



The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

GONADAL MATURITY SCALE AND REPRODUCTIVE CYCLE OF ARAHUANA *OSTEOGLOSSUM BICIRRHOSUM* (CUVIER, 1829) IN THE PUTUMAYO RIVER, LORETO, PERU

ESCALA DE MADUREZ GONADAL Y CICLO REPRODUCTIVO DE LA ARAHUANA *OSTEOGLOSSUM BICIRRHOSUM* (CUVIER, 1829) EN LA CUENCA DEL RÍO PUTUMAYO, LORETO, PERÚ

Antonio Cuba¹; Javier Sánchez¹ & Ángel Perea²

¹ Laboratorio de Biología Reproductiva, Instituto del Mar del Perú.

² Laboratorio costero de Chimbote, Instituto del Mar del Perú.

*Corresponding author: acubam@gmail.com

Antonio Cuba:  <https://orcid.org/0000-0002-5907-6857>

Javier Sánchez:  <https://orcid.org/0000-0003-3207-9406>

Ángel Perea:  <https://orcid.org/0000-0001-6615-8802>

ABSTRACT

The arahuana (arowana) *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) is a very important resource for ornamental fishing activity in the Putumayo river basin, Loreto, Peru, having developed various studies around this species; however, studies on its reproductive biology are incipient. For this reason, the objective of this study was to describe a scale of gonadal maturity with microscopic support and to determine which is the main period of reproduction of the Arahua resource in the Putumayo river basin. For this, a monthly biological monitoring was carried out from October 2015 to June 2017. A total of 874 samples were analyzed, obtained from the "El Estrecho" and "Huapapa" areas. The maturity scale was established from the microscopic analysis of gonads, identifying each phase of maturity in females and males from the degree of development and distribution of sexual cells, while the reproductive cycle was estimated from the analysis of the gonadosomatic index and spawning fraction. In addition, the sexual ratio was estimated and the somatic condition was evaluated from the condition factor. The gonadal maturity scale consisted of six phases, both for females and males, while the most important reproductive period was determined from December to March. Finally, the monthly sex ratio, in general, did not show significant differences and the somatic condition registered its highest values prior to the months of reproduction.

Keywords: arahuana – condition factor – maturity gonadal scale – reproductive cycle – sex ratio

Este artículo es publicado por la revista *The Biologist (Lima)* de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

DOI: <https://doi.org/10.24039/rb20222021424>

RESUMEN

La arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) es un recurso de suma importancia para la actividad pesquera ornamental en la cuenca del río Putumayo, Loreto, Perú, habiéndose desarrollado diversos estudios alrededor de esta especie; sin embargo, los estudios sobre su biología reproductiva son incipientes. Por ello que, el objetivo del presente trabajo fue describir una escala de madurez gonadal con sustento microscópico y determinar cuál es el principal periodo de reproducción del recurso arahuana en la cuenca del río Putumayo. Para ello, se realizó un monitoreo biológico mensual desde octubre del 2015 hasta junio del 2017. Se analizaron un total de 874 muestras, obtenidas de la zona de “El Estrecho” y “Huapapa”. La escala de madurez se estableció a partir de los análisis microscópicos de gónadas identificándose cada fase de madurez en hembras y machos a partir del grado de desarrollo y distribución de las células sexuales; mientras que, el ciclo reproductivo fue estimado a partir del análisis del índice gonadosomático y fracción desovante. Además, se estimó la proporción sexual y se evaluó la condición somática a partir del factor de condición. La escala de madurez gonadal constó de seis fases, tanto para hembras como para machos; mientras que, el periodo reproductivo de mayor importancia se determinó de diciembre a marzo. Finalmente, la proporción sexual mensual, en general, no mostró diferencias significativas y la condición somática registró sus mayores valores previos a los meses de reproducción.

Palabras clave: arahuana – ciclo reproductivo – escala de madurez gonadal – factor de condición – proporción sexual

INTRODUCCIÓN

El Perú es un país poseedor de una amplia diversidad de peces tanto marinos como continentales. Estos últimos, son numerosos en la extensa cuenca del río Amazonas, donde decenas de especies tienen importancia para el comercio nacional e internacional de peces ornamentales, destacando la arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) por su alta demanda, principalmente en países del continente asiático (Alcántara-Bocanegra *et al.*, 2007).

El río Putumayo, ubicado al noreste de la región Loreto, cuyo curso constituye el límite fronterizo mayoritario entre Perú y Colombia, representa uno de los sistemas hídricos más importantes para el desarrollo de la pesca ornamental de la arahuana (Castillo-López, 2019).

La arahuana es uno de los recursos que sustenta el comercio de peces ornamentales en Loreto (FONDEPES, 2021).

Debido a su importancia para la actividad pesquera ornamental en el ámbito de la cuenca del río Putumayo, algunos investigadores han efectuado estudios relacionados a su biología y ecología (Manzanares, 2010; Ruiz, 2011; Duponchelle *et*

al., 2012; Torres *et al.*, 2012; Cortegano *et al.*, 2014).

El objetivo del presente trabajo fue establecer una escala de madurez gonadal microscópica y determinar el ciclo reproductivo de la arahuana que permitan tener un sustento técnico que contribuya en la propuesta de medidas de regulación para la extracción sostenible de este recurso. Además, se realizaron observaciones sobre su proporción sexual y condición somática a partir de su factor de condición.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo como parte de los resultados obtenidos en el estudio realizado por el Área Funcional de Investigaciones de Recursos en Aguas Continentales de la Dirección General de Investigaciones en Acuicultura del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) sobre el recurso arahuana, para determinar el periodo importante de reproducción y sugerir las medidas de protección (veda reproductiva) en dicho periodo. Para ello, se realizó un monitoreo biológico a paso mensual obteniéndose ejemplares de arahuana provenientes de la pesquería artesanal desde octubre del 2015 hasta junio del 2017. Se analizaron 874 individuos

(462 hembras y 412 machos), los cuales se obtuvieron de dos sectores pertenecientes a la cuenca del río Putumayo. El primer sector fue "El Estrecho" (en la cuenca media del río), que comprendió a aquellos cuerpos de agua que tuvieron proximidad a la localidad de San Antonio de El Estrecho, siendo la laguna Cedrococha (02°24'10,33" LS; 72°37'5,09" LO) el principal lugar donde se efectuó la captura de ejemplares por parte de pescadores locales; el segundo sector fue Huapapa (en la cuenca baja del río), comprendiendo a los cuerpos de agua próximos a esta localidad, destacando la laguna Lago Grande (02°30'58,27" S; 70°30'12,56" O) como principal lugar de pesca, además de otros como Huapapa, Dispensa y Agua Negra registrados como zonas de pesca de arahuana.

En base a las capturas mensuales de arahuana, se realizaron muestreos biológicos por ejemplar, registrándose las variables de longitud total (LT), peso total (PT) y peso eviscerado (PE).

La LT se registró al centímetro inferior con ayuda de una cinta métrica graduada al milímetro, mientras que para el PT y PE se utilizó una balanza digital, con 0,1 g de precisión. Los órganos ubicados en la cavidad visceral (estómago y gónadas) fueron codificados y colectados en formol bufferado al 10% para su posterior análisis en el Laboratorio de Biología Reproductiva en la Sede Central del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), donde se identificó el sexo y pesaron las gónadas con una balanza electrónica de 0,01 g de precisión.

Para el procesamiento histológico de las gónadas se usó la técnica de infiltración con parafina descrita por Humason (1979) y el método de congelación de Perea & Buitrón (2004). Las secciones de tejidos fueron coloreadas con la técnica Hematoxilina-Eosina.

Escala de madurez gonadal

Las fases de madurez gonadal de arahuana, fueron determinadas sobre la base de los análisis microscópicos. Se determinó los tipos de ovocitos, los tipos de células sexuales masculinas y su disposición en el estroma gonadal en base a la clasificación propuesta por Hunter & Goldberg (1980).

Ciclo reproductivo

El ciclo reproductivo se determinó a partir del análisis de la evolución mensual del índice gonadosomático (IGS) y fracción desovante o índice de actividad desovante (FD o IAD) determinados para las hembras consideradas adultas (364 individuos), a partir de los cuales se identificó su periodo más importante de reproducción. Para una mejor interpretación se agruparon los valores de los meses repetidos y los indicadores reproductivos se presentaron de setiembre a agosto.

- Índice gonadosomático (IGS)

El índice gonadosomático (IGS), se calculó para las hembras, utilizando la ecuación de Vazzoler (1982) en base a la razón entre el peso de la gónada y el peso eviscerado de cada individuo, como se expresa en la siguiente ecuación.

$$IGS = \frac{PG}{PE} * 100$$

Donde:

PG = Peso de las gónadas (g).

PE = Peso eviscerado (g).

- Fracción desovante o índice de actividad desovante (FD o IAD)

La FD o IAD es un índice que mide directamente la fracción o porcentaje de individuos que están en desove; por lo tanto, involucra exclusivamente a los individuos desovantes (fase IV). La categorización de individuos desovantes es definida a partir de las lecturas directas de cortes histológicos transversales de cada ovario, las cuales presenten folículos post-ovulatorios (FPO).

La FD o IAD se calcula a partir de la ecuación propuesta por Buitrón *et al.* (2011).

$$FD \text{ o } IAD = \frac{Hiv}{Ha} * 100$$

Donde:

Hiv = Hembras en fase IV (desovantes).

Ha = Hembras adultas.

Proporción sexual

Se realizó el análisis mensual de la proporción

sexual utilizando el método estadístico de Ji-cuadrado (X^2), con un grado de significancia de $\alpha = 0,05$.

Condición somática

La condición somática del recurso fue evaluada a través del factor de condición (FC) el que se determinó utilizando la ecuación propuesta por Ricker (1975) y expresada de la siguiente manera:

$$FC = \left(\frac{PE}{LT^3} \right) * 100$$

Donde:

PE = Peso eviscerado (g).

LT = Longitud total (cm).

Aspectos éticos: El presente trabajo no presenta ningún conflicto ético.

RESULTADOS

Escala de madurez gonadal

Para ambos sexos se describen seis fases de madurez gonadal (Tabla 1).

Tabla 1. Fases de madurez gonadal de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* determinadas en el presente trabajo.

	Hembras	Machos
0	Virginal	Virginal
I	Reposo	Reposo
II	En maduración	En maduración
III	Maduro	Maduro
IV	Desovante	Expulsante
V	Recuperación	Post-expulsante

Hembras

Fase virginal (0): A nivel microscópico se puede observar tres tipos de ovocitos: Ovocitos inmaduros (OI), ovocitos pre-vitelogenados I (OPV I) y ovocitos pre-vitelogenados II (OPV II), las mismas que se encuentran distribuidas en el estroma ovárico de maneras ordenada dentro de las lamelas, a manera de una estructura sinuosa sin un patrón definido (Fig. 1A).

Fase reposo (I): Se logra identificar, al igual que en la fase virginal, tres tipos de ovocitos: Ovocitos inmaduros (OI), ovocitos pre-vitelogenados I (OPVI) y pre-vitelogenados (OPVII), la diferencia con la fase virginal es que la organización celular en el estroma ovárico se muestra desordenada, formando aglomeraciones celulares (Fig. 1B).

Fase en maduración (II): Además de poseer las células descritas en la fase virginal y reposo, es posible observar ovocitos vitelogenados (OV).

Estos son de mayor tamaño y su principal característica es la incorporación de gránulos de vitelo (Fig. 1C).

Fase maduro (III): Esta fase se caracteriza por la presencia de ovocitos maduros (OM). Los cuales, tienen un gran tamaño y se logra observar a los gránulos de vitelos ocupando toda la célula (Fig. 2A).

Fase desovante (IV): Ovarios con presencia de folículo post-ovulatorio (FPO). El tamaño y forma del FPO depende de su grado de degeneración (el cual es diferente de acuerdo a la edad del folículo) (Fig. 2B).

Fase recuperación (V): En esta fase se pueden identificar los ovocitos atrésicos (OA), los cuales se caracterizan por presentar degeneración a nivel folicular y lisis al interior de la célula (Fig. 2C).

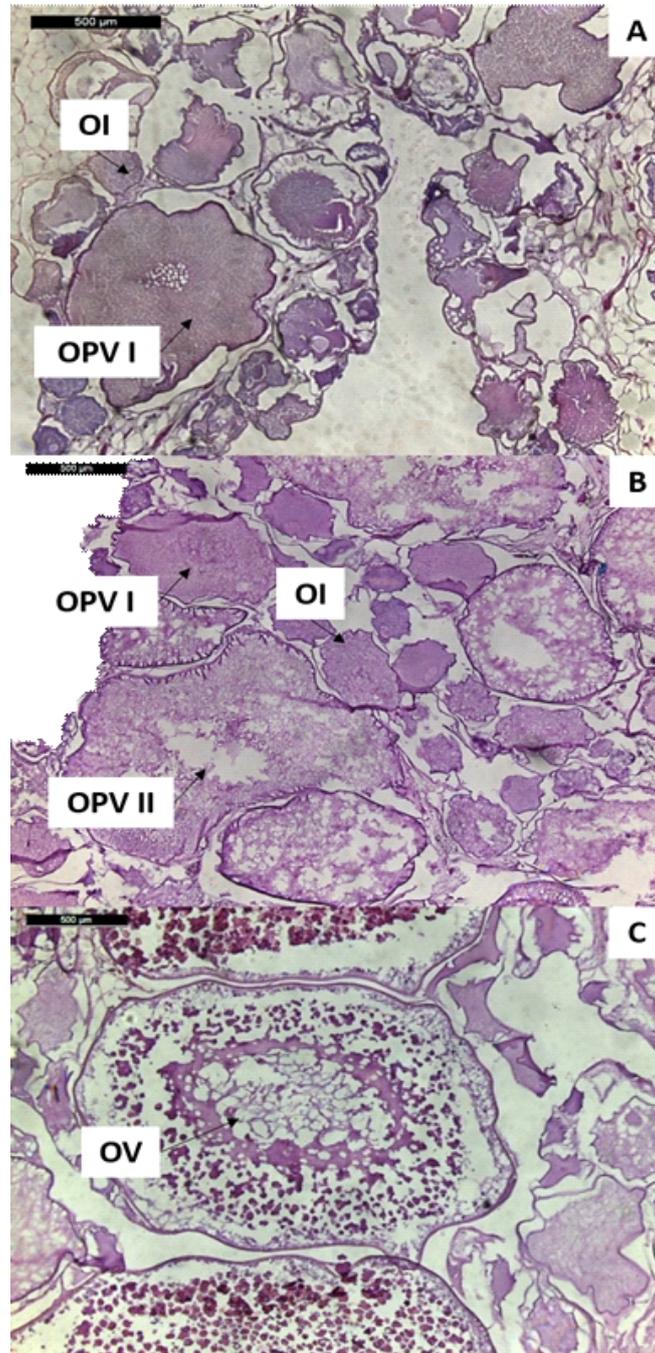


Figura 1. Microfotografía (40x) de fases de madurez gonadal de hembras de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* determinado en base a observaciones microscópicas. A: virginal; B: reposo; C: en maduración. Donde: OI: Ovocito inmaduro; OPV I: Ovocito pre-vitelogenado I; OPV II: Ovocito pre-vitelogenado II; OV: Ovocito vitelogenado.

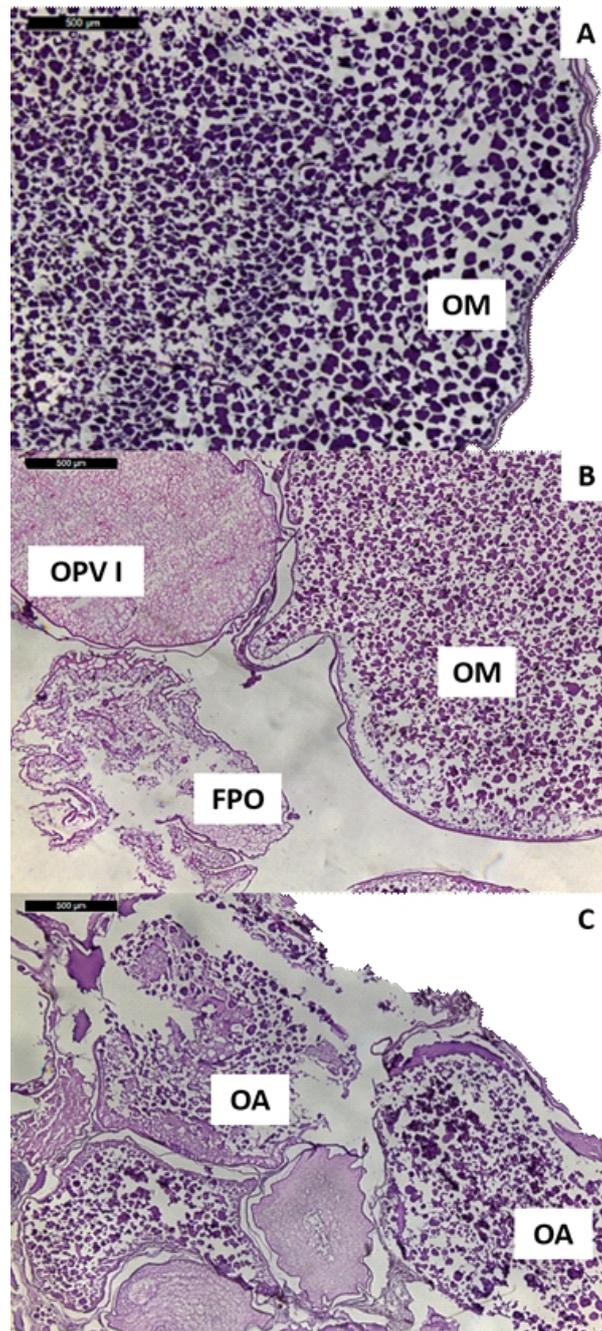


Figura 2. Microfotografía (40x) de fases de madurez gonadal de hembras de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* determinado en base a observaciones microscópicas. A: maduro; B: desovante; C: recuperación. Donde: OPV I: Ovocito pre-vitelogenado I; OM: Ovocito maduro; FPO: Folículo post-ovulatorio; OA: Ovocito atrésico.

Machos

Fase virginal (0): Se aprecia considerable cantidad de tejido conectivo. En los túbulos seminíferos (TS) se puede identificar los nidos de espermatogonios (NE) (Fig. 3A).

Fase reposo (I): Los túbulos seminíferos (TS)

presentan un mayor desarrollo y se encuentran en mayor cantidad que en la fase virginal, con una baja cantidad de células espermáticas (Fig. 3B).

Fase en maduración (II): Los túbulos seminíferos (TS) están más desarrollados que en las fases virginal y reposo. Se observa una mayor cantidad

de células espermáticas (CS) en la luz de los túbulos (Fig. 3C).

Fase maduro (III): Los túbulos seminíferos están más desarrollados en comparación a la fase II y se encuentran llenos de células espermáticas (CS) (Fig. 4A).

Fase expulsante (IV): Se observa túbulos

seminíferos bien desarrollados (TS) con zonas vacías producto de la expulsión (Fig. 4B).

Fase post-expulsante (V): Los túbulos seminíferos (TS) se observan vacíos, tienen un menor tamaño que en la fase IV, pudiendo presentar algunos rezagos de células espermáticas (CS) (Fig. 4C).

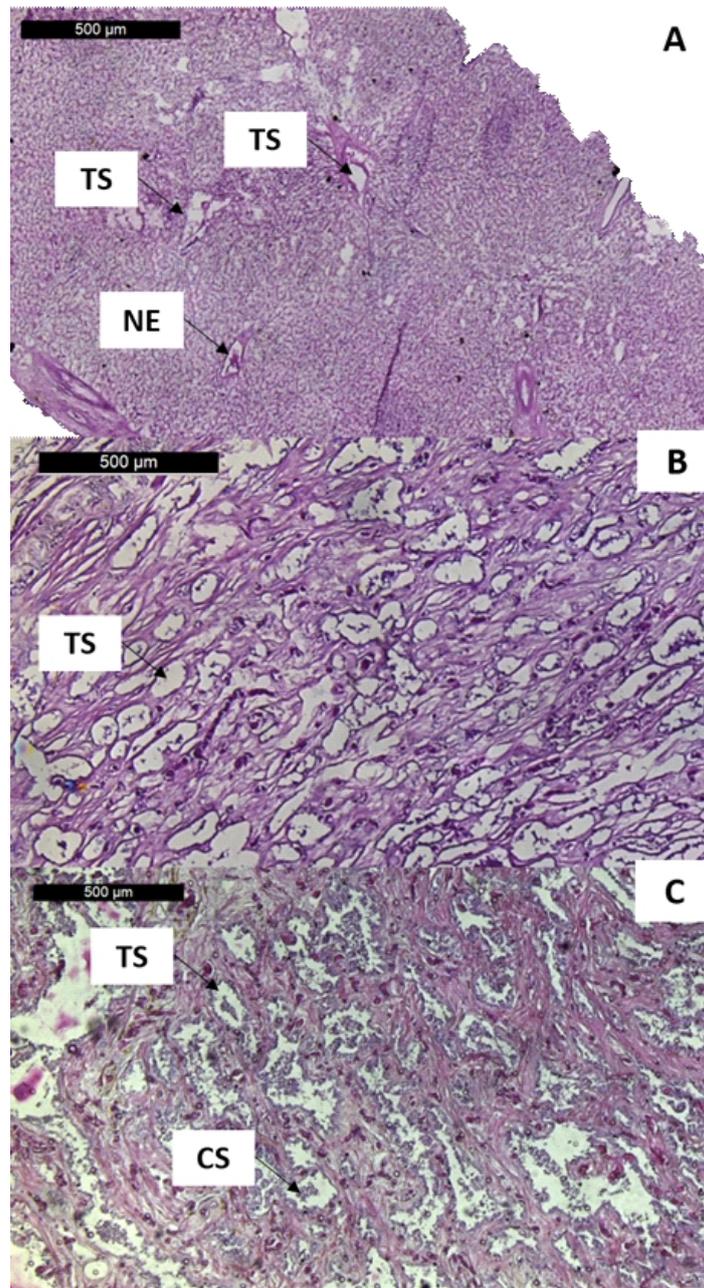


Figura 3. Microfotografía (40x) de fases de madurez gonadal de machos de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* determinado en base a observaciones microscópicas. A: virginal; B: reposo; C: en maduración. Donde: TS: Túbulos seminíferos, NE: Nido de espermatogonios, CS: Células espermáticas.

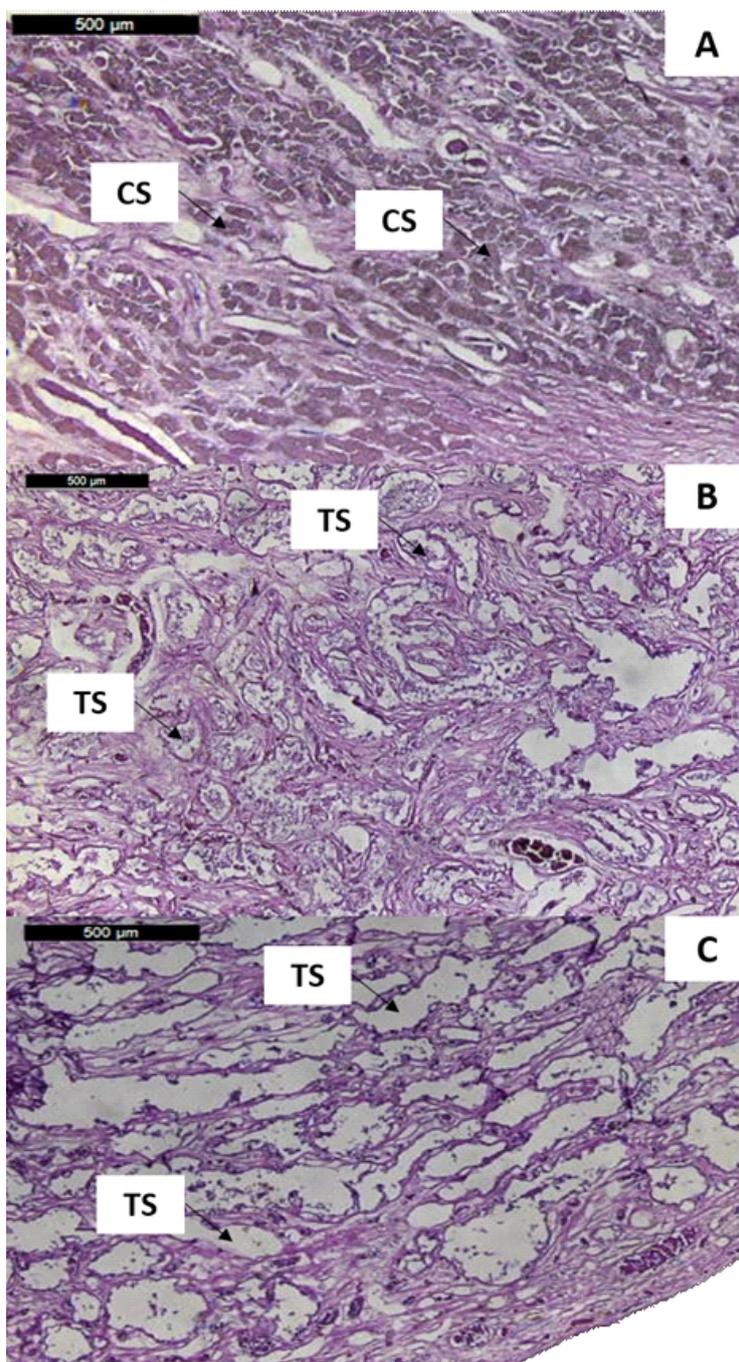


Figura 4. Microfotografía (40x) de fases de madurez gonadal de machos de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* determinado en base a observaciones microscópicas. A: virginal; B: expulsante; C: post-expulsante. Donde: TS: Túbulos seminíferos, CS: Células espermáticas.

Ciclo reproductivo

En base al análisis de la evolución mensual de las fases de madurez gonadal de hembras (Figura 5) se pudo apreciar que la frecuencia relativa de individuos en reposo (Fase I) fue mayor a 40% en los meses de abril a setiembre; la frecuencia de ejemplares en maduración (Fase II) fue variable en casi todos los meses, con sus mayores valores principalmente de agosto a noviembre; la presencia de hembras maduras (Fase III) se aprecia básicamente desde octubre a marzo. La fase IV (desovante) mostró frecuencias relativas mayores a 30% desde diciembre a marzo. En el mes de abril, se observó que el valor de la fase IV (desovante) fue 0,0% y el de la fase V (recuperación) de 15,6%, marcando notoriamente el fin del periodo importante de reproducción (Fig. 5).

Según el análisis de la variación temporal del IGS en las hembras, el periodo principal de reproducción de la arahuana comprende desde diciembre (3,1%) hasta marzo (2,9%); observándose además en los meses de enero y febrero los valores 5,6% y 2,8%, respectivamente. Los bajos valores (IGS < 0,7%) obtenidos entre abril y octubre indican que las hembras presentan en dicho periodo una baja actividad reproductiva, presentando un incipiente desarrollo gonadal (reposo gonadal) (Fig. 6).

Por otro lado, la FD o IAD muestra que el periodo más importante de desove abarcó diciembre (45,2%), enero (41,5%), febrero (31,6%) y marzo (35,3%), lo cual se condice con lo observado mediante el IGS. Los meses de octubre y noviembre, muestran incipientes valores de FD o IAD (< 12%) (Fig. 7).

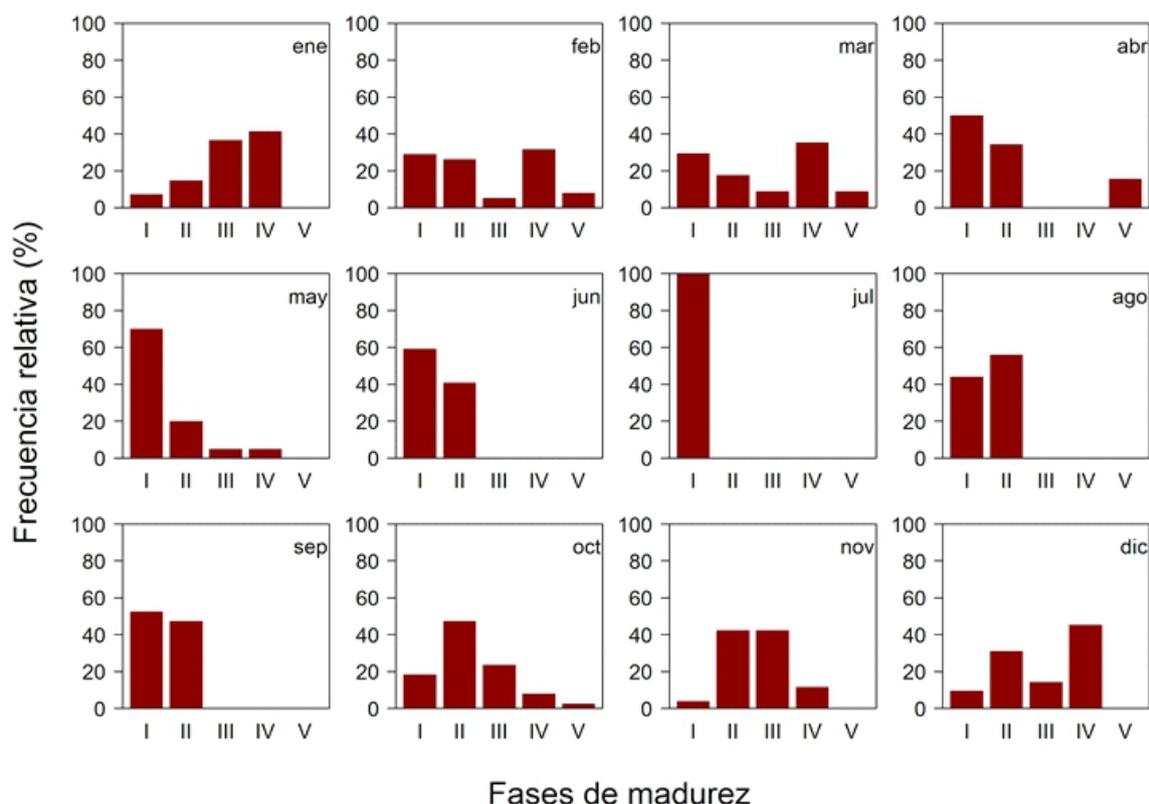


Figura 5. Madurez gonadal mensual promedio de la arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo en base a la escala de madurez gonadal validada histológicamente. Periodo de estudio de octubre 2015 a junio 2017. Donde: Fase I: Reposo, fase II: En maduración; fase III: Maduro; fase IV: Desovante; fase V: Recuperación.

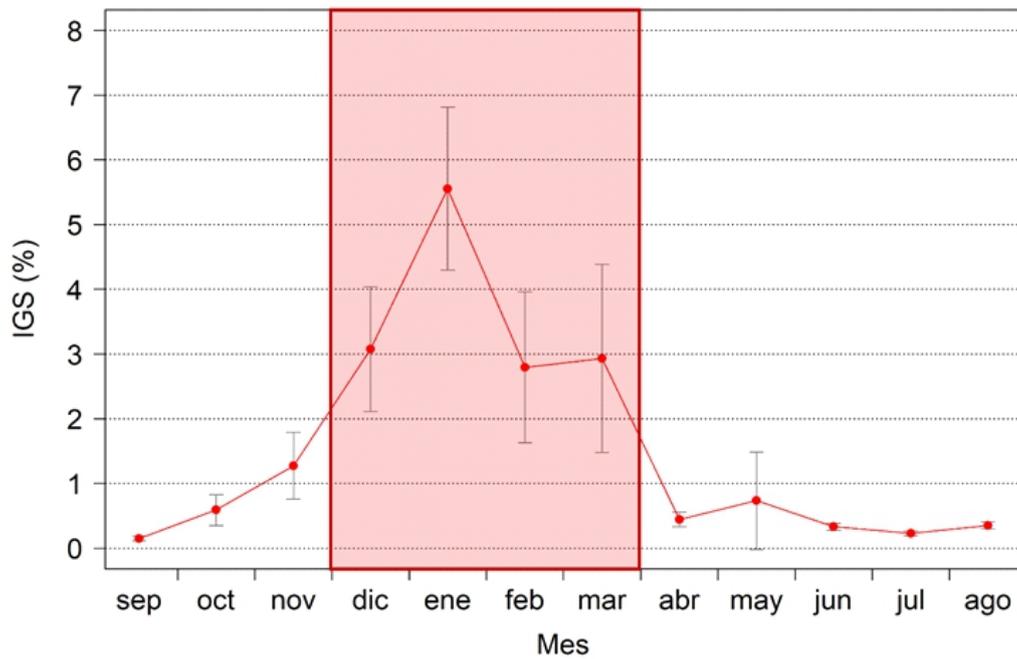


Figura 6. Índice gonadosomático (IGS) mensual promedio de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo (presentado desde septiembre hasta agosto para observar mejor el momento reproductivo importante). Periodo de estudio de octubre 2015 a junio 2017. Las líneas negras indican los intervalos de confianza de cada mes.

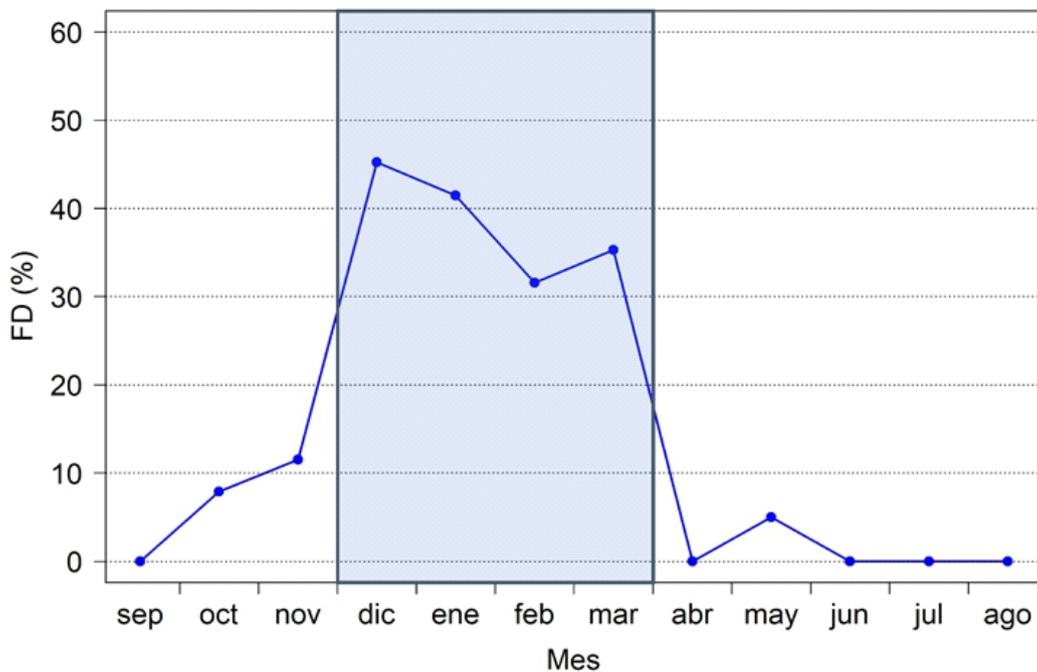


Figura 7. Fracción desovante o índice de actividad desovante (FD o IAD) mensual promedio de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo (presentado desde septiembre hasta agosto para observar mejor el periodo de desove). Periodo de estudio de octubre 2015 a junio 2017.

Proporción sexual

En general, no existió predominancia de ninguno de los sexos a lo largo de toda la evaluación; observándose diferencia significativa sólo en los

meses de abril y agosto; siendo abril el mes donde hubo predominancia de machos y en agosto la predominancia fue de hembras (Tabla 2).

Tabla 2. Proporción sexual mensual promedio de machos con respecto a hembras de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo de machos con respecto a hembras. Periodo de estudio de octubre 2015 a junio 2017. Donde: PS: Proporción sexual; X^2 : Ji-cuadrado, *: diferencia significativa.

Meses	Machos	Hembras	Total	PS	X^2	p-valor
Enero	40	46	86	0,87 : 1	0,42	0,51
Febrero	53	41	94	1,29 : 1	1,53	0,21
Marzo	44	41	85	1,07 : 1	0,11	0,74
Abril	58	53	111	1,09 : 1	0,23	0,63
Mayo	25	36	61	0,69 : 1	1,98	0,15
Junio	22	36	58	0,61 : 1	3,38	0,06*
Julio	18	11	29	1,64 : 1	1,69	0,19
Agosto	11	30	41	0,37 : 1	8,8	0,003*
Setiembre	34	46	80	0,74 : 1	1,8	0,18
Octubre	49	42	91	1,17 : 1	0,54	0,46
Noviembre	22	27	49	0,81 : 1	0,51	0,47
Diciembre	36	53	89	0,68 : 1	3,25	0,07

Condición somática

En el análisis de la variación mensual del factor de condición (FC) efectuado para las hembras se observaron los mayores valores de setiembre (0,672%) a noviembre (0,622%) y los menores de enero (0,578%) a abril (0,571%). Por otro lado, los

machos presentaron valores con un comportamiento similar al de las hembras a lo largo del año, con el mayor valor en setiembre (0,650%) y el menor en abril (0,567%). En ambos sexos se observa la caída progresiva del FC de setiembre a enero (Fig. 8).

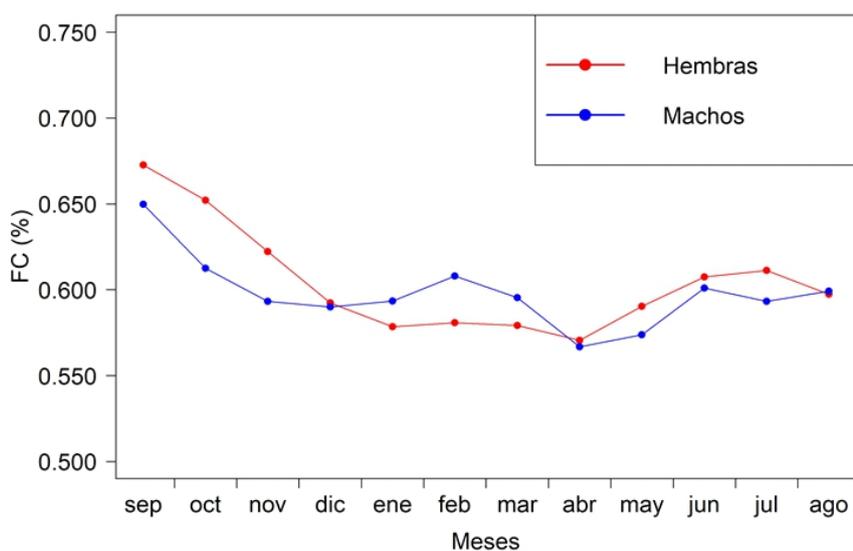


Figura 8. Factor de condición (FC) mensual promedio de machos y hembras de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo. Periodo de estudio de octubre 2015 a junio 2017.

DISCUSIÓN

Escala de madurez gonadal

La correcta determinación de las fases de madurez gonadal son la base para diversas estimaciones como la talla de madurez gonadal, potencial reproductivo, periodos de actividad reproductiva y desove (Buitrón *et al.*, 2015a). El método más utilizado para la determinación de una escala de madurez gonadal es el examen visual de las gónadas, es decir, una escala de madurez macroscópica, en la que se aplican diversos criterios; sin embargo, en muchos casos algunas fases no presentan características visuales claras (Hunter & Macewiz, 2003), por lo que es necesario la realización de cortes histológicos que permitan observar el desarrollo y la distribución de las células sexuales (Stahl, 2008). En el caso de la arahuana, se han venido aplicando escalas macroscópicas generales como la propuesta por Nuñez & Duponchelle (2009) y escalas macroscópicas no validadas microscópicamente dirigidas especialmente a la especie (Ruiz, 2011). Con respecto a ello, la escala que se propone en el presente trabajo, además de ser propia del recurso arahuana, ha sido realizada en base a la observación microscópica de las células sexuales, con lo cual se pudo reducir el sesgo al momento de la determinación de las fases de madurez. Esto permitió identificar y diferenciar con precisión la fracción adulta de la juvenil, condición básica para calcular y mostrar con certeza el ciclo reproductivo de esta especie. Finalmente, la numeración y nombres asignados a cada fase de madurez gonadal, tienen como base estudios de escalas de madurez gonadal de peces realizadas anteriormente (Sánchez *et al.*, 2013; Sánchez & Gálvez, 2015; Buitrón *et al.*, 2015b), que son prácticas y permiten conocer con precisión la condición reproductiva del recurso.

Para la elaboración de la presente escala de madurez gonadal, los cortes histológicos fueron obtenidos mediante el método de congelación propuesto por Perea & Buitrón (2004), el cual constituye un método de ayuda diagnóstico más rápido que el método tradicional de infiltración de parafina de Humason (1979), aunque su desventaja, en general, es la menor resolución de imagen que suele no permitir una descripción minuciosa de las células sexuales. Sin embargo,

pese a su menor resolución, para el caso de la arahuana esta técnica permitió la descripción clara de la histoarquitectura ovárica, de los tipos de ovocitos, presencia o ausencia de folículos post-ovulatorios y proporción de ovocitos atrésicos, lo cual se utilizó para la asignación de las fases de madurez; mientras que, en los machos las fases de madurez fueron asignadas por el desarrollo de los túbulos seminíferos y su grado de llenura. Por otro lado, la utilización del método de congelación, que permitió determinar con seguridad la fase de madurez gonadal del recurso estudiado, siendo un método más rápido, permitiría en futuras evaluaciones, el seguimiento y diagnóstico de su condición reproductiva de manera oportuna y segura.

Ciclo reproductivo

Sánchez & Alonso (2003) en base a ejemplares de cuerpos de agua con proximidad al Puerto Leguízamo (Colombia), en el sector alto de la cuenca del río Putumayo, determinaron que la reproducción de arahuana ocurre de noviembre a febrero, siendo el periodo de máxima actividad reproductiva en enero y febrero; para Manzanares (2010), quien estudió a la especie en Lago Grande que se ubica en el sector bajo de la cuenca, señala que inicia en diciembre y culmina en mayo, siendo intenso en abril; Cavalcante (2008) afirmó que la época de desove en el río Mamirahúá, Brasil ocurre entre diciembre y marzo; y Sánchez *et al.* (2007) en un estudio realizado en el río Cauca, Colombia mostraron que la arahuana se reproduce desde noviembre hasta febrero. Los resultados de este estudio, considerando información biológica generada en el sector medio y bajo de la cuenca del río Putumayo, revelan que la arahuana inicia su actividad reproductiva (madurez y desove) en octubre y la culmina en marzo, siendo el periodo de diciembre a marzo el más importante e intenso.

El ciclo reproductivo de arahuana en el presente estudio, se determinó a partir del cálculo mensual de los índices reproductivos: índice gonadosomático (IGS) y fracción desovante o índice de actividad de desove (FD o IAD), a partir del análisis de muestras durante 22 meses (setiembre 2015 – junio 2017) de forma ininterrumpida. En este periodo de estudio, se realizaron análisis microscópicos de las gónadas de cada hembra para identificar la fase de madurez gonadal en la cual se encontraban y determinar su

evolución mensual. Además, mediante los análisis microscópicos mencionados, se realizó el cálculo de la fracción desovante (índice reproductivo que mide directamente el desove) determinándose de forma precisa el periodo más importante de desove. En este sentido, los resultados mostrados en el presente estudio resultan siendo más precisos, consistentes y confiables respecto a los obtenidos por García (2010), que basó sus resultados sobre 14 meses de estudio, pero definió una curva de evolución de IGS solo para el periodo de febrero a noviembre, no logrando determinar valores para diciembre y enero, imprescindibles para tener un panorama completo sobre el ciclo reproductivo de la arahuana. Manzanares (2010) analizó la evolución temporal del IGS de forma trimestral, teniendo sus resultados menor precisión sobre el periodo más importante de reproducción. Es de precisar que los estudios que involucren la observación microscópica de cortes histológicos de las estructuras gonádicas, resultan siendo más precisos y confiables respecto a los estudios realizados en base a catalogaciones macroscópicas de las fases de madurez gonadal, debido a que reducen al mínimo el sesgo producto de la observación subjetiva del evaluador.

Condición somática

Los mayores valores del factor de condición (FC) en hembras se observaron en septiembre (0,673), octubre (0,652) y noviembre (0,622); mientras que, en machos fueron en setiembre (0,650) y octubre (0,613). El valor elevado del FC en septiembre indicaría la preparación del recurso previo a su proceso reproductivo, almacenando reserva energética a utilizar en dicho proceso; observándose la disminución del FC a partir del mes de octubre producto del inicio de su actividad reproductiva (madurez y desove/expulsión); además, este incremento del FC de abril a setiembre se ve favorecido porque no se encuentra en un periodo reproductivo importante o no está desovando (Leyton *et al.*, 2015) y la disponibilidad de alimento en su ambiente acuático sería mayor en los meses mencionados (Mota *et al.*, 2008). Ruiz (2011) evaluó los hábitos alimentarios de la arahuana determinando que los peces (de los géneros *Mylossoma* Eigenmann & Kennedy, 1903, *Triporthus* Cope, 1872, *Potamorhina* Cope, 1878, *Pimelodus* Lacepède, 1803, entre otros) conformaron más del 50% de su dieta en los meses de agosto-octubre, lo que coincide con el periodo

del “mijano” procedente de aguas del río Amazonas. Los menores valores del FC entre enero y abril (rango de 0,567 a 0,607), indican que la arahuana disminuye su grado de bienestar, lo cual estaría explicado en parte por el gasto energético que implica el proceso reproductivo (maduración y desove/expulsión) (Barbieri *et al.*, 1996).

Agradecimientos

Los autores expresamos nuestro enorme, oportuno y justo agradecimiento a los profesionales del Área Funcional de Investigaciones de Recursos en Aguas Continentales de la Dirección General de Investigaciones en Acuicultura del Instituto del Mar del Perú, Víctor Yépez-Pinillos, José Wasiw-Gutarra y Steve Flores Gómez, por su crucial apoyo en el presente trabajo, en la realización del estudio, toma de información y colecta de muestras; además, de sus acertados aportes en el manuscrito del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara-Bocanegra, F.; Chu-Koo, FW.; Chávez-Vintemilla, C.A.; Tello-Martín, J.S.; Bances-Chávez, K.C.; Torrejón-Meza, M.A.; Gomez-Noriega, J.L. & Noriega-Murrieta, J.L. 2007. La pesquería ornamental de la arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* (Osteoglossidae) en Loreto, Perú y posibilidades de cultivo. *Folia Amazónica*, 16: 55-61.
- Barbieri, B.; Hartz, SM. & Verani, JR. 1996. O fator de condicao e índice hepatossomático como indicadores do período de desova de *Astianax fasciatus* da represa fo Lobo, Sao Paulo (Osteichthyes, Caharacidae). *Iheringia Serie Zoology*, 81: 97-100.
- Buitrón, B.; Perea, A.; Mori, J.; Sánchez, J. & Roque, C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. *Boletín Instituto del Mar Perú*, 38: 373-384.
- Buitrón, B.; Perea, A.; Mori, J.; Sánchez, J.; Roque, G.; Castillo, J. & Gálvez, M. 2015a. Madurez gonadal de algunos peces de importancia comercial: escalas macroscópicas validadas microscópicamente. *Boletín Instituto del*

- Mar Perú, 30(1-2): 3–9.
- Buitrón, B.; Perea, A.; Mori, J.; Sánchez, J.; Roque, G.; Castillo, J. & Gálvez, M. 2015b. Escala de madurez gonadal de anchoveta peruana *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842). Boletín Instituto del Mar Perú, 30(1-2): 10–19.
- Castillo-López, E. J. 2019. *Diseño de un modelo de gestión empresarial ambiental para la producción de Arawana Plateada (Osteoglossum Bicirrhosum); como alternativa económica para los jóvenes rurales del municipio de Villagarzón Putumayo.* (Tesis de maestría). Universidad El Bosque.
- Cavalcante, D.P. 2008. *Crescimento e Maturação Sexual de Aruanás Brancos (Osteoglossum bicirrhosum) em Mamirahuá.* (pp. 105-117). Camargo, M. (Org). *Biologia, conservação e manejo dos Aruanã na Amazônia Brasileira.* Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.
- Cortegano, A.C.; Mori, L.A.; Moya, L.A.; Vasquez, M. & Soria, P. 2014. Productivity and reproductive characteristics of silver arowana *Osteoglossum bicirrhosum* (Osteoglossiformes: Osteoglossidae) at Grande lake, Putumayo basin, Peru. *Biota Amazônia*, 4: 21-26.
- Duponchelle, F.; Ruiz, A.; Waty, A.; Panfili, J.; Renno, J.F.; Farfán, F.; Garcia-Vasquez, A.; Chu, F.; Garcia, C.; Vargas, G.; Ortiz, A.; Pinedo, R. & Nuñez, J. 2012. Contrasted hydrological systems of the Peruvian Amazon induce differences in growth patterns of the silver arowana, *Osteoglossum bicirrhosum*. *Aquatic Living Resources*, 25: 55–66.
- FONDEPES (Fondo Nacional de desarrollo Pesquero). 2021. Protocolo de Reproducción de Arawana *Osteoglossum bicirrhosum*. Fondepes.
- García, A. 2010. *Rasgos de vida de la Arahua, Osteoglossum bicirrhosum en el Putumayo, localidades de Estrecho y Huapapa.* Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
- Humason, G.L. 1979. *Animal tissue techniques.* 4^{ta} Ed. W. H. Freeman Co.
- Hunter, J. R. & Goldberg, S. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery bulletin*, 77: 641-652.
- Hunter, J. R. & Macewicz, B. J. 2003. *Improving the accuracy and precision of reproductive information used in fisheries.* In: Kjesbu, S.; Hunter, J.R. & Witthames, P.R. (eds). *Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold-water fish and squids.* *Fisken og Havet*, 12: 57-68.
- Manzanares, C.R. 2010. *Aspectos biológicos pesqueros de Osteoglossum bicirrhosum (Cuvier, 1829) arahuana (Piscis Osteoglossidae) en la cocha Lago Grande de la cuenca baja del río Putumayo - Loreto.* Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional de Amazonia Peruana-Perú.
- Mota, G.C.; Lopes, E.; Siqueira-Souza, F.K.; Beltrão dos Anjos, HD.; Yamamoto, K.C. & De Carvalho, CE. 2008. *Peixes de lagos do Médio Rio Solimões.* 2nd Ed. Instituto I-Piatam.
- Nuñez, J. & Duponchelle, F. 2009. Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35: 167-180.
- Leyton, S.; Muñoz, E.; Gordillo, M.; Sánchez, G.; Muñoz, L. & Soto, A. 2015. Estimación del factor de condición de Fulton (k) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río Cauca. *Revista Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 27: 21-28.
- Perea, Á. & Buitrón, B. 2004. Aplicación del método de congelación de ovarios para estimar la distribución espacial de cardúmenes desovantes de anchoveta. *Boletín Instituto del Mar Perú*, 32: 123–126.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1-382.
- Ruiz, A.D. 2011. *Historia de vida de la "arahuana" Osteoglossum bicirrhosum (Cuvier, 1829) en tres cuencas de la Amazonia peruana.* (Tesis para optar el grado académico de Magister en Zoología con mención en Ecología y Conservación). Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Perú.
- Sánchez, C.L. & Alonso, J.C. 2003. Proyecto:

- Evaluación ecológica y biológica reproductiva de la arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) en el Parque Nacional Natural La Paya, Puerto Leguizamo. Instituto Amazónico de investigaciones científicas, SINCHI. Puerto Leguizamo. 55 p.
- Sánchez, J. & Gálvez, M. 2015. Escala de madurez gonadal de cabrilla *Paralabrax humeralis* (Valenciennes, 1828). Boletín Instituto del Mar Perú, 30: 58-65.
- Sánchez, C.L.; Alonso, J.C. & Agudelo, E. 2007. La Arawana *Osteoglossum bicirrhosum* un Recurso para Usar y Conservar. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola, 3: 84-92.
- Sánchez, J.; Perea, A.; Buitrón, B. & Romero, L. 2013. Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. Revista peruana de biología, 20: 35-44.
- Stahl, M. 2008. *Reproductive physiology of shovelnose sturgeon from the middle Mississippi river in relation to seasonal variation in plasma sex steroids, vitellogenin, calcium, and oocyte diameters*. (Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master of Science Degree University Carbondale). Illinois.
- Torres, B.; Pinedo, C. & Chu, F. 2012. Hábitos alimenticios de la arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) en la cuenca medio del río Putumayo - El Estrecho, Loreto, Perú. Ciencia Amazónica (Iquitos), 2: 17-26.
- Vazzoler, A.E. 1982. *Biologia da reproducao de peixes teleósteos: teoria e prática*. Eduem.

Received April 20, 2022.
Accepted June 23, 2022.