



BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL BOCACHICO *Prochilodus magdalenae* (PROCHILODONTIDAE) EN EL RÍO SAN JORGE, COLOMBIA

Reproductive biology of Bocachico *Prochilodus magdalenae* (Prochilodontidae) in the San Jorge River, Colombia

María Alejandra DORIA-GONZÁLEZ¹, Andrea Marcela ESPITIA-GALVIS², Fredys F. SEGURA-GUEVARA², Charles W. OLAYA-NIETO²*

¹Maestría en Oceanografía, Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla, Cartagena, Colombia.

²Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Cra 23 No. 2A-20, Piso 2.

*For correspondence: colaya@correo.unicordoba.edu.co

Received: 15th october 2019, **Returned for revision:** 16th january 2020, **Accepted:** 16th april 2020.

Associate Editor: Alan Giraldo.

Citation/Citar este artículo como: Doria-González MA, Espitia-Galvis AM, Segura-Guevara FF, Olaya-Nieto CW. Biología reproductiva del Bocachico *Prochilodus magdalenae* (Prochilodontidae) en el río San Jorge, Colombia. Acta Biol Colomb. 2021;26(1):54-61. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v26n1.82907>

RESUMEN

Se estudió la biología reproductiva del Bocachico, *Prochilodus magdalenae*, en el río San Jorge, Colombia. La especie es un pez con proporción sexual hembra: macho de 1,2:1, diferente a lo esperado. Presenta desarrollo ovocitario sincrónico en dos grupos, un desove anual que se extiende de abril a septiembre asociado al ciclo hidrológico del río San Jorge, talla media de madurez sexual estimada en 30,2 cm LT, ovocitos grandes de 950 µm y fecundidad promedio de 109 972 ovocitos, cuya ecuación fue $F = 7271,6 WO^{0,60}$, $r = 0,93$, $n = 14$.

Palabras clave: madurez sexual, ovocitos, pesquería, reproducción (Fuente: AIMS).

ABSTRACT

The reproductive biology of the Bocachico, *Prochilodus magdalenae*, in the San Jorge River, Colombia, was studied. The species is a fish with sexual proportion female: male of 1.2:1, different than expected. It presents synchronous ovocitary development in two groups, an annual spawning that extends from April to September associated to the hydrological cycle of the San Jorge River, length at first maturity estimated in 30.2 cm TL, large oocytes of 950 µm, and average fecundity of 109 972 oocytes, whose equation was $F = 7271,6 OW^{0,60}$, $r = 0,93$, $n = 14$.

Keywords: fishery, oocytes, reproduction, sexual maturity (Source: AIMS).

INTRODUCCIÓN

El Bocachico *Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1878) es la principal especie de las pesquerías en la cuenca del río Magdalena desde mucho tiempo atrás, debido a su gran aceptación y valor comercial. Esto incluye los ríos Cauca y San Jorge, así como las cuencas de los ríos Sinú y Atrato (Miles, 1947; Dahl, 1963; 1971; Olaya-Nieto *et al.*, 2003; 2016; Valderrama *et al.*, 2011; Villalba, 2019). Hoy en día es una de las especies con mayor grado de vulnerabilidad (Mojica *et al.*, 2012) debido en parte a su sobreexplotación. A esto se suma su carácter de pez reofílico con migraciones anuales, sucesos que acontecen tanto al remontar las aguas altas para reproducirse como al desplazarse en aguas bajas hacia sus áreas de alimentación (Olaya-Nieto *et al.*, 2016), lo cual lo hace aún más susceptible a ser capturado en grandes cantidades. La pesquería en la cuenca del Magdalena, antes de la declinación de sus capturas, produjo 49378 t/año en el período 1977-1988, lo que representó el 85 % de la producción pesquera dulceacuícola del país (Valderrama y Zárate, 1989), alcanzando el Bocachico el 45 % de la captura total de la cuenca en este lapso con 22 220 t/año, lo que demuestra la importancia económica y social que tenía la especie en la pesca de aguas interiores (Valderrama *et al.*, 1993). La pesca total de la especie en la cuenca Magdalena descendió de 38000 t en 1978 a solo 6000 ton en 1999, lo que corresponde a una disminución del 84 %. Desde entonces, las poblaciones no han logrado recuperarse y su captura anual ha oscilado entre 3000 y 7000 t (Barreto *et al.*, 2010), alcanzando el 62,6 % en 2017 y el 47,9 % en 2018 con respecto a la captura total en la cuenca (De la Hoz-M *et al.*, 2017; 2018).

De acuerdo con Mojica *et al.* (2012), a pesar de ser la especie íctica más investigada del país, persisten vacíos de información, especialmente en los aspectos reproductivos, genéticos poblacionales y de dinámica poblacional y migratoria en las cuencas del Magdalena y del Atrato. Para la cuenca del Sinú se conoce su dinámica migratoria y la estructura genética de las poblaciones, información que permitió establecer que es una de las especies con mayor grado de vulnerabilidad por su alto aporte a la pesca comercial y de consumo. En la cuenca del Magdalena, la disminución de las capturas de la especie ha sido tal, que en muchas ciénagas del área ha dejado de ser la de mayor aporte a las pesquerías, y en algunos casos ha pasado a ser una especie de importancia marginal. Sumado a esto, el grave estado de sobreexplotación, sus elevadas tasas anuales de mortalidad total y el exceder los niveles de rendimientos sostenibles para esta especie, indican un alto grado de sobrepesca (Valderrama *et al.*, 1993), soportado en parte por la dramática disminución de su talla media de captura, la cual pasó de 38 cm de longitud estándar (LS) en 1973 a 27 cm LS en 1987 (Zárate *et al.*, 1988) y 22,8 cm LS en los años 2013-2014 (De la Hoz-M *et al.*, 2015).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la biología reproductiva de la especie en el río San Jorge, como contribución al estado del conocimiento de la especie, a su conservación en el medio natural y al ordenamiento de su pesquería, apuntando a la seguridad alimentaria de los pescadores y sus familias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el río San Jorge, cuya cuenca se ubica al noroccidente de Colombia entre los departamentos de Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar, con una extensión de aproximadamente 1 752 284 Ha. Se presentan cuatro tramos bien definidos: Alto San Jorge, Medio San Jorge, Bajo San Jorge y la ciénaga de Ayapel. Adicionalmente, este río hace parte de la región de La Mojana, caracterizada por ser una amplia zona de humedales, resultado de la interacción entre los afluentes de los ríos San Jorge, Cauca y Magdalena (CVS-Fonade, 2004).

La ciénaga de Ayapel se ubica en la parte baja de la cuenca del río San Jorge en jurisdicción del Municipio de Ayapel en el Departamento de Córdoba, en los 8° 18' Norte y 75° 08' W, a 22 m. s. n. m., con un espejo de agua promedio de 37 600 hectáreas, extensión que ha venido disminuyendo con el tiempo. Dentro de sus principales tributarios se encuentran el caño Barro, el caño San Matías, la quebrada Escobillas, el caño Muñoz y la quebrada Quebradona. Esta ciénaga es el cuerpo de agua más importante en toda la cuenca del San Jorge y funciona como plano inundable y de amortiguación natural, almacenando los excesos producidos por desbordamientos de los ríos San Jorge y río Cauca (CVS-Fonade, 2004).

Se registra una precipitación promedio multianual que fluctúa entre los 2300 y los 2500 mm y un tipo de clima que varía de ligeramente húmedo a moderadamente húmedo en dirección occidente-oriental. En época seca la ciénaga presenta profundidades de 50 a 80 cm en sectores someros y de dos a tres metros en las partes más profundas, mientras que en épocas de lluvias la profundidad máxima de la ciénaga oscila entre cinco y siete metros.

Obtención de las muestras

El estudio contó con el permiso marco de colecta de la Universidad de Córdoba otorgado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA, mediante Resolución No. 00914. Los muestreos se efectuaron de acuerdo con el protocolo aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, con muestreos mensuales de enero a diciembre de 2013. Los sitios seleccionados fueron Bocas de Seheve, ubicado en la confluencia del San Jorge con la ciénaga de Ayapel (8° 28' N,

75° 03' W) y aguas arriba de la desembocadura del río Uré (7° 57' N, 75° 31' W). Se recolectaron 396 individuos, a los cuales se les tomó la longitud total (LT) y la longitud estándar (LS) al milímetro más cercano con un ictiómetro graduado en mm (IK2, Aquatic Biotechnology, España) y el peso total (WT) al gramo más cercano con una balanza electrónica con capacidad de 5000 ± 1 g (CS 5000, Ohaus Corporation, USA). Los muestreos se efectuaron utilizando trasmallo como arte de pesca, con longitudes entre 400 y 800 m, diámetro de ojo de malla extendida entre 2,9 y 3,5 pulgadas y tiempo efectivo de pesca de diez a doce horas por faena. Los ejemplares recolectados se conservaron refrigerados en neveras de poliuretano de 142 litros de capacidad (Marine Cooler 2A75, Rubbermaid, USA) y se transportaron al Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera de la Universidad de Córdoba, en Lórica.

Los peces se evisceraron y las gónadas se separaron del resto de órganos, se pesaron en una balanza eléctrica de $1500 \pm 0,01$ g de capacidad (Adventurer, Ohaus Corporation, USA) y se conservaron en solución de Gilson. Se registró la fecha, el sitio de captura, el arte de pesca utilizado, el peso eviscerado, el sexo, el peso de las gónadas, el número de la muestra y el estado de madurez sexual o gonadal para los ovarios, de acuerdo con la escala de Vazzoler (1996): (I) inmaduros o vírgenes, (II) madurando, (III) maduros y (IV) desovados.

Las proporciones sexuales total y mensuales se calcularon con la ecuación: $\% \text{ machos} = 100 * (Nm/Nt)$ (Wenner, 1972), en donde Nm es el número de machos y Nt el número total de individuos. La proporción sexual por rango de talla, que permite establecer los cambios con el tamaño y edad que alcanza el individuo, se estableció con la técnica de Holden y Raitt (1975), utilizando intervalos de clase de 2,0 cm. Se estimaron el índice gonadosomático (IGS1) y el índice gonadosomático corregido (IGS2) con las ecuaciones de Vazzoler *et al.* (1989) y Tresierra y Culquichicón (1995): $IGS1 = 100 * WG/WT$, en donde WG es el peso de las gónadas (ovario o testículo) y WT es el peso total del pez; $IGS2 = 100 * WG/WE$, en donde WE es el peso eviscerado del pez. También se obtuvo el índice gonadal (IG): $IG = 10^4 * WG/LT^b$ (Vazzoler, 1996), en donde LT es la talla total del pez y b es el coeficiente de crecimiento de la regresión longitud-peso. El factor 10^4 se utilizó para efectos de comparación con los IGS1 e IGS2.

La talla de madurez sexual (TMC) se estimó utilizando la metodología propuesta por Sparre y Venema (1997). Mediante un ocular micrométrico se midió el diámetro de ovocitos procedentes de diferentes muestras de todos los meses del año, seleccionadas al azar, para así establecer su distribución de frecuencias de diámetro y seleccionar aquellos maduros. Posteriormente, se tomó una submuestra de cada ovario encontrado en estado de madurez sexual III (0,15 - 0,25 g) para estimar la fecundidad total (F), aplicando el método gravimétrico (Laevastu, 1980; Tresierra

y Culquichicón, 1993; 1995): $F = nG/g$, en donde n es el número de ovocitos maduros en la muestra, G es el peso de todos los ovocitos y g es el peso de la muestra. También se estimaron las ecuaciones de fecundidad, longitud total-fecundidad, peso total-fecundidad y peso ovarios-fecundidad para seleccionar la curva de mejor ajuste.

Las variables estudiadas se presentan como promedio \pm desviación estándar. Se aplicó el test estadístico Chi-cuadrado (Zar, 2010) para confirmar si la proporción sexual estimada se ajustaba a lo esperado, y el Análisis de varianza ($p < 0,05$) para evaluar los cambios de los índices estimados para hembras y machos en cada estado de madurez durante el ciclo reproductivo.

RESULTADOS

Se recolectaron en total 396 individuos entre enero y diciembre de 2013, con tallas y pesos que oscilaron entre 19,9 y 42,7 ($28,8 \pm 4,6$) cm LT, 15,0 a 34,5 ($22,8 \pm 4,0$) cm LS, y 103,0 a 1105,0 ($339,4 \pm 185,5$) g de peso total. 210 especímenes fueron hembras, 171 machos y 15 indiferenciados. Las tallas mínima y máxima se recolectaron en octubre y septiembre y los pesos mínimo y máximo se registraron en octubre y junio. Las clases de tallas más abundantes en las capturas fueron 20,0-25,0 cm y 25,0-30,0 cm LT. La distribución de frecuencia de tallas presentó una curva normalmente distribuida con una talla media de captura de 29,0 cm LT. El peso medio de captura fue de 343,4 g.

La proporción hembra: macho observada fue de 1,2:1, opuesto a lo esperado 1:1 (χ^2 : 3,992; $p < 0,05$; 1 gl), con diferencias estadísticas significativas solo en julio (1:2,2; χ^2 : 4,829; $p < 0,05$; 1 gl) y octubre (3,5:1; χ^2 : 8,333; $p < 0,05$; 1 gl). La proporción sexual hembra: macho por rango de talla (Tabla 1) fue similar a lo esperado en casi todos los intervalos, excepto en uno (32,5-37,5 cm LT, χ^2 : 9,615; $p < 0,05$; 1 gl). Los índices de madurez sexual alcanzaron sus valores más altos en el estado de madurez III, encontrándose diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre este estado y los otros asignados con los tres índices de madurez utilizados (IGS1, IGS2 e IG), tanto para hembras como para machos (Tabla 2).

En la Figura 1 se observa que la mayor parte de la muestra estuvo conformada por individuos inmaduros, tanto para hembras ($n = 163$, 77,6 %) como para machos ($n = 143$, 83,6 %). La recolección de ejemplares hembras en estado de madurez III indica que su pico reproductivo ocurrió entre mayo y agosto, teniendo en cuenta el alto porcentaje de individuos maduros. Esto fue similar a lo encontrado para los machos, cuyo pico reproductivo se presentó entre febrero y agosto, excepto abril y julio, lo que evidencia sincronía en el desove de la especie entre mayo y agosto, y un periodo reproductivo con un desove anual que se extiende de abril a septiembre.

Tabla 1. Proporción sexual por rango de talla de Bocachico en el río San Jorge. Año 2013. LT: Longitud total, Obs.: Chi-cuadrado observado, Tab.: Chi-cuadrado tabulado, *: Diferencia estadística significativa.

Talla (cm LT)	Hembras	Hembras (%)	Machos	Machos (%)	H : M	χ^2 (Obs.)
17,5 - 22,5	9	64,3	5	35,7	1,8:1	1,143
22,5 - 27,5	65	43,9	83	56,1	1:1,3	2,189
27,5 - 32,5	75	57,7	55	42,3	1,4:1	3,077
32,5 - 37,5	45	69,2	20	30,8	2,3:1	9,615*
37,5 - 42,5	16	69,6	7	30,4	2,3:1	3,522
42,5 - 47,5	0	0,0	1	100,0	-	-

Las tallas de inicio de madurez sexual (TIM) encontradas, o los individuos más jóvenes o de menor tamaño, fueron 19,9 y 20,7 cm LT (15,0 y 16,5 cm LS) para hembras y machos, respectivamente. Estas fueron menores a las estimadas en el río Atrato (22,0 y 20,0 cm LS) por Román-Valencia (1993), en el río Sinú (20,6 cm LS, 26,0 cm LT) para sexos combinados por Valderrama y Vejarano (2001), en el alto Sinú (24,6 cm LT) para hembras (Olaya-Nieto *et al.*, 2001) y en la cuenca del río Sinú (23,9 y 23,2 cm LT) para hembras y machos (Olaya-Nieto *et al.*, 2003).

La talla media de madurez sexual (TMM) se estimó en 31,5, 27,6 y 30,2 cm LT (25,8, 22,4 y 24,6 cm LS) para hembras, machos y sexos combinados, respectivamente (Fig. 2). La talla media de madurez sexual estimada para sexos combinados (30,2 cm LT, 24,6 cm LS) concuerda con la observada para sexos combinados de la especie en el río Atrato (24,6 cm LS) por Román-Valencia (1993) y fue mayor a las reportadas para el río Sinú (28,4 cm LT) por Olaya-Nieto *et al.* (2003), para el río Magdalena (23,2 cm LS, 28,5 cm LT) por MADR-CCI (2007) y para el río La Miel (24,3 cm LS) por Reinoso-Flórez *et al.* (2010). Los resultados

fueron similares a los encontrados en las tallas medias de madurez sexual para hembras en el río Sinú (29,6 y 28,4 cm LT) estimadas por Valderrama y Vejarano (2001) y Olaya-Nieto *et al.* (2003); caso contrario ocurrió con las tallas de los machos (30,8 y 28,5 cm LT).

El tamaño o diámetro de los ovocitos maduros osciló entre 901 y 1098 μm , con promedio de 951 ($\pm 47,3$) μm . Este diámetro fue similar al reportado por Olaya-Nieto *et al.* (2003) para la especie en el río Sinú (951 μm) y muy diferente al encontrado por Román-Valencia (1993) en el río Atrato (770 μm). Las observaciones de hembras maduras y desovadas en cuatro y siete meses del estudio, respectivamente, tanto en aguas ascendentes, como en aguas altas, así como de machos maduros y espermiados en cinco meses para cada caso, respectivamente, tanto en aguas ascendentes, como en aguas altas y en aguas descendentes, también han sido reportadas por MADR-CCI (2007), Jiménez-Segura (2007) y Reinoso-Flórez *et al.* (2010) en la cuenca del Magdalena, por Olaya-Nieto *et al.* (1999; 2000) en la cuenca del Sinú y por Román-Valencia (1993) y Cala y Román-Valencia (1999) en la cuenca del Atrato.

Tabla 2. Índices de madurez sexual por estadio en hembras y machos de Bocachico en el río San Jorge. IGS1: Índice gonadosomático, IGS2: Índice gonadosomático corregido, IG: Índice gonadal.

Estado de madurez - H	n	IGS1	IGS2	IG
I	163	0,155 \pm 0,101 a	0,185 \pm 0,121 a	0,00002 \pm 0,00001 a
II	11	2,498 \pm 4,987 b	3,326 \pm 7,031 b	0,0002 \pm 0,0005 b
III	14	20,475 \pm 5,175 c	25,595 \pm 6,469 c	0,002 \pm 0,0005 c
IV	22	0,790 \pm 0,826 a	0,957 \pm 1,009 a	0,0001 \pm 0,0001 a
Estado de madurez - M	n	IGS1	IGS2	IG
I	143	0,025 \pm 0,032 a	0,030 \pm 0,038 a	0,000002 \pm 0,000002 a
II	8	0,116 \pm 0,046 b	0,136 \pm 0,056 b	0,00001 \pm 0,000003 b
III	15	0,370 \pm 0,146 c	0,436 \pm 0,172 c	0,00003 \pm 0,00001 c
IV	5	0,219 \pm 0,050 d	0,261 \pm 0,066 d	0,00002 \pm 0,000003 d

n = número de individuos por estado de madurez del ciclo reproductivo. Valores con letras iguales en la misma columna son estadísticamente similares.

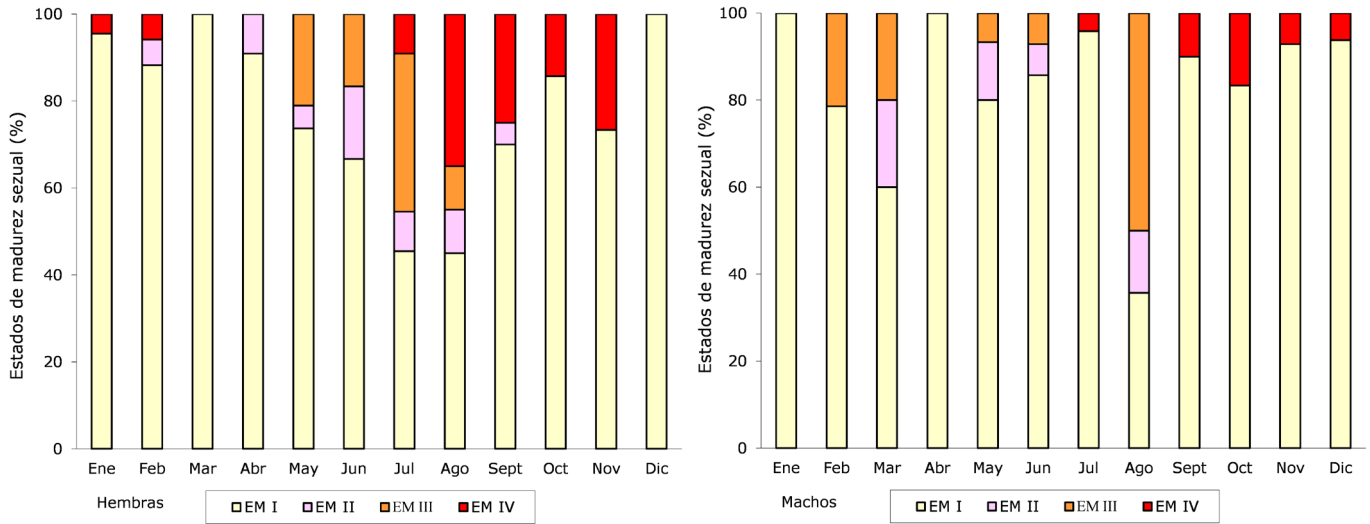


Figura 1. Composición de los estados de madurez sexual en hembras y machos de Bocachico en el río San Jorge. EM: Estado de madurez sexual.

Las tallas, pesos totales y pesos de ovarios de las hembras maduras oscilaron entre 27,0 y 38,7 cm LT, 210,0 y 706,2 g y 35,006 y 132,129 g, respectivamente, mientras que la fecundidad absoluta promedio se estimó en 109 972 (\pm 21 721) ovocitos (Tabla 3). La ecuación con mejor ajuste fue: $F = 7271,6 \text{ WG}^{0,60}$, $r = 0,93$, $n = 14$ (Fig. 3), cuyo coeficiente de correlación fue alto y estadísticamente significativo.

DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta la información analizada, el rango de las tallas encontradas en este trabajo fue menor que los rangos reportados para el río Atrato (160-395 mm LS) por Arango (2001), las ciénagas de Tumaradó, río Atrato (19,0-38,0 cm LS) por Jaramillo-Villa y Jiménez-Segura (2008) y la ciénaga de Marriaga, río Atrato (20,0-47,0 cm LS) por Roa-Cubillos y Villa-Navarro (2019), mientras que

las longitudes máximas fueron mayores que las observadas para la cuenca del río Sinú (35,0 y 37,7 cm LT) por Olaya-Nieto *et al.* (2001; 2003), de forma similar a lo encontrado para la talla media de captura, que mostró una tendencia análoga. Tales diferencias pueden asociarse con el número de individuos recolectados, la época del año en que se recolecten, la selectividad del arte de pesca utilizado, la presión pesquera a que es sometido el recurso pesquero, y las condiciones ambientales que presente el cuerpo de agua, entre otros factores, de acuerdo con Segura-Guevara *et al.* (2011), como es el caso de los ríos San Jorge y Sinú.

La proporción hembra: macho observada en este trabajo (1,2:1) es similar a lo reportada para el río Magdalena (1,2:1) por MADR-CCI (2007) y para el río Atrato (1,3:1) por Román-Valencia (1993), pero diferente a la estimada en la cuenca del río Sinú (1:1,8) por Olaya-Nieto *et al.* (2003) y muy diferente a la informada por Jaramillo-Villa y Jiménez-Segura (2008) en las ciénagas de Tumaradó (4,7:1) y por Roa-Cubillos y Villa-Navarro (2019) en la ciénaga de Marriaga (3,0:1). Las diferencias encontradas entre los diversos trabajos citados (excepto por los realizados en el río Sinú) y los hallados en esta investigación pueden explicarse por el efecto que ejerce la selectividad del arte de pesca utilizado sobre éste parámetro biológico, y porque se espera que el Bocachico - como todo pez reofílico - migre en aguas bajas hacia la parte alta del río, por lo que no es recomendable efectuar muestreos o recolectas de ejemplares para estudios de biología reproductiva únicamente en las ciénagas o en sus puertos pesqueros, o solo durante una parte del año, especialmente porque su migración ocurre al final del mismo. Tales trabajos estarían muestreando los peces que quedan en las ciénagas y que no se han unido a la subienda, pues posiblemente no son aptos para el proceso reproductivo y son los que soportan la pesquería en las ciénagas en la época de aguas bajas, junto con las especies sedentarias, convirtiéndose en la base alimenticia de los pescadores y sus familias.

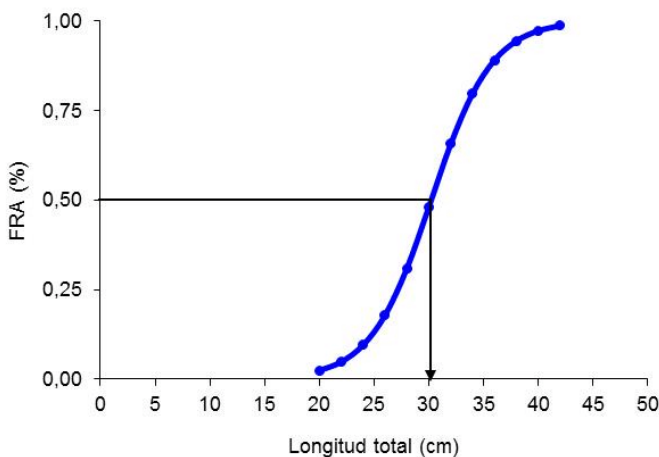


Figura 2. Talla media de madurez sexual en sexos combinados de Bocachico en el río San Jorge. FRA.: Frecuencia relativa acumulada.

Tabla 3. Información básica de talla, peso, peso de ovarios y fecundidad de Bocachico en el río San Jorge. LS: Longitud estándar, LT: Longitud total, WT.: Peso total del pez, WO.: Peso de ovarios, F.: Fecundidad.

N°	LS (cm)	LT (cm)	WT (g)	WO (g)	F (Ovocitos)
1	28,3	34,5	653,8	88,291	111989
2	28,5	34,6	657,4	102,456	120004
3	25,9	31,4	481,8	72,487	105456
4	27,8	34,3	517,9	97,365	116873
5	32,2	38,7	706,2	121,524	125720
6	27,0	33,3	454,6	110,875	115321
7	25,1	31,0	376,3	110,375	121357
8	24,9	30,5	368,1	102,121	115352
9	29,7	36,6	642,7	132,129	154965
10	22,5	27,0	210,0	35,006	62528
11	25,0	30,3	374,9	88,127	116714
12	26,2	32,0	443,9	71,352	87450
13	24,6	30,0	333,3	70,794	85277
14	25,0	31,0	392,0	105,824	100601
Mín.	22,5	27,0	210,0	35,006	62528
Máx.	32,2	38,7	706,2	132,129	154965
Prom.	26,6	32,5	472,4	93,5	109972
sd.	2,5	3,0	146,3	25,0	21721

La época de desove de los peces reofilicos del río San Jorge es similar a la de los ríos Atrato (Cala y Román-Valencia, 1999) y Sinú (Olaya-Nieto *et al.*, 2003; 2016). Comprende el período lluvioso y concuerda con el inicio de éste; puede variar entre marzo y abril si se presentan las diferencias de caudal y los cambios físicoquímicos necesarios para inducirlo (Olaya-Nieto *et al.*, 2000). Es necesario resaltar que en estos tres ríos, los peces migran aguas arriba en estado de madurez sexual I, y es en dicho tramo del río en donde maduran sus gónadas, presentándose un desove anual en el cauce principal con las primeras lluvias del año (Cala y Román-Valencia, 1999; Olaya-Nieto *et al.*, 2003; 2016). Lo contrario ocurre en el río Magdalena, en donde la especie presenta dos periodos reproductivos sincronizados con el régimen hidrológico bi-modal de su cuenca (Jiménez-Segura, 2007), por lo que es poco probable encontrar ejemplares maduros en las ciénagas o en el plano inundable del San Jorge. Es válido mencionar que, de acuerdo con el régimen de pesca que se aplique, la población puede sufrir cambios mayores o menores en el número y biomasa total de sus individuos, en su estructura de talla o edad, en su velocidad de crecimiento e inclusive en su capacidad de reproducción (Csirke, 1980; Allan *et al.*, 2005).

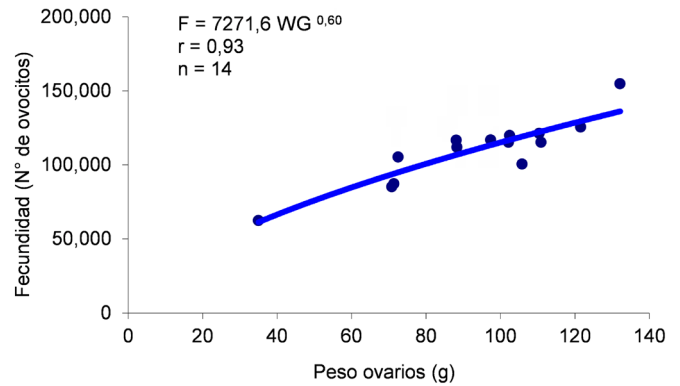


Figura 3. Relación peso ovarios-fecundidad de Bocachico en el río San Jorge. F.: Fecundidad, r: Coeficiente de correlación, n: Número de ovarios maduros.

Al relacionar la TMM con la TMC reportadas para la especie en la cuenca del San Jorge por Olaya-Nieto *et al.* (2016) (31,4 cm LT, n = 5556) y por Villalba (2019) (32,9 cm LT, n = 1374), se observó que este pez está siendo capturado después de su reproducción, lo que sugiere que la pesquería se está desarrollando adecuadamente y no hay una evidente sobrepesca sobre el recurso, a diferencia de lo que sucede en los ríos Magdalena y Sinú.

La alta fecundidad estimada en este trabajo (109 972 ovocitos) fue mayor a la encontrada para el río San Jorge (88 274; Ramos, 1963) y para las cuencas baja y media del Sinú (99 916; Restrepo, 2001) y menor que la reportada para el río Atrato (148 940; Román-Valencia, 1993) y para la cuenca del río Sinú (153 114, 117 266; Olaya-Nieto *et al.*, 2001; 2003). Con base en estos datos, la fecundidad de la especie fluctúa entre 88 274 y 153 114 ovocitos, con un promedio dentro de un intervalo de confianza del 95 %, de 121 502 ± 35 880 ovocitos, de acuerdo con los reportes antes citados.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que el Bocachico es un pez que presenta una proporción sexual H:M de 1,2:1, diferente a lo esperado, con un desarrollo ovocitario sincrónico en dos grupos, un desove anual que se extiende de abril a septiembre asociado al ciclo hidrológico del río San Jorge, talla media de madurez sexual de 30,2 cm LT, ovocitos grandes y alta fecundidad de 109 972 ovocitos, asociada al peso de los ovarios.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Córdoba, por la financiación recibida, a los pescadores y comercializadores de pescado de la cuenca del río San Jorge, y a dos evaluadores anónimos cuyas recomendaciones contribuyeron a mejorar este trabajo.

REFERENCIAS

- Allan JD, Abell R, Hogan Z, Revenga C, Taylor BW, Welcomme RL, *et al.* Overfishing of inland waters. *AIBS Bulletin* 2005; 55(12):1041-1051. Doi: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[1041:OOIW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[1041:OOIW]2.0.CO;2)
- Arango GA. Algunos aspectos biológico-pesqueros de cuatro especies ícticas en la ciénaga de Tumaradó (Tesis de pregrado). Medellín: Instituto de Biología, Universidad de Antioquia; 2001. 36 p.
- Barreto C, Borda C, Otto J, Sánchez C, Sanabria A, Muñoz S. Propuesta de cuotas de aprovechamiento de los recursos pesqueros colombianos y ornamentales para la vigencia 2010. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano Agropecuario-ICA; 2009. 113 p.
- Cala P, Román-Valencia C. Cambios cíclicos histomorfológicos en las gónadas del bocachico *Prochilodus magdalenae* (Pisces: Curimatidae), del río Atrato, Colombia. *Dahlia*. 1999;3:3-16.
- Csirke J. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. *FAO Doc Téc Pesca*. 1980;192:82.
- CVS-FONADE. Diagnóstico ambiental de la cuenca hidrográfica del río Sinú. Capítulo 1. Convenio 192026. Montería: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS)-Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE); 2004. p.10-162.
- Dahl G. La ictiofauna del río San Jorge. En: Dahl G, Medem F, Ramos A, editores. *El Bocachico: Contribución al estudio de su biología y de su ambiente*. Bogotá: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Magdalena y del Sinú (CVM), Departamento de Pesca; 1963. p.17-53.
- Dahl G. Los peces del norte de Colombia. Bogotá: Inderena; 1971. 391p.
- De la Hoz-M J, Duarte LO, Manjarrés-Martínez L. Aspectos biológico-pesqueros de especies capturadas en aguas marinas y continentales de Colombia. Relaciones biométricas e indicadores basados en tallas. Informe técnico. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP; 2015. p.18.
- De la Hoz-M J, Manjarrés-Martínez L. Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales e industriales de Colombia entre marzo y diciembre de 2017. Informe técnico. Santa Marta: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP, Universidad del Magdalena; 2017. p.33-39.
- De la Hoz-M J, Duarte LO, Manjarrés-Martínez L. Análisis de las variaciones de los desembarcos pesqueros artesanales registrados en las diferentes cuencas y litorales de país durante el período julio-diciembre de 2018. Informe técnico. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP; 2018. p.58-62.
- Holden MJ, Raitt DFS. Manual de ciencias pesqueras. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. *FAO Doc Téc Pesca*. 1975;115:211.
- Jaramillo-Villa U, Jiménez-Segura LF. Algunos aspectos biológicos de la población de *Prochilodus magdalenae* en las ciénagas de Tumaradó (río Atrato), Colombia. *Actual Biol*. 2008;30(88):55-66.
- Jiménez-Segura LF. Ictioplancton y reproducción de los peces en la cuenca media del río Magdalena (Sector de Puerto Berrio, Antioquia). *Disertación doctoral*. Medellín: Universidad de Antioquia; 2007. 265p.
- Laevastu T. Manual de métodos de biología pesquera. Zaragoza: Editorial Acribia; 1980. 243p.
- MADR-CCI. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. Pesca y Acuicultura Colombia 2007. Informe técnico regional cuencas del Magdalena, Sinú y Atrato. Bogotá: Corporación Colombia Internacional; 2007. 88p.
- Miles C. Peces del río Magdalena. Bogotá: Ministerio de Economía Nacional, Sección de Piscicultura, Pesca y Caza; 1947. 214p.
- Mojica JI, Valderrama M, Barreto C, Álvarez-León R. *Prochilodus magdalenae*. En: Mojica JI, Usma JS, Álvarez-León R, Lasso CA, editores. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Bogotá DC: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia, Universidad de Manizales; 2012. p. 154-159.
- Olaya-Nieto CW, Cardona CM, Arroyo A. Estimación del ictioplancton del río Sinú: entre aguas abajo del río Verde y Lórica. Informe final del Contrato Interadministrativo Urrá S.A. E.S.P.-Universidad de Córdoba 009/1999. Montería: CINPIC-Departamento de Acuicultura, Universidad de Córdoba; 1999. 77p.
- Olaya-Nieto CW, Mercado-Fernández T, Atencio-García VJ. Estimación del ictioplancton en el río Sinú, aguas arriba y aguas abajo de la presa. Informe final del Contrato Interadministrativo Urrá S.A. E.S.P.-Universidad de Córdoba 011/2000. Montería: CINPIC-Departamento de Acuicultura, Universidad de Córdoba; 2000. 91p.
- Olaya-Nieto CW, Solano D, Flórez O, Blanco H, Segura-Guevara FF. Evaluación preliminar de la fecundidad del Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) en el río Sinú, Colombia. *MVZ-Córdoba* 2001;6(1):31-36. Doi: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1063>
- Olaya-Nieto CW, Segura-Guevara FF, Brú-Cordero SB, Blanco-Viellar HM. Biología reproductiva del Bocachico (*Prochilodus magdalenae* Steindachner, 1878) en el río Sinú, Colombia. *II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura: CIVA*; 2003. p.727-734.
- Olaya-Nieto CW, Segura-Guevara FF, Tordecilla-Petro G, Martínez-González Á. Estimación de los parámetros biológicos básicos de peces comerciales de la cuenca del río San Jorge-Fase II. Informe final. Lórica: Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Programa de Acuicultura, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba; 2016. 130p.

- Ramos A. Investigación preliminar sobre la biología del bocachico (*Prochilodus reticulatus magdalenae* Steindachner) de los ríos San Jorge y Uré y los sistemas de ciénagas de Ayapel y San Marcos. En: Dahl G, Medem F, Ramos A, editores. El Bocachico. Contribución al conocimiento de su biología y de su ambiente. Bogotá: Departamento de Pesca de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Magdalena y del Sinú-C.V.M; 1963.p. 57-91.
- Reinoso-Flórez G, Vejarano-Delgado M, García-Melo J, Pardo-Pardo G, Pérez- Gallego C, García-Melo L, *et al.* Plan de ordenación pesquera de la cuenca baja del río La Miel. Ibagué: Instituto Colombiano Agropecuario ICA, ISAGEN, Universidad del Tolima; 2010. 113p.
- Restrepo D. Determinación de algunos aspectos biológicos del Bocachico (*Prochilodus magdalenae* Steindachner 1878. Characidae, Characiformes), en la zona media y baja de la cuenca del río Sinú, Córdoba, Colombia. Documento final. Montería: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge-CVS; 2001. 65p.
- Roa-Cubillos MM, Villa-Navarro FA. Aspectos reproductivos y pesqueros de *Prochilodus magdalenae* Steindachner, 1879 (Characiformes: Prochilodontidae) en la ciénaga de Marriaga, río Atrato, Colombia. Rev Acad Colomb Cienc Ex Fis Nat. 2019;43(166):44-51. Doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.729>
- Román-Valencia C. Ciclo biológico del bocachico, *Prochilodus magdalenae* (Steindachner 1879) (Pisces: Prochilodontidae) en la cuenca del río Atrato, Colombia. Brenesia. 1993;(39-40):59-70.
- Segura-Guevara FF, Contreras ML, Olaya-Nieto CW. Relación longitud-peso de la Cachana (*Cynopotamus atratoensis*) en la ciénaga Grande de Lórica, Colombia. Acta Biol Colomb. 2011;16(1):77-89.
- Sparre P, Venema SC. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Doc Téc de Pesca. 1997;306/1(rev.2):1-420.
- Tresierra AE, Culquichicón ZG. Biología pesquera. Trujillo: Concytec; 1993. 432p.
- Tresierra AE, Culquichicón ZG. Manual de biología pesquera. Trujillo: Concytec; 1995. 227p.
- Valderrama M, Zárate M. Some ecological aspects and present state of the fishery of the Magdalena River basin, Colombia, South America. En: Dodge DP, editor. Proceedings of the International Large River Symposium. Can Spec Publ of Fishs Aquatic Sci.1989;409-421.
- Valderrama M, Vejarano S. Monitoreo y estadística pesquera en la cuenca del río Sinú con participación comunitaria. Cuarto año pesquero. Informe final período marzo 2000– febrero 2001. Montería: Urrá S.A. E.S.P; 2001. 76 p.
- Valderrama M, Petrere Jr M, Zárate M, Vera G. Parámetros poblacionales (mortalidad, rendimiento máximo sostenible) y estado de explotación del Bocachico *Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1878; Prochilodontidae) del Bajo río Magdalena (Colombia). Boletín Científico INPA. 1993;1:43-60.
- Valderrama M, Jiménez-Segura LF, López-Casas S, Rivas TS, Rincón CE, Nieto-Torres S, *et al.* *Prochilodus magdalenae* (Characiformes, Prochilodontidae). En: Lasso CA, Agudelo E, Jiménez-Segura LF, Ramírez-Gil H, Morales-Betancourt M, Ajiaco- Martínez RE, *et al.*, editores. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie editorial Recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH);2011. p. 305-311.
- Vazzoler AEAM. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM; 1996. 169p.
- Vazzoler AEA de M, Caraciolo-Malta MC, Amadio SA. Aspectos biológicos de Peixes amazônicos. XII. Indicadores quantitativos do período de desova das espécies da gênero *Semaprochilodus* (Characiformes, Prochilodontidae) do baixo rio Negro, Amazonas, Brasil. Rev Bras Biol.1989;49(1):175-181.
- Villalba JM. Relaciones talla-peso y factor de condición del Bocachico *Prochilodus magdalenae* (Steindachner 1878) en el río San Jorge, Colombia. (Trabajo de pregrado). Montería: Programa de Acuicultura, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba; 2019. 44p.
- Wenner AM. Sex ratio as a function of size in marine crustacea. Amer Nat 1972. 106(949): 321-350.
- Zar JH. Biostatistical analysis. 5th edition. New Jersey: Prentice Hall Inc.; 2010. 944p.
- Zárate M, Martínez J, Caraballo PR. Captura y esfuerzo pesquero en la cuenca del río Magdalena y su sistema de planos inundables durante la subienda 1987 y estado actual de sus pesquerías. Informe Técnico. San Cristóbal: INDERENA; 1988. 40p.