

SUPLEMENTO

<https://doi.org/10.15517/s6hs1113>**Bases científicas para la gestión pesquera de la calva (*Centropomus parallelus*) en Barra del Colorado, costa Caribe de Costa Rica, Centro América**

Luis G. Fonseca^{1*};  <https://orcid.org/0000-0002-8778-4412>
Carmen Castro Morales²;  <https://orcid.org/0009-0005-6477-3322>
Esmeralda A. Chaves¹;  <https://orcid.org/0009-0000-7781-4203>
Erick Herrera³;  <https://orcid.org/0009-0004-4735-3636>
Andrea Cruz Siles³;  <https://orcid.org/0009-0009-6948-5986>
Sebastián Bonilla Sánchez^{3*};  <https://orcid.org/0009-0007-4703-1225>
Manuel Campbell³;  <https://orcid.org/0009-0009-0123-8129>
José M. Carvajal⁴;  <https://orcid.org/0009-0003-7886-6875>
Nixon Lara Quesada⁴;  <https://orcid.org/0009-0004-6203-8706>
Mónica P. Gamboa⁵;  <https://orcid.org/0000-0003-3196-5473>
Didiher Chacón Chaverri⁶;  <https://orcid.org/0009-0004-2484-4475>
Johel Chaves-Campos⁷;  <https://orcid.org/0000-0001-8026-7626>
Damián Martínez-Fernández⁷;  <https://orcid.org/0000-0002-8498-7919>

1. Asociación Costa Rica por Siempre, Montes de Oca, Costa Rica; lfonseca@costaricaporsiempre.org (*Correspondencia), echaves2897@gmail.com
2. Servicio Nacional de Guardacostas, Ministerio de Seguridad Pública, San José Costa Rica; ccastrom@yahoo.com
3. Área de Conservación Tortuguero, Ministerio de Ambiente y Energía, San José, Costa Rica; erick.herrera@sinac.go.cr, andrea.cruz@sinac.go.cr, sebastian.bonilla@sinac.go.cr, manuel.campbell@sinac.go.cr
4. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica; jcarvajal@incopesca.go.cr, nlara@incopesca.go.cr
5. Pew Charitable Trusts - Enduring Earth; mgamboa@enduringearth.org
6. Asociación Latin American Sea Turtles, Tibás, Costa Rica; dchacon@widecast.org
7. Federación Costarricense de Pesca Turística, FECOP, Oficentro Ejecutivo, La Sabana, San José, Costa Rica; jchaves@fecop.org, dmartinez@fecop.org

Recibido 07-X-2025. Corregido 22-I-2026. Aceptado 19-V-2026.

ABSTRACT**Scientific basis for the fishery management of the fat snook (*Centropomus parallelus*) in Barra del Colorado, Caribbean coast of Costa Rica, Central America**

Introduction: The fat snook (*Centropomus parallelus*) is a snook species of fisheries importance in the northeastern Caribbean region of Costa Rica. Its distribution includes lagoon systems, rivers, and marine-coastal areas, where it performs key ecological functions. In this region, the species is a valuable resource for commercial fishing, subsistence, and recreational fisheries.

Objectives: To analyze the biological and fishery data for fat snook, with emphasis on size distribution and gonadal development, to provide inputs for the development of a management plan for the species in Barra del Colorado, Costa Rica.



Methods: Between December 5, 2019 and April 30, 2025, periodic visits were made to two landing sites where biometric data were collected from the specimens captured. These data were supplemented with records from the 1999–2000 season of fish captured in the same area. A size-structure analysis was conducted by sex, season, and fishing gear, along with an evaluation of the sex ratio by season.

Results: The presence of fat snook in the coastal area of Barra del Colorado varied between seasons, occurring from July to March, with a peak between October and January. A total of 4 899 specimens were analyzed. Of these, 53.8 % were females, 34.3 % males, and 11.8 % of undetermined sex. Smaller-size individuals were predominantly males. From 45.1–50.0 cm onward, most individuals were females. More than 75% of the specimens were captured in stage III, indicating that they were caught before having spawning during the season.

Conclusions: The information shows that coastal lagoons, the Colorado River, and the marine area in front of Barra del Colorado are spawning areas where individuals aggregate for several weeks. It is recommended to establish a closed season of at least two days per week during the spawning peak, as well as a minimum catch size of 45 cm total length. At the same time, future studies should be promoted in the lagoons near the coastal area and in different sections of the Colorado River to identify key nursery and feeding areas.

Key words: artisanal fishery; Colorado River; northern Caribbean, protandric hermaphroditism; snook.

RESUMEN

Introducción: La calva (*Centropomus parallelus*) es una especie de robalo de importancia pesquera en la región del Caribe noreste de Costa Rica. Su distribución abarca sistemas lagunares, ríos y zonas marino-costeras, donde cumple funciones ecológicas clave. En esta región, la especie representa un recurso de valor tanto para la pesca comercial como para el autoconsumo y la pesca deportiva.

Objetivo: Analizar los datos biológicos y pesqueros de la calva, especialmente distribución de tallas y desarrollo gonadal, con el fin de aportar insumos para la elaboración de un plan de manejo para la especie en Barra del Colorado, Costa Rica.

Métodos: Entre el 5 de diciembre de 2019 y el 30 de abril de 2025, se realizaron visitas periódicas a dos centros de acopio, donde se recolectaron datos biométricos de los ejemplares capturados. A la información anterior se sumó datos de la temporada 1999-2000 de peces capturados en la misma zona. Se efectuó un análisis por estructura de tallas por: sexo, temporada y arte de pesca; además, de una evaluación de la proporción de sexos por temporada.

Resultados: La presencia de calva en el área costera de Barra del Colorado varió entre temporadas, extendiéndose entre los meses de julio hasta marzo, con un pico entre octubre y enero. Se analizaron un total de 4 899 ejemplares. Del total, el 53.8 % fueron hembras, el 34.3 % machos y el 11.8 % de sexo indeterminado. Los individuos de tallas menores fueron mayoritariamente machos. A partir de 45.1 - 50.0 cm la mayoría de los individuos fueron hembras. Más del 75 % de los ejemplares fueron capturados en estadio III, por lo tanto, fueron capturados antes de haber desovado en la temporada.

Conclusiones: La información evidencia que las lagunas costeras, el Río Colorado y la zona marina frente a la Barra del Colorado son áreas de reproducción, donde los ejemplares se agregan durante algunas semanas. Se recomienda el establecimiento de un periodo de veda de al menos dos días por semana durante el pico del desove y una talla mínima de captura de 45 cm de longitud total. Al mismo tiempo, impulsar que se realicen futuros estudios en las lagunas cercanas a la zona costera y en distintas secciones del Río Colorado, con el objetivo de identificar áreas clave de crecimiento y alimentación.

Palabras clave: Caribe Norte; hermafroditismo protándrico; pesca artesanal; Río Colorado; robalo.

INTRODUCCIÓN

La calva (*Centropomus paralellus* Poey, 1860) pertenece a la familia Centropomidae, cuyas especies se conocen popularmente como robalos. Son peces demersales, que frecuentemente habitan zonas estuarinas y lagunas costeras (Rivas, 1986). La calva se distribuye desde sureste de la Florida en los Estados

Unidos hasta el sur de Brasil (Brennan et al., 2006; Zarza-Meza et al., 2006) y es una de las especies menos estudiadas en esta familia. En Costa Rica existen registros de la especie principalmente en el Caribe Norte, en el área de Barra del Colorado (Castro Morales, 2000; SINAC, 2021) y la cuenca del Río San Juan (Ross Salazar, 2005), donde se le considera una especie de interés pesquero comercial y de autoconsumo,

así como para la pesca deportiva (Chacón Chaverri, 1996).

Los robalos presentan un ciclo de vida diádromo, caracterizado por la reproducción en ambientes marinos. Cuando llevan a cabo el desove, las larvas y juveniles migran hacia estuarios y ríos, los cuales funcionan como zonas de crianza. En estos hábitats permanecen generalmente hasta alcanzar la etapa subadulto o la madurez sexual (Peters et al., 1998; Taylor et al., 2000). De acuerdo con lo descrito por Chaves (1963), en Veracruz (México) después de la reproducción, las calvas se encuentran en ríos y lagunas, debido a que acaban de completar su ciclo reproductivo, migrando de aguas salobres a aguas continentales. Lo anterior también se ha observado en Nicaragua, en donde se presume que la calva es un pez eurihialino diádromo, por lo que migra del mar hacia aguas continentales para reproducirse y desovar (Rivas, 1986). Sin embargo, Camacho & Gadea (2005) concluyeron que los individuos capturados en su estudio pudieron corresponder a ejemplares que llegaron a la parte alta del Río San Juan y el Lago de Nicaragua (entre octubre y diciembre), donde finalizaron el proceso de maduración para luego regresar a los estuarios del Río San Juan y el Río Colorado a desovar.

Una característica que ha sido confirmada mediante estudios histológicos es que la calva presenta hermafroditismo protándrico, lo que significa que inicia su ciclo de vida como macho y posteriormente se transforma en hembra (Peters et al., 1998; Taylor et al., 2000). Este factor es esencial en el manejo de las especies que presentan esta condición, ya que medidas de manejo pesquero como tallas mínimas o máximas de captura son poco efectivas en términos de manejo, dado que el manejo debe enfocarse en proteger a los reproductores más grandes, sin embargo, esta medida propicia la captura mayoritariamente de machos (Gassman et al., 2017).

En Barra del Colorado, Costa Rica, la calva es migratoria, y su presencia se concentra entre los meses de octubre hasta enero, principalmente en lagunas costeras que son drenadas por el Río Colorado, el cual finalmente desemboca

en el mar (González & Villalobos, 1999; Castro Morales, 2000). Castro Morales (2000) encontró que más del 90 % de ejemplares de calva capturados por los pescadores de Barra del Colorado se encontraban en fase reproductiva. Esta situación se confirmó nuevamente en el estudio de 2019-2020, en el que el 100 % de los peces muestreados se encontraron también en su fase reproductiva (SINAC, 2021).

Las personas de las comunidades aledañas al Río Colorado, Caribe Norte de Costa Rica, realizan una pesca comercial y de subsistencia durante estas agregaciones reproductivas. De acuerdo con los datos del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA), entre 2008 y 2011 se reportaron capturas de entre 8 000 y 24 000 kg de calva, que fueron comercializados fuera de las comunidades de Barra del Colorado (Ulate & Alvarado, 2016). Sin embargo, entre 2012 y 2014, se presentó una disminución drástica en las capturas, con volúmenes por debajo de los 4 000 kg, sin que se conozcan las causas de esta reducción (Ulate & Alvarado, 2016).

Dadas las condiciones descritas anteriormente, consideramos que es relevante la implementación de medidas de manejo pesquero que regulen el aprovechamiento de la calva, basado en modelos de evaluación pesquera que incluyan la distribución de tallas y sexo de capturas. Estas variables son especialmente difíciles de cuantificar en especies hermafroditas protándricas como la calva. Por tanto, este estudio busca generar información sobre estos parámetros para facilitar su incorporación en dichos modelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La investigación se realizó en la comunidad de Barra del Colorado, ubicada en el Caribe Noreste de Costa Rica, dentro de los límites del Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado (Fig. 1). Esta área silvestre protegida fue creada en 1985 y cuenta con una superficie de 81 177 ha terrestres. En esta zona predomina un sistema de lagunas, ríos, pantanos herbáceos y bosques

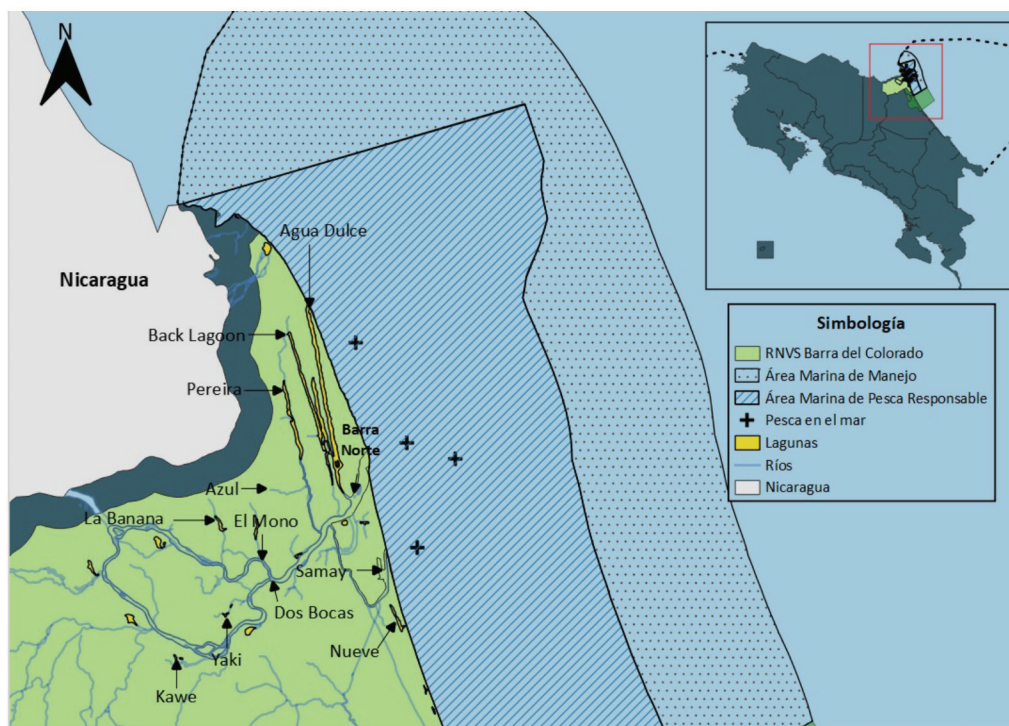


Fig. 1. Ubicación de los sitios de pesca de los pescadores artesanales de Barra del Colorado, tanto para aguas continentales como marinas.

inundados cuyas aguas confluyen al sistema marino (SINAC, 2017).

Frente a la costa del refugio, se estableció en 2019 un Área Marina de Pesca Responsable (AMPR) que se rige bajo un Plan de Ordenamiento Pesquero (Fig. 1), documento que define las características de las artes de pesca permitidas, tamaño de luz de malla, largo, ancho y alto de las redes de enmalle, tipo y tamaño de anzuelo, número de anzuelos y tipo de carnada. También incluye el periodo de veda y las especies objetivo por arte de pesca (INCO-PESCA, 2019). Esta AMPR limita al este con el Área Marina de Manejo Barra del Colorado, al norte con aguas de Nicaragua y al sur con el Parque Nacional Tortuguero.

Muestreos: Entre el 05 de diciembre de 2019 y el 30 de abril de 2025, se realizaron

visitas periódicas a dos centros de acopio de la comunidad de Barra Norte. En estos centros de acopio se muestrearon los ejemplares capturados por los pescadores artesanales de la zona. La muestra incluyó ejemplares de pescadores que voluntariamente aceptaron participar del estudio, los cuales fueron abordados en su embarcación o su vivienda. En aguas continentales, estos pescadores realizaron su faena a lo largo del Río Colorado, o en los sitios denominados: Laguna Agua Dulce, Back Lagoon, Caño Pereira, Caño Bravo, Caño El Mono, Dos Bocas, Laguna Nueve, Laguna Yaky, Laguna Kawe, Laguna Samay y Laguna La Banana (Fig. 1). Los pescadores realizaron la pesca marina en distintos puntos frente a la zona terrestre del refugio, a una distancia no mayor a los 12 km de la costa (Fig. 1). En aguas continentales los peces fueron capturados con caña y carrete,

así como con cuerda de mano. En el mar, las capturas se realizaron con redes de enmalle con una luz de malla de 4½” y 7”.

A cada pez se le tomó la longitud total en cm, la cual se midió utilizando un ictiómetro de 0.5 cm de precisión; y el peso total (kg) con una balanza de 0.01 kg de precisión. Posteriormente, se abrió con un cuchillo el abdomen de cada pez para la extracción de las gónadas, con el objetivo de determinar sexo y estado de maduración de las gónadas. Para este último parámetro, se utilizó una adaptación de la clasificación macroscópica de Sánchez et al. (2013) para las hembras y de Perea et al. (2019) para los machos (Tabla 1).

Se dispuso de datos de peces colectados entre noviembre de 1999 y enero de 2000,

los cuales fueron capturados en aguas continentales y marinas en los sitios descritos anteriormente. En este caso los especímenes fueron capturados con cuerda de mano y con redes de enmalle con una luz de malla de 4½”. Actualmente, esta última arte de pesca no es permitida en aguas continentales, sin embargo, al momento de coleccionar estos datos era legal. De cada organismo se obtuvo la longitud de horquilla en cm, se utilizó un ictiómetro de 0.5 cm de precisión; y peso total (kg) con una balanza de 0.01 kg de precisión. Debido a que durante el periodo 1999 – 2000 no se midió la longitud total de los ejemplares, se utilizaron los datos recientes para estimar las longitudes totales basados en la correlación de la longitud total vs longitud de horquilla, a través de la siguiente

Tabla 1

Clasificación macroscópica utilizada para determinar el estadio de desarrollo gonadal de la calva (*Centropomus parallelus*) en Barra del Colorado, costa Caribe de Costa Rica.

Estadio 0	Individuos inmaduros.
Estadio I Reposo	Hembras: individuos adultos que están reproductivamente inactivos. Los ovarios son lisos de color naranja y medianamente turgentes, no son traslúcidos como los virginales. Los ovocitos no son visibles a simple vista, la pared ovárica es engrosada y los vasos sanguíneos están desarrollados. Machos: Los testículos son delgados, aplanados, de color blanco grisáceo.
Estadio II En maduración	Hembras: Los ovarios son de color naranja claro. Pueden observarse zonas rosadas o rojizas dependiendo del grado de maduración en el que se encuentren. Son ovarios poco densos al tacto. Se pueden observar ovocitos pequeños a simple vista. Se identifica con claridad el vaso sanguíneo principal en la cara ventral del ovario. Machos: Testículos de tamaño mediano, delgados, medianamente turgentes y de color crema con algunas zonas más oscuras.
Estadio III Maduro	Hembras: Los ovarios presentan diversas tonalidades de naranja, en algunos casos con zonas sanguinolentas producto de la marcada presencia de vasos sanguíneos. Son ovarios turgentes. Como en el caso del estadio en maduración, se pueden observar ovocitos a simple vista, siendo éstos de mayor tamaño. Machos: Las gónadas de gran tamaño y color crema.
Estadio IV Desovante	Hembras: Individuos que están en pleno desove o han desovado recientemente. Ovarios de gran tamaño y turgentes cuando están en pleno desove o previos a éste. Los ovocitos hidratados se pueden observar a simple vista. Los que ya han desovado presentan una coloración que va desde el verdoso hasta el ámbar. Cuando están parcialmente desovados son un tanto flácidos. En este estadio, es común apreciar una sectorización de los ovocitos hidratados en la gónada, en relación con el resto de ellos de distribución más homogénea. Machos: Testículos de gran tamaño, muy turgentes, de color crema con zonas rosadas y el líquido espermático se expelle fácilmente con una suave presión.
Estadio V Recuperación	Hembras: Este tipo de ovarios son poco frecuentes y se caracterizan por ser flácidos o no turgentes. Los ovocitos atrésicos visibles se observan a manera de grumos amarillos claros o puntos rojos u oscuros en la superficie ovárica. El ovario suele adquirir también este color. Machos: Los testículos disminuyen de tamaño y su coloración es crema opaca. Son de consistencia flácida debido al término del proceso de expulsión.



ecuación: $y = 0.9122x + 0.1296$ ($r^2 = 0.95$). Se optó por mostrar los resultados del estudio en longitud total, dado que las disposiciones de manejo en Costa Rica utilizan este parámetro como referencia principal.

Estructura de tallas y comparación entre variables: Las tallas se agruparon en intervalos de 5 cm para comparar su distribución entre sexos y estadios utilizando tablas de contingencia. Las tallas se compararon entre los artes de pesca y entre temporadas utilizando un Análisis de Varianza (ANDEVA) de Welch, el cual no asume homogeneidad de varianzas. Asimismo, se utilizó la prueba exacta de Fisher para determinar diferencias en la proporcionalidad sexual de los peces.

RESULTADOS

La presencia de ejemplares de la calva tanto en las aguas continentales como en el mar varió entre las siete temporadas, abarcando los meses de julio a marzo, con un pico entre octubre y enero. No se presentó ningún registro de peces entre abril y junio (Tabla 2). Se muestrearon un total de 4 319 individuos con vísceras y 580 sin vísceras. El peso total con vísceras varió entre 0.25 y 5.75 kg, y de entre 0.30 y 2.80 kg para peces sin vísceras. El 51.4 % de los ejemplares

fueron capturados en aguas continentales y resto en el mar. Basado en la forma de sus gónadas, el 99.4 % de los individuos muestreados correspondieron a individuos adultos. El 78.8 % de las hembras capturadas ($n = 2\ 636$) se encontraban con las gónadas maduras (estadio III) y el 9.4 % había desovado o lo había realizado recientemente (estadio IV) (Fig. 2). En el caso de los machos ($n = 1\ 683$) el 82.1 % de los ejemplares se encontraban en estadio III y el 2.8 % había llegado a estadio IV. El análisis de proporción de estadios por sexo (excluyendo el estadio V pues ningún ejemplar mostró dicho estadio) mostró diferencias entre sexos ($\chi^2 = 166.66$, $df = 4$, $p < 0.001$): hubo más machos

Tabla 2

Meses de inicio y fin de la temporada reproductiva de calva (*Centropomus parallelus*) en Barra del Colorado, costa Caribe de Costa Rica.

Temporada	Inicio	Fin
1999-20	Noviembre	Enero
2019-20	Diciembre	Febrero
2020-21	Julio	Noviembre
2021-22	Octubre	Marzo
2022-23	Octubre	Enero
2023-24	Agosto	Febrero
2024-25	Octubre	Octubre

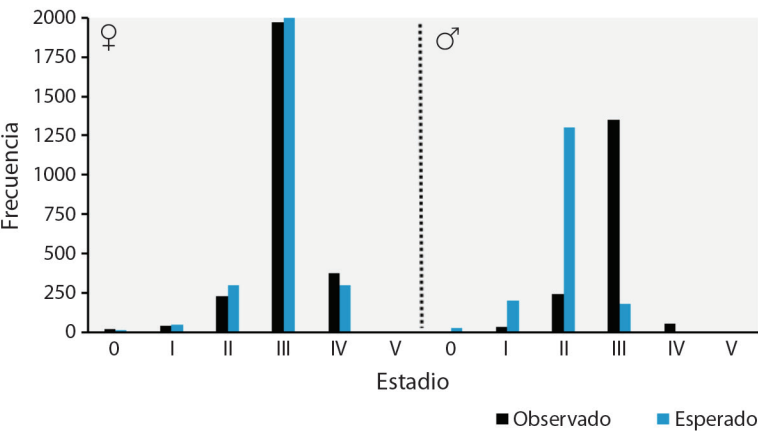


Fig. 2. Variación por sexo de la frecuencia relativa por estadio de madurez sexual de las calvas (*Centropomus parallelus*) capturadas por los pescadores artesanales de Barra del Colorado, costa Caribe de Costa Rica. Los valores esperados de acuerdo con una distribución proporcional de estadios entre sexos se muestran para comparación.

en estadios III y IV y menos hembras en estos estadios (Fig. 2).

Las tallas de los individuos sexados variaron entre 29 y 103 cm de longitud total (Fig. 3). La longitud de las hembras varió entre 33.5 y 103 cm (52.8 ± 5.86 ; promedio y desviación estándar), mientras que los machos estuvieron entre 29 y 67 cm ($46.4 \text{ cm} \pm 6.43$). La distribución de tallas por estadio muestra que hubo individuos de todos los estadios y tamaños con excepción del estadio V (Tabla 3), aunque hubo menos individuos pequeños en estadios I y II de lo esperado, y más individuos grandes en estadios III y IV de lo esperado si la distribución de estadios fuera proporcional entre tallas, tanto para hembras (Prueba Exacta de Fisher, $p < 0.001$) como para machos (Prueba Exacta de Fisher, $p < 0.001$). Las tallas promedio variaron

entre temporadas, tanto para hembras (ANDEVA: $F = 84.39$, $df = 6.0$ y 277.3 , $p < 0.0001$) como para machos (ANDEVA: $F = 397.4$, $df = 6.0$ y 248.5 , $p < 0.0001$). Las tallas promedio de mayor tamaño, tanto para hembras como para machos, se obtuvieron a partir de la temporada 2022-2023 (Fig. 4).

Proporción sexual por talla: Las tallas menores fueron dominadas por machos, patrón que se revirtió a partir del rango entre 45.1-50.0 cm en donde fueron proporcionalmente cada vez más hembras. A partir de 67 cm todos los individuos fueron hembras, mientras que todos los individuos menores de 30 cm fueron machos (Fig. 5). La proporción hembra : macho fue similar a 1 : 1 en la categoría de 45.1-50.0 cm ($\bar{X}^2 = 2.32$, $gl = 1$, $p = 0.13$), pero hubo

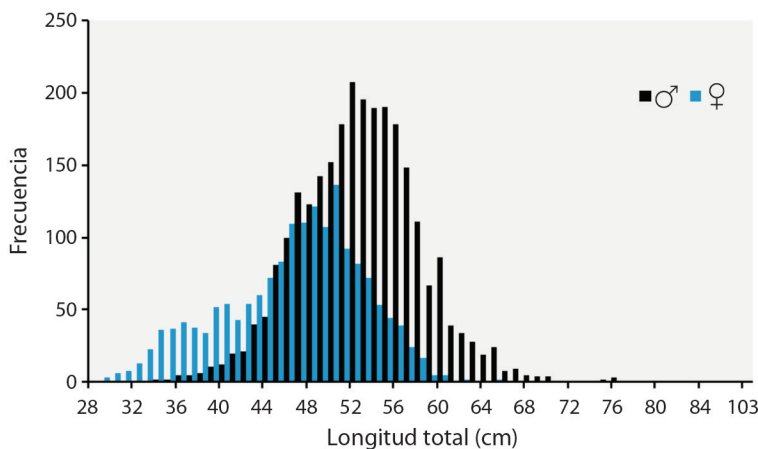


Fig. 3. Distribución de frecuencia relativa para las tallas de ejemplares de hembras y machos de calva (*Centropomus parallelus*) en Barra del Colorado, costa Caribe de Costa Rica.

Tabla 3

Cantidad de calva (*Centropomus parallelus*) por sexo registradas según estadio de madurez gonadal y longitud total (cm), en Barra del Colorado, costa Caribe de Costa Rica.

Estadio	Hembras			Machos		
	25-39 cm	40-54 cm	≥ 55 cm	25-34 cm	35-44 cm	≥ 45 cm
I	7	26	4	11	17	3
II	17	195	16	80	134	31
III	73	1 725	175	122	664	561
IV	9	303	65	0	23	34

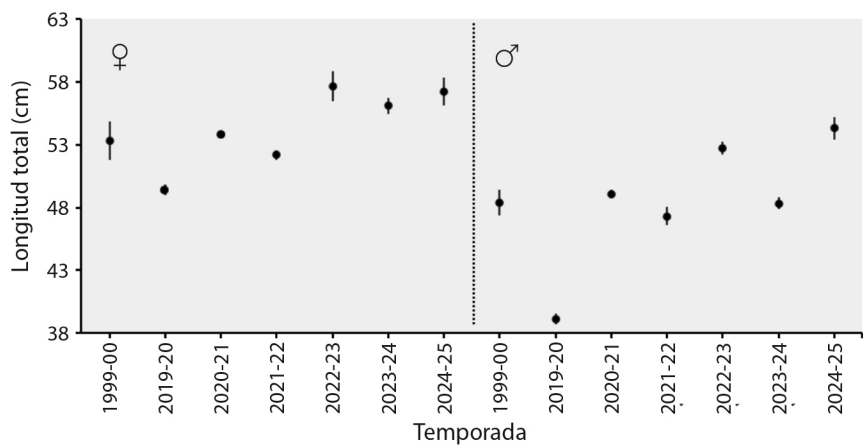


Fig. 4. Tallas promedio (intervalo de confianza al 95 %) para los ejemplares hembras y machos de calva (*Centropomus parallelus*) por temporada en Barra del Colorado, costa Caribe de Costa Rica.

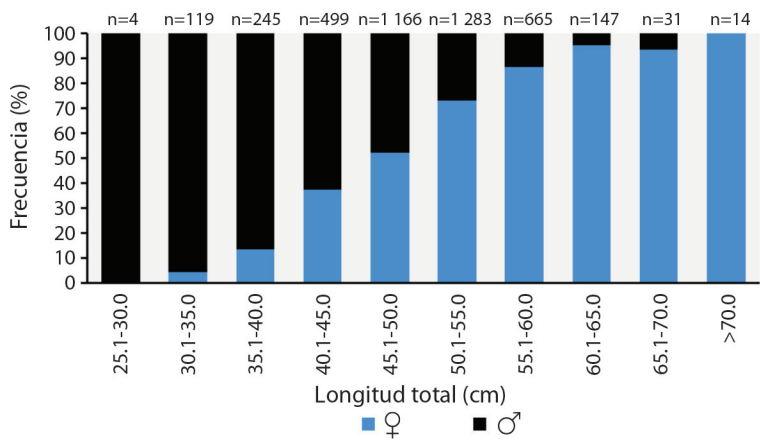


Fig. 5. Variación en la frecuencia (%) de la longitud total (cm) de las hembras y machos de calva (*Centropomus parallelus*) capturados en Barra del Colorado, costa Caribe de Costa Rica.

diferencias en la proporción en las categorías de talla menor o mayor ($\bar{X}^2 > 14.0$, $df = 1$, $p < 0.0001$ en todos los casos).

Capturas por arte de pesca: La distribución de tallas de la longitud total varió entre artes de pesca (ANDEVA: $F = 241.69$, $df = 3.0$ y 67.24 , $p < 0.0001$). En general, los individuos más grandes fueron capturados con trasmallo (Fig. 6).

Proporción sexual por temporada: La proporción de hembras : machos varió a lo

largo del periodo de muestreo ($\bar{X}^2 = 189.8$, $gl = 6$, $p < 0.001$). La distribución proporcional cambió de más hembras a más machos a partir del 2022 (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Las aguas continentales del Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado, Caribe Norte de Costa Rica, y el mar frente a sus costas son sitios importantes para una parte del ciclo de vida de la calva. Su presencia muestra una marcada temporalidad para el periodo

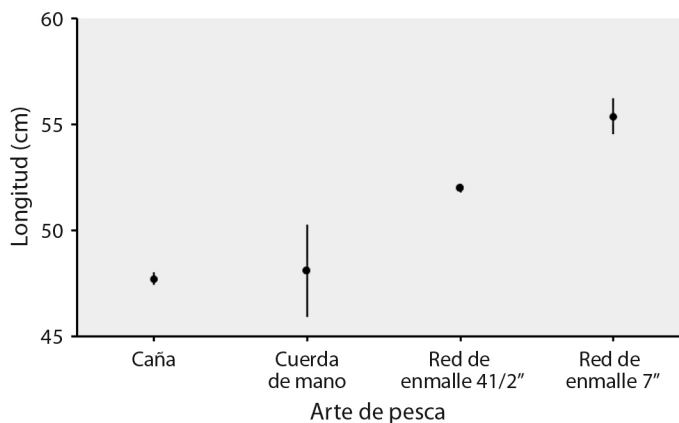


Fig. 6. Relación entre longitud total (cm) promedio (intervalo de confianza al 95 %) de los ejemplares de calva (*Centropomus parallelus*) y el arte de pesca con que fueron capturados por los pescadores artesanales de Barra del Colorado, costa Caribe de Costa Rica.

Tabla 4

Proporciones de sexos por temporada para los ejemplares de calvas (*Centropomus parallelus*) capturados por los pescadores artesanales de Barra del Colorado, costa Caribe de Costa Rica. Valores observados se muestran junto al valor esperado entre paréntesis si la proporción de sexos hubiera sido homogénea entre temporadas.

Temporada	Hembras	Machos	♀ : ♂
1999-00	102 (90.97)	47 (58.03)	2.17
2019-20	645 (693.59)	491 (442.41)	1.31
2020-21	987 (942.70)	557 (601.30)	1.77
2021-22	548 (428.00)	153 (273.00)	3.58
2022-23	152 (202.71)	180 (129.29)	0.84
2023-24	175 (242.39)	222 (154.61)	0.79
2024-25	28 (36.63)	32 (23.37)	0.88

comprendido entre octubre y enero, pero con apariciones entre febrero y marzo, y entre julio y setiembre. Su presencia es propiciada por su ciclo reproductivo, lo cual es confirmado por el alto porcentaje de ejemplares con desarrollo gonadal evidente (99.4 %; Fig. 2).

Temporalmente, los meses con la mayor cantidad de ejemplares muestreados coincide con lo observado para la misma zona a inicios de los 1990's, en donde el periodo de capturas abarcó octubre y diciembre (Chacón Chaverri, 1996). Esto difiere de lo reportado en un sitio

estuarino de Tecolutla en Veracruz, México, en donde los registros de la especie son más frecuentes entre mayo y julio (Pérez Ávila, 2003). Esta diferencia entre los sitios se podría deber a que el sistema en México principalmente abarca individuos inmaduros sexualmente (entre 3 y 25 cm de longitud total) (Pérez Ávila, 2003), mientras que en Barra del Colorado todos los individuos capturados son relativamente grandes y en estadio reproductivo. Es importante resaltar que hasta la fecha en la cuenca del Río Colorado no se ha encontrado una zona en donde los ejemplares juveniles se observen con frecuencia (Castro Morales, 2000; Ross Salazar, 2005).

El tamaño promedio de la longitud total observada en este estudio se encuentra dentro de los rangos reportados para la calva en la cuenca del Río San Juan, Nicaragua y Río Doce, Brasil (Camacho & Gadea, 2005; Pinheiro Rodrigues, 2005; Ross Salazar, 2005). El rango de tallas reportado para la vecina población del Río San Juan, de 25 a 85 cm (Camacho & Gadea, 2005) es consistente con el reportado en este estudio (29 a 85 cm), pues hubo solamente dos individuos >85 cm en nuestra muestra. Los individuos capturados en 1999-2000 no fueron en promedio mayores que los capturados en años recientes, y de



hecho las tallas mayores se reportaron a partir de 2022. Nuestros datos coinciden con lo que ha sido previamente reportado para la especie (Camacho & Gadea, 2005; Pinheiro Rodrigues, 2005; Ross Salazar, 2005), en donde las hembras alcanzan tallas mayores que los machos. Se observó la predominancia de ejemplares machos en las tallas menores a 45 cm y de las hembras en tallas superiores a 50 cm; entre 45 y 50 cm las proporciones sexuales son cercanas a 50 %. Esta característica es típica de especies con hermafroditismo protándrico (Peters et al., 1998; Taylor et al., 2000), como lo es en el caso de calva. En estos casos, la mayoría de los ejemplares jóvenes son machos y al alcanzar cierto tamaño experimentan un cambio sexual. Durante esta transición, es posible observar en las gónadas la presencia simultánea de lamelas ovígeras y restos de espermaductos dorsales que aún contienen esperma (Peters et al., 1998; Taylor et al., 2000; Gassman et al., 2017). Los resultados del presente estudio sugieren que el cambio de sexo empieza a ocurrir antes de 30 cm, pues encontramos hembras en esa categoría de tamaño. El hermafroditismo protándrico representa un desafío para el manejo pesquero de esta especie, ya que dificulta la aplicación de regulaciones basadas en la talla, como las que se utilizan en Costa Rica para otras especies (MarViva, 2013). Las tallas mínimas deberían ser diferentes para cada sexo, pero esto dificulta su aplicación en la práctica. En general, los resultados del estudio muestran que la cuerda de mano y la caña con carrete son artes de pesca más adecuadas para el manejo de esta especie, debido a que en promedio capturan especímenes entre 45 y 50 cm de longitud total, rango en donde se capturan proporciones similares de machos y hembras. Esto contrasta con las tallas de los ejemplares capturados mediante redes de enmalle, que suelen superar los 55 cm y corresponden mayoritariamente a hembras. Esta situación podría tener implicaciones negativas para la población, ya que se están extrayendo los individuos con mayor potencial reproductivo, lo que podría afectar la sostenibilidad del recurso a largo plazo. La mayor implicación negativa para la población es que alrededor

del 90 % de las hembras y más del 95 % de los machos en este estudio fueron capturados antes de llegar al estadio IV de desarrollo gonadal, lo cual indica que fueron capturados antes de que ocurriera el desove de la temporada. Mejorar la condición de esta población requiere medidas de manejo que aseguren que la población se explote hasta que la mayoría de la población haya llegado al estadio IV. En general, la proporción sexual observada fue mayor para hembras (1.57 : 1), lo que concuerda con datos previos para la especie en Barra del Colorado, en donde se estimó una proporción de hembras : machos de 2.17 : 1 (Castro Morales, 2000). En el Lago de Nicaragua y su cuenca que desemboca en el Río Colorado, en tres de cuatro sitios de muestreo también se encontró una predominancia de hembras (Camacho & Gadea, 2005). No obstante, en este estudio se observó una mayor proporción de machos a partir de la temporada 2022-23. Actualmente, no se cuenta con evidencia suficiente para explicar estas variaciones en las proporciones sexuales. Una posibilidad es que los individuos pequeños sean capturados y vendidos o consumidos sin pasar por los recibidores, precisamente por su tamaño pequeño. Los individuos pequeños removidos de la población muy probablemente son machos que no llegarán a convertirse en hembras, causando una disminución de éstas en la población. La continuidad y expansión del monitoreo biológico pesquero a largo plazo permitirá obtener información más robusta que contribuya a comprender mejor estas dinámicas.

La calva en la zona del Barra del Colorado presenta un patrón típico de hermafroditismo protándrico, con actividad reproductiva sincrónica entre los meses de octubre y enero de cada año. Asimismo, la información evidencia que las lagunas costeras, el Río Colorado y la zona marina frente a la Barra del Colorado son áreas de reproducción, donde los ejemplares se agregan entre cuatro y 15 semanas dependiendo de la temporada.

Como resultado de este fenómeno, los pescadores capturan activamente ejemplares que en su mayoría no han desovado, lo que podría, eventualmente, comprometer la sostenibilidad

de la especie. Como medida de manejo se recomienda establecer un periodo de veda que permita que al menos una parte de los individuos desoven antes de ser capturados, así como definir tallas mínimas de captura que consideren la condición de hermafroditismo protándrico de la especie. En consecuencia, la talla mínima debería situarse por encima del inicio del cambio sexual, es decir, al menos 45 cm de longitud total. Además, sería deseable la prohibición del uso de redes de enmalle con luz de malla de 7" para el periodo en donde la calva se congrega en el mar para evitar la captura de las hembras con el potencial reproductivo más alto.

Asimismo, resulta fundamental impulsar futuros estudios en las lagunas cercanas a la zona costera y en distintas secciones del Río Colorado, con el objetivo de identificar áreas clave de crecimiento y alimentación de la calva. Estos estudios podrían aportar evidencia valiosa para comprender los patrones de migración reproductiva hacia las zonas de desove, no solo de ejemplares inmaduros y adultos, sino también de larvas. Esta información será esencial para avanzar hacia una gestión integral y sostenible de la cuenca del Río Colorado.

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

A Marcos Reñasco y Andrés Jarquín por permitir los muestreos en sus centros de acopio, así como a los pescadores que brindaron información para el proyecto. A Fedrick Hodgson Molina y Wendy Reñasco por su colaboración durante las actividades de campo. Este proyecto fue financiado por el Fondo de Conservación

Marina-Programa Costa Rica por Siempre del Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

REFERENCIAS

- Brennan, N. P., Darcy, M. C., & Leber, K. M. (2006). Predator-free enclosures improve post-release survival of stocked common snook. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 335(2), 302–311.
- Camacho, J., & V. Gadea. (2005). Estudio técnico científico del róbalo en Río San Juan y el Gran Lago de Nicaragua. Proyecto Araucaria Río San Juan – Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales. Nicaragua. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Camacho2005Robalo.pdf>
- Castro Morales, C. (2000). Aspectos de la biología y estructura poblacional de *Centropomus parallelus* (Poey, 1890) durante el periodo de desove en Barra del Colorado, Limón. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional, Costa Rica.
- Chacón Chaverri, D. (1996). Abundancia y diversidad de los recursos ícticos aprovechados por la pesca recreativa en Barra del Colorado, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(3B), 489–498.
- Chaves, H. (1963). Contribución al conocimiento de la biología de los robalos, chucumite y constantino (*Centropomus* spp.) del estado de Veracruz. *Ciencia*, 22(5), 141–161.
- Gassman, J., López Rojas, H., & Padrón, D. (2017). Reproducción de los robalos *Centropomus undecimalis* y *C. ensiferus* (Perciformes: Centropomidae) en una laguna costera tropical. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 181–194.
- González, L., & Villalobos, L. (1999). La función social de la pesca artesanal costera: El Caso de Barra del Colorado. Proyecto de Investigación: Evaluación de los sistemas productivos costeros en Barra del Colorado, Limón, Costa Rica. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 3(6), 94–106.
- Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA). (2019). Plan de Ordenamiento Pesquero: Área Marina de Pesca Responsable Barra del Colorado. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. Costa Rica. https://incopesca.go.cr/pesca/pesca_responsable/AMPR%20Barra%20del%20Colorado/archivos/Plan_Ordenamiento_Pesquero_Barra_del_Colorado.pdf
- MarViva. (2013). Compendio de Normas Pesqueras de Costa Rica. Fundación MarViva. https://marviva.net/wp-content/uploads/2021/11/compendio_0.pdf
- Perea, Á., Cuba, A. & Sánchez, J. (2019). Desarrollo gonadal y fases de madurez gonadal del pez



- volador *Cheilopogon heterurus* (Rafinesque, 1810) (Exocotidae, Beloniforme). *The Biologist* (Lima), 17(1), 169–178.
- Pérez Ávila, S. S. (2003). Estudios de algunos aspectos de la biología de los peces centropomidos (robalo) de Tecolutla, Veracruz. Universidad Autónoma de México, México.
- Peters, K. M., Matheson, R. E., & Taylor, R. G. (1998). Reproduction and early life history of common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch), in Florida. *Bulletin of Marine Science*, 62(2), 509–529.
- Pinheiro Rodrigues, P. (2005). Aspecto reproductivos do robalo peba, *Centropomus parallelus*, Na Foz Do Rio Doce, Linhares/es. Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.
- Rivas, L. (1986). Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. *Copeia*, 3, 579–611.
- Ross Salazar, E. A. (2005). Ecología de las especies ícticas más importantes en la margen costarricense del Río San Juan. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional, Costa Rica.
- Sánchez, J., Perea, A., Buitrón, B. & Romero, L. (2013). Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. *Revista Peruana de Biología*, 20(1), 35–44.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2017). Actualización del Plan General de Manejo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Costa Rica. [https://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACTO/Refugio%20Nacional%20de%20Vida%20Silvestre%20Barra%20del%20Colorado%20\(2017\).pdf](https://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACTO/Refugio%20Nacional%20de%20Vida%20Silvestre%20Barra%20del%20Colorado%20(2017).pdf)
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2021). Informe técnico final de levantamiento de línea base pesquera continental y marina del Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado, Área Marina de Pesca Responsable Barra del Colorado, Área Marina de Manejo Barra del Colorado y el Área Marina de Manejo Barra del Colorado. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Costa Rica.
- Taylor, G. R., Wittington, J. A., & Grier, H. J. (2000). Age growth, maturation and protandric sex reversal in the common snook *Centropomus undecimalis*, from the east and west coasts of south Florida. *Fishery Bulletin*, 98(3), 612–624.
- Ulate, G., & Alvarado, C. (2016). Caracterización de la actividad pesquera en Barra del Colorado, Caribe Norte. Fundación Neotrópica.
- Zarza-Meza, A. E., Villalobos, J. B., Vásquez, C. P., & Álvarez, P. T. (2006). Cultivo experimental del robalo *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) y chucumite *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) (Perciformes: Centropomidae) en agua dulce en un estanque de concreto en Alvarado, Veracruz, México. *Veterinaria México*, 37(3), 327–333.