacionadas a variaciones ambientales o de estrés donde el crecimiento somático se vea inhibido o alterado (Araya & Cubillos, 2002; Soto-Rojas et al., 2018). Es importante mencionar que no se obtuvieron ejemplares del grupo de edad < 4, esto por la selectividad de las artes de pesca utilizadas en la flota artesanal. Aun con esta situación, es posible observar en las curvas de crecimiento el patrón típico de muchas especies de Lutjanidae, en donde hay un crecimiento lento hasta alcanzar progresivamente su longitud asintótica, así como las altas longevidades que llegan a presentar (Gallardo-Cabello et al., 2010; Soto-Rojas et al., 2009).

También se observaron diferencias significativas en las curvas de crecimiento según el modelo de von Bertalanffy entre las zonas de captura, difiriendo el PN con respecto al PC y PS. La temperatura y la abundancia de alimento son factores ambientales importantes que influyen sobre el crecimiento de los peces (curva de crecimiento), por lo que los parámetros pueden variar por las características del área donde se desarrolla la población (Fischer et al., 2004; Morales & González, 2010). El PN es influenciado temporalmente por agua de surgencia por lo que se registran cambios de hasta 10 °C en un día (Ballester, 2006) y el transporte de una gran cantidad de nutrientes (Alfaro & Lizano, 2001).

El valor estimado de la longitud asintótica en el PS es considerablemente mayor ($L_{\infty} = 73.09$ cm) comparado con el valor estimado para los individuos de las otras zonas estudiadas; sin embargo, la constante de crecimiento ($K = 0.08$) indica que en la zona sur

el crecimiento es moderadamente más lento. Por otro lado, en el PN la longitud asintótica se alcanza mucho más rápido ($L_{\infty} = 55.75$ cm) y la constante de crecimiento es mayor ($K = 0.14$). Dicho patrón se ha relacionado con la presión ejercida por los depredadores y las pesquerías relacionadas (Morales & González, 2010). A su vez, Gulland (1971), señaló que el coeficiente de crecimiento (K), de la ecuación de von Bertalanffy tiene cierto grado de proporcionalidad con la mortalidad de la población; es decir, en una población donde los organismos alcanzan la longitud asintótica rápido (L_{∞} bajo), es probable que tenga una mortalidad elevada. Este podría ser el caso de los especímenes del PN, considerando que la talla de captura para esta zona es menor.

Detectar heterogeneidad espacial entre aspectos demográficos de poblaciones implica restricción en la conectividad del hábitat y en los movimientos de los peces (Ruzzante et al., 2006). Lo anterior, aunado con la fidelidad al sitio de desove que presentan algunos lutjánidos, podría maximizar dicha heterogeneidad a lo largo del tiempo de vida individual y generacional teniendo como resultado poblaciones estructuradas en subpoblaciones (Ruzzante et al., 2006). Por lo tanto, esta situación debe ser considerada para una mejor gestión de las pesquerías que explotan esta especie.

En conclusión, se observaron variaciones demográficas en la estructura por tallas, relación LT-PT, la TMMS y las tasas de crecimiento entre los organismos de *L. guttatus* capturados en las tres zonas de estudio a lo largo del Pacífico de Costa Rica. Lo cual se relaciona directamente con las características ambientales en las que habita la especie; así como a la presión pesquera a la que es sometida. Los resultados obtenidos sugieren la existencia de dos potenciales subpoblaciones de *L. guttatus* a lo largo de la costa del Pacífico: la primera corresponde al PN y la segunda comprende el PC y PS. Estas subpoblaciones requieren del establecimiento de estrategias de manejo diferenciadas enfocadas principalmente a las tallas de primera captura. Dichas estrategias deben estar orientadas hacia un uso sostenible de este recurso pesquero tan



importante para la subsistencia de las comunidades costeras de cada región.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por el Sistema de Estudios de Posgrado (SEP) y el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Así como, por el Laboratorio de Ecología Pesquera del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Los autores agradecen a Carmen Rodríguez Medrano por su apoyo en el procesamiento de los otolitos para la estimación de la edad. Así como a Oscar Sosa Nishizaki por su apoyo a lo largo de esta investigación y por facilitar las herramientas, el espacio y recursos necesarios para el procesamiento de las muestras de otolitos, ambos del Laboratorio de Ecología Pesquera del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Un agradecimiento especial a los pescadores artesanales del Pacífico de Costa Rica por su apoyo y colaboración. Finalmente, agradecemos a los evaluadores cuyos comentarios y sugerencias constructivas sirvieron para mejorar la calidad de la publicación.

REFERENCIAS

- Acero, P. A., & Garzón, F. J. (1985). Los pargos (Pisces: Perciformes: Lutjanidae) del Caribe colombiano. *Actualidades Biológicas*, 14(53), 89–99.
- Alfaro, E. J., & Lizano, O. G. (2001). Algunas relaciones entre las zonas de surgencia del Pacífico centroamericano y los océanos Pacífico y Atlántico tropical. *Revista de Biología Tropical*, 49(2), 185–193.
- Allen, G. R., & Robertson, D. R. (1994). *Fishes of the tropical eastern Pacific*. University of Hawaii Press.
- Araya, M., & Cubillos, L. (2002). El análisis retrospectivo del crecimiento en peces y sus problemas asociados. *Gayana*, 66(2), 161–179.
- Arellano-Martínez, M., Rojas-Herrera, A., García-Domínguez, F., Ceballos-Vázquez, B. P., & Villalejo-Fuerte, M. (2001). Reproductive cycle of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) in the Guerrero coast, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 36(1), 1–8.
- Ballester, D. (2006). Capítulo VI, El Domo térmico de Costa Rica. En V. Nielsen-Muñoz, & M. Quesada-Alpizar (Eds.), *Ambientes marino costeros de Costa Rica* (pp. 69–85). Comisión interdisciplinaria marino costera de la zona económica exclusiva de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Brenes, C. L., Lavín, M. F., & Mascarenhas, A. S. (2008). Geostrophic circulation between the Costa Rica dome and Central America. *Deep-Sea Research I*, 55(5), 608–629.
- Brenes, C. L., León, S., & Chaves, J. (2001). Variación de las propiedades termohalinas en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49(2), 145–152.
- Bussing, W. A., & López-Sánchez, M. I. (2011). *Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centroamérica meridional*. Editorial Universidad de Costa Rica.
- Cadima, E. L. (2003). *Manual de evaluación de recursos pesqueros*. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).
- Campana, S. E. (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, 59(2), 197–242.
- Campbell, S. J., & Pardede, S. T. (2006). Reef fish structure and cascading effects in response to artisanal fishing pressure. *Fisheries Research*, 79(1–2), 75–83.
- Claro, R. (1994). *Ecología de los peces marinos de Cuba*. Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba y Centro de Investigaciones de Quintana Roo.
- Cordero, P., & Solano, F. (2000). *El manglar más grande de Costa Rica: experiencias de la UICN en el proyecto DANIDA-Manglares de Térraba-Sierpe*. UICN.
- Correa-Herrera, T., & Jiménez-Segura, L. F. (2013). Reproductive biology of *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) in Utría National Park, Colombian Pacific. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 829–840.

- Cushing, D. H. (1975). *Ecología marina y pesquerías*. Acribia.
- Denyer, P., & Kussmaul, S. (2012). *Geología de Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1975). *Manual de ciencia pesquera parte 2-Métodos para investigar los recursos y su aplicación*. FAO. <https://www.fao.org/3/f0752s/F0752S00.htm#toc>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2004). *Información sobre la ordenación pesquera de la república de Costa Rica*. FAO <http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/CRI/profile.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2011). *Review of the state of world marine fishery resources*. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2018). *The state of world fisheries and aquaculture 2018-Meeting the sustainable development goals*. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2022). *The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards blue transformation*. FAO.
- Farías-Tafolla, B., Arias-Zumbado, F., Chaves-Zamora, I., Alvarado-Ruiz, C., & Espinoza, M. (2022). Dinámica espacio-temporal de la pesquería artesanal en el Golfo de Santa Elena, Pacífico norte de Costa Rica (2010-2019). *Revista de Biología Tropical*, 70(1), 557–575.
- Fernández-Carvajal, D. (2013). Pesca artesanal y pobreza en comunidades aledañas al Golfo de Nicoya. *Revista de Ciencias Sociales*, 140,137–152.
- Fiedler, P. C. (2002). The annual cycle and biological effects of the Costa Rica Dome. *Deep-Sea Research I*, 49(2), 321–338.
- Fischer, A. J., Baker Jr., M. S., & Wilson C. A. (2004). Red snapper (*Lutjanus campechanus*) demographic structure in the northern Gulf of Mexico based on spatial patterns in growth rates and morphometrics. *Fishery Bulletin*, 102(4), 593–603.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., & Niem, V. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental* (Vol. III). FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).
- Fonseca, M., & Solís, V. (2005). Pesca artesanal y participación en conservación de recursos marino-costeros. *Tropical Journal of Environmental Sciences*, 30(1), 44–51.
- Fortaleza, M. A., & Nañola Jr., C. L. (2017). Age determination and body length relationship of two-spot red snapper (*Lutjanus bohar*). *Banwa B*, 12, res003.
- Froese, R., & Pauly, D. (2022). *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). FishBase. <https://www.fishbase.de/summary/Lutjanus-guttatus.html>
- Gallardo-Cabello, M., Sarabia-Méndez, M., Espino-Barr, E., & Anislado-Tolentino, V. (2010). Biological aspects of *Lutjanus peru* in Bufadero Bay, Michoacán, México: growth, reproduction and condition factors. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(2), 205–215.
- García, A. V., Montreuil, V., & Rodríguez, R. (1998). *Talla de la primera maduración y época de desove de “doncella” (Pseudoplatystoma fasciatum) en la amazonía peruana*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Programa de Ecosistemas Acuáticos.
- Grimes, C. (1987). Reproductive biology of the Lutjanidae: a review. In J. J. Polovina, & S. Ralston (Eds.), *Tropical snappers and groupers, ecology and management* (pp. 239–294). Avalon Publishing.
- Gulland, J. (1971). *Manual de métodos para la evaluación de poblaciones de peces*. FAO.
- Haddon, M. (2001). *Modelling and quantitative methods in fisheries*. Chapman & Hall.
- Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA). (2018). *Tallas legales de primera captura (TLPC) respondiendo a las tallas de primera madurez sexual*. INCOPESCA, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA). (2022). *Información de producción nacional pesquera anual*. INCOPESCA, Costa Rica. <https://www.incopesca.go.cr/publicaciones/estadisticas/historico/2016.html>
- Jiménez, J. A. (2016). *El domo térmico de Costa Rica: un oasis de productividad frente a las costas del Pacífico centroamericano*. Fundación MarViva.
- Jolivet, A., Fablet, R., Bardeau, J. F., & de Pontual, H. (2013). Preparation techniques alter the mineral and organic fractions of fish otoliths: insights using Raman microspectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 405(14), 4787–4798.
- King, M. (2007). *Fisheries biology, assessment and management* (2nd Ed.). Blackwell Publishing.
- Lokrantz, J., Nyström, M., Norström, A. V., Folke, C., & Cinner, J. E. (2010). Impacts of artisanal fishing on key functional groups and the potential vulnerability of coral reefs. *Environmental Conservation*, 36(4), 327–337.
- Martínez-Pérez, J. A., Morquecho-León, M. R. K., Farías-Tafolla, B., Badiño-Alemán, M., Gallardo-Torres, A., & Chiappa-Carrara, X. (2018). *Catálogo de otolitos*



- sagitta de peces del golfo de México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mayrat, A. (1970). Allométrie et taxinomie. *Revue de Statistique Appliquée*, 18(4), 47–58.
- Mazumder, S. K., Das, S. K., Bakar, Y., & Ghaffar, M. A. (2016). Effects of temperature and diet on length-weight relationship and condition factor of the juvenile Malabar blood snapper (*Lutjanus malabaricus* Bloch & Schneider, 1801). *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology)*, 17(8), 580–590.
- Mongeon, C., Granek, E. F., & Arauz, R. (2013). Hook selectivity in an artisanal spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* fishery on the Nicoya peninsula, Costa Rica. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 5(1), 270–280.
- Mora, C., Myers, R. A., Coll, M., Libralato, S., Pitcher, T. J., Sumaila, R. U., Zeller, D., Watson, R., Gaston, K. J., & Worm, B. (2009). Management effectiveness of the world's marine fisheries. *PLoS Biology*, 7(6), e1000131.
- Morales, M., & González, L. W. (2010). Edad y crecimiento del pez *Haemulon steindachneri* (Perciformes: Haemulidae) en el suroeste de la isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 299–310.
- Olaya-Nieto, C., Tordecilla-Petro, G., & Segura-Guevara, F. (2008). Relación longitud-peso del rubio (*Salminus affinis* Steindachner, 1880) en la cuenca del río Sinú, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 13(2), 1349–1359.
- Patterson, W. F. III., Cowan Jr., J. H., Wilson, C. A., & Shipp, R. L. (2001). Age and growth of red snapper, *Lutjanus campechanus*, from an artificial reef area off Alabama in the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 99(4), 653–664.
- Puentes, V., Escobar, F. D., Polo, C. J., & Alonso, J. C. (2014). *Estado de los principales recursos pesqueros de Colombia 2014*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP.
- Quesada-Alpízar, M. A., & Cortés, J. (2006). Los ecosistemas marinos del Pacífico sur de Costa Rica: Estado de conocimiento y perspectivas de manejo. *Revista de Biología Tropical*, 54(1), 101–145.
- Quirós-Arias, L. (2017). Tourism and territory in natural protected areas—the case of Santa Rosa National Park: From national monument to the conservation of the tropical forest, Guanacaste Conservation Area, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 1, 91–136.
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ramos-Cruz, S. (2001). Evaluación de la pesquería de huachinango *Lutjanus peru* en la zona costera de Salina Cruz, Oaxaca, México, durante 1995. *Ciencia Pesquera*, 15, 151–158.
- Ricker, W. E. (1975). *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada.
- Rojas, M, J. R. (1996a). Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(3B), 471–476.
- Rojas, M, J. R. (1996b). Fecundidad y épocas de reproducción del “pargo mancha” *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(3B), 477–487.
- Ruttenberg, B. (2001). Effects of artisanal fishing on marine communities in the Galapagos Islands. *Society for Conservation Biology*, 15(6), 1691–1699.
- Ruzzante, D. E., Mariani, S., Bekkevold, D., André, C., Mosegaard, H., Clausen, L. A., Dahlgren, T. G., Hutchinson, W. F., Hatfield, E. M., Torstensen, E., Brigham, J., Simmonds, E. J., Laikre, L., Larsson, L. C., Stet, R. J., Ryman, N., & Carvalho, G. R. (2006). Biocomplexity in a highly migratory pelagic marine fish, Atlantic herring. *Proceedings: Biological Sciences*, 273(1593), 1459–1464.
- Saborido-Rey, F. (2008). *Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos*. Instituto de Investigaciones Marinas, Universidad de Vigo, España.
- Salazar-Araya, S. (2013). Situación actual de la pesca artesanal en Costa Rica. *Anuario de Estudios Centroamericanos*, 39, 311–342.
- Sinclair, M., & Valdimarsson, G. (2014). *Responsible fisheries in the marine ecosystem*. CABI & FAO.
- Smith, P. J. (1996). *La diversidad genética de los recursos pesqueros marinos. Posibles repercusiones en la pesca*. FAO. <http://www.fao.org/3/V4865S00.htm>
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1987). *Introduction to biostatistics* (2nd Ed.). Freeman.
- Soto-Rojas, R. L., Hernández-Noguera, L. A., & Vega-Alpízar, J. L. (2018). Parámetros poblacionales y hábitos alimenticios del pargo mancha (*Lutjanus guttatus*) en el Área Marina de Pesca Responsable Paquera-Tambor, Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Uniciencia*, 32(2), 96–110.
- Soto-Rojas, R. L., Mejía-Arana, F., Palacios, J. A., & Hiramatsu, K. (2009). Reproducción y crecimiento del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57(1–2), 125–131.

- Sparre, P., & Venema, S. C. (1995). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Stergiou, K. I., & Moutopoulos, D. K. (2001). A review of length-weight relationships of fishes from Greek marine waters. *Fishbyte*, 24(1–2), 23–39.
- Vargas, B. M. (1998). Estimación de parámetros biológico-pesqueros para el pargo mancha *Lutjanus guttatus* en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Uniciencia*, 15(1), 79–84.
- Vega, A. J., Robles, Y. A., Boniche, S., & Rodríguez, M. (2008). Aspectos biológico-pesqueros del género *Cynoscion* (Pisces: Scianidae) en el Golfo de Montijo, Pacífico panameño. *Tecnociencia*, 10(2), 9–26.
- Villalobos-Rojas, F., Herrera-Correal, J., Garita-Alvarado, C. A., Clarke, T., & Beita-Jiménez, A. (2014). Actividades pesqueras dependientes de la ictiofauna en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 119–137.
- Ward, P., & Myers, R. A. (2005). Shifts in open-ocean fish communities coinciding with the commencement of commercial fishing. *Ecology*, 86(4), 835–847.
- Wehrtmann, I. S., & Cortés, J. (2008). *Marine biodiversity of Costa Rica, Central America*. Springer.
- Wolff, M., Koch, V., Bautista-Chavarría, J., & Vargas, J. A. (1998). A trophic flow model of the Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46(6), 63–79.
- Zanella, I., & López-Garro, A. (2015). Abundancia, reproducción y tallas de tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Carcharhiniformes: Sphyrnidae) en la pesca artesanal de Golfo Dulce, Pacífico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 307–317.
- Zar, H. H. (1999). *Biostatistical analysis*. Prentice Hall.