

1 The Biologist (Lima), 2022, vol. 20 (2), XX-XX.  
2 DOI: <https://doi.org/10.24039/rtb20222021424>

3  
4 Este artículo es publicado por la revista The Biologist (Lima) de la Facultad de Ciencias Naturales y  
5 Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso  
6 abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional  
7 (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución  
8 y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente  
9 original.

10 ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

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

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

17 Antonio Cuba<sup>1</sup>; Javier Sánchez<sup>1</sup> & Ángel Perea<sup>2</sup>

18 <sup>1</sup> Laboratorio de Biología Reproductiva, Instituto del Mar del Perú.

19 <sup>2</sup> Laboratorio costero de Chimbote, Instituto del Mar del Perú.

20 \*Corresponding author: [acubam@gmail.com](mailto:acubam@gmail.com)

21 Cuba *et al.*

22 Título corto: Maturity gonadal scale and reproductive cycle of *Osteoglossum*  
23 *bicirrhosum*

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

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

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

27

## 28 **ABSTRACT**

29 Arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) is an important resource for the  
30 fishery ornamental activity in Putumayo River and it has been developed several  
31 studies around the fish. However, reproductive studies are incipient. For this reason,  
32 the aim of this paper was proposed a microscopic maturity gonadal scale and to  
33 determinate the most important reproductive period for arahuana *Osteoglossum*  
34 *bicirrhosum* in Putumayo River. For this, it was done a biological monitoring since  
35 October 2015 to June 2017. it was analyzed 874 samples, which were obtained from  
36 “El Estrecho” and “Huapapa”. The maturity scale was established by histological  
37 sections and at each stage were determinate by the development and distribution of  
38 each sexual cell; while the reproductive cycle was estimated by the gonadosomatic  
39 index and spawning fraction. Also, it was calculated the sexual ratio and the somatic  
40 condition beginning with condition factor. The maturity scale had 6 stages for each  
41 sex; although the reproductive period was estimated between December and March.  
42 Finally, the monthly sex ratio did not show, in general, significant differences and the  
43 somatic condition obtained their higher values in the month previous the spawning.

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

46

## 47 **RESUMEN**

48 La arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) es un recurso de suma  
49 importancia para la actividad pesquera ornamental en la cuenca del río Putumayo,  
50 Loreto, Perú, habiéndose desarrollado diversos estudios alrededor de esta especie;  
51 sin embargo, los estudios sobre su biología reproductiva son incipientes. Por ello  
52 que, el objetivo del presente trabajo fue describir una escala de madurez gonadal

53 con sustento microscópico y determinar cuál es el principal periodo de reproducción  
54 del recurso arahuana en la cuenca del río Putumayo. Para ello, se realizó un  
55 monitoreo biológico mensual desde octubre del 2015 hasta junio del 2017. Se  
56 analizaron un total de 874 muestras, obtenidas de la zona de “El Estrecho” y  
57 “Huapapa”. La escala de madurez se estableció a partir de los análisis  
58 microscópicos de gónadas identificándose cada fase de madurez en hembras y  
59 machos a partir del grado de desarrollo y distribución de las células sexuales;  
60 mientras que, el ciclo reproductivo fue estimado a partir del análisis del índice  
61 gonadosomático y fracción desovante. Además, se estimó la proporción sexual y se  
62 evaluó la condición somática a partir del factor de condición. La escala de madurez  
63 gonadal constó de 6 fases, tanto para hembras como para machos; mientras que,  
64 el periodo reproductivo de mayor importancia se determinó de diciembre a marzo.  
65 Finalmente, la proporción sexual mensual, en general, no mostró diferencias  
66 significativas y la condición somática registró sus mayores valores previos a los  
67 meses de reproducción.

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

70

## 71 **INTRODUCCIÓN**

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

78 El río Putumayo, ubicado al noreste de la región Loreto, cuyo curso constituye el  
79 límite fronterizo mayoritario entre Perú y Colombia, representa uno de los sistemas

80 hídricos más importantes para el desarrollo de la pesca ornamental de arahuana  
81 (Castillo-López, 2019).

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

84 Debido a su importancia para la actividad pesquera ornamental en el ámbito de la  
85 cuenca del río Putumayo, algunos investigadores han efectuado estudios  
86 relacionados a su biología y ecología (Manzanares, 2010; Ruiz, 2011; Duponchelle  
87 *at al.*, 2012; Torres *et al.*, 2012; Cortegano *et al.*, 2014).

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

93

## 94 **MATERIALES Y MÉTODOS**

95 El presente trabajo se llevó a cabo como parte de los resultados obtenidos en el  
96 estudio realizado por el Área Funcional de Investigaciones de Recursos en Aguas  
97 Continentales de la Dirección General de Investigaciones en Acuicultura del Instituto  
98 del Mar del Perú (IMARPE) sobre el recurso arahuana, para determinar el periodo  
99 importante de reproducción y sugerir las medidas de protección (veda reproductiva)  
100 en dicho periodo. Para ello, se realizó un monitoreo biológico a paso mensual  
101 obteniéndose ejemplares de arahuana provenientes de la pesquería artesanal  
102 desde octubre del 2015 hasta junio del 2017. Se analizaron 874 individuos (462  
103 hembras y 412 machos), los cuales se obtuvieron de dos sectores pertenecientes a  
104 la cuenca del río Putumayo. El primer sector fue “El Estrecho” (en la cuenca media  
105 del río), que comprendió a aquellos cuerpos de agua que tuvieron proximidad a la  
106 localidad de San Antonio de El Estrecho, siendo la laguna Cedrococha  
107 (02°24'10,33" LS; 72°37'5,09" LO) el principal lugar donde se efectuó la captura de

108 ejemplares por parte de pescadores locales; el segundo sector fue Huapapa (en la  
109 cuenca baja del río), comprendiendo a los cuerpos de agua próximos a esta  
110 localidad, destacando la laguna Lago Grande (02°30'58,27" S; 70°30'12,56" O)  
111 como principal lugar de pesca, además de otros como Huapapa, Dispensa y Agua  
112 Negra registrados como zonas de pesca de arahuana.

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

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

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

### 127 **Escala de madurez gonadal**

128 Las fases de madurez gonadal de arahuana, fueron determinadas sobre la base de  
129 los análisis microscópicos. Se determinó los tipos de ovocitos, los tipos de células  
130 sexuales masculinas y su disposición en el estroma gonadal en base a la  
131 clasificación propuesta por Hunter & Goldberg (1980). Para ambos sexos se  
132 describen seis fases tanto para hembras como para machos (Tabla 1).

133

134

135 **Tabla 1.** Fases de madurez gonadal de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum*  
 136 determinadas histológicamente.

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

137

138 **Ciclo reproductivo**

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

145 - **Índice gonadosomático (IGS)**

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

149

150 
$$IGS = \frac{PG}{PE} * 100$$

151 Donde:

152  $PG$  = Peso de las gónadas (g).

153  $PE$  = Peso eviscerado (g).

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

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

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

161 
$$FD \text{ o } IAD = \frac{Hiv}{Ha} * 100$$

162 Donde:

163 *Hiv* = Hembras en fase IV (desovantes).

164 *Ha* = Hembras adultas.

165 **Proporción sexual**

166 Se realizó el análisis mensual de la proporción sexual utilizando el método  
167 estadístico de Ji-cuadrado ( $X^2$ ), con un grado de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

168 **Condición somática**

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

172 
$$FC = \left( \frac{PE}{LT^3} \right) * 100$$

173 Donde:

174 *PE* = Peso eviscerado (g).

175 *LT* = Longitud total (cm).

176

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

## 178 RESULTADOS

### 179 Escala de madurez gonadal

#### 180 *Hembras*

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

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

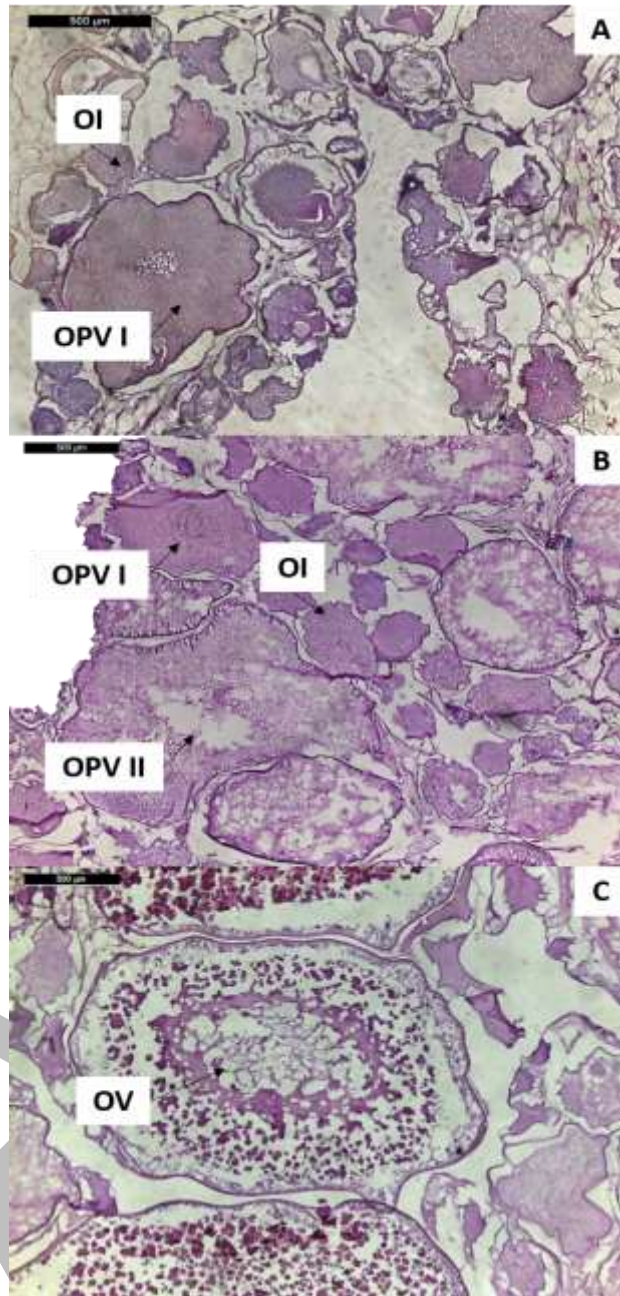
191 **Fase en maduración (II):** Además de poseer las células descritas en la fase virginal  
192 y reposo, es posible observar ovocitos vitelogenados (OV). Estos son de mayor  
193 tamaño y su principal característica es la incorporación de gránulos de vitelo (Fig.  
194 1C).

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

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

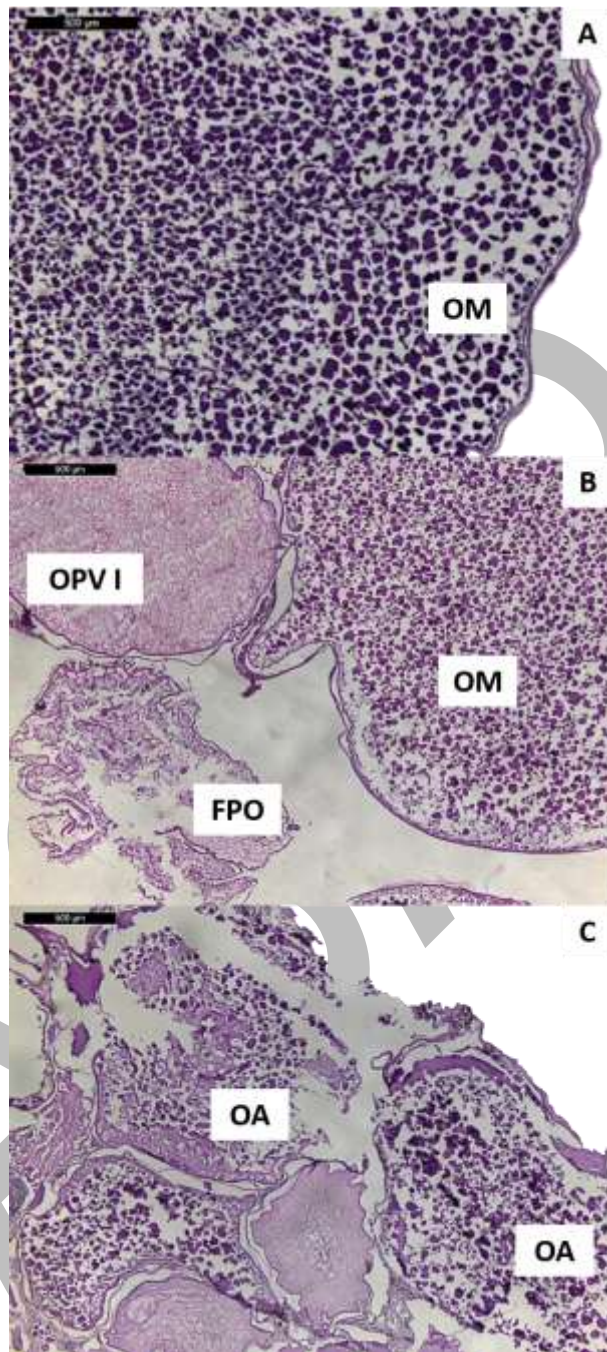
201 **Fase recuperación (V):** En esta fase se pueden identificar los ovocitos atrésicos  
202 (OA), los cuales se caracterizan por presentar degeneración a nivel folicular y lisis  
203 al interior de la célula (Fig. 2C).





204  
205

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



211

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

217 **Machos**

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

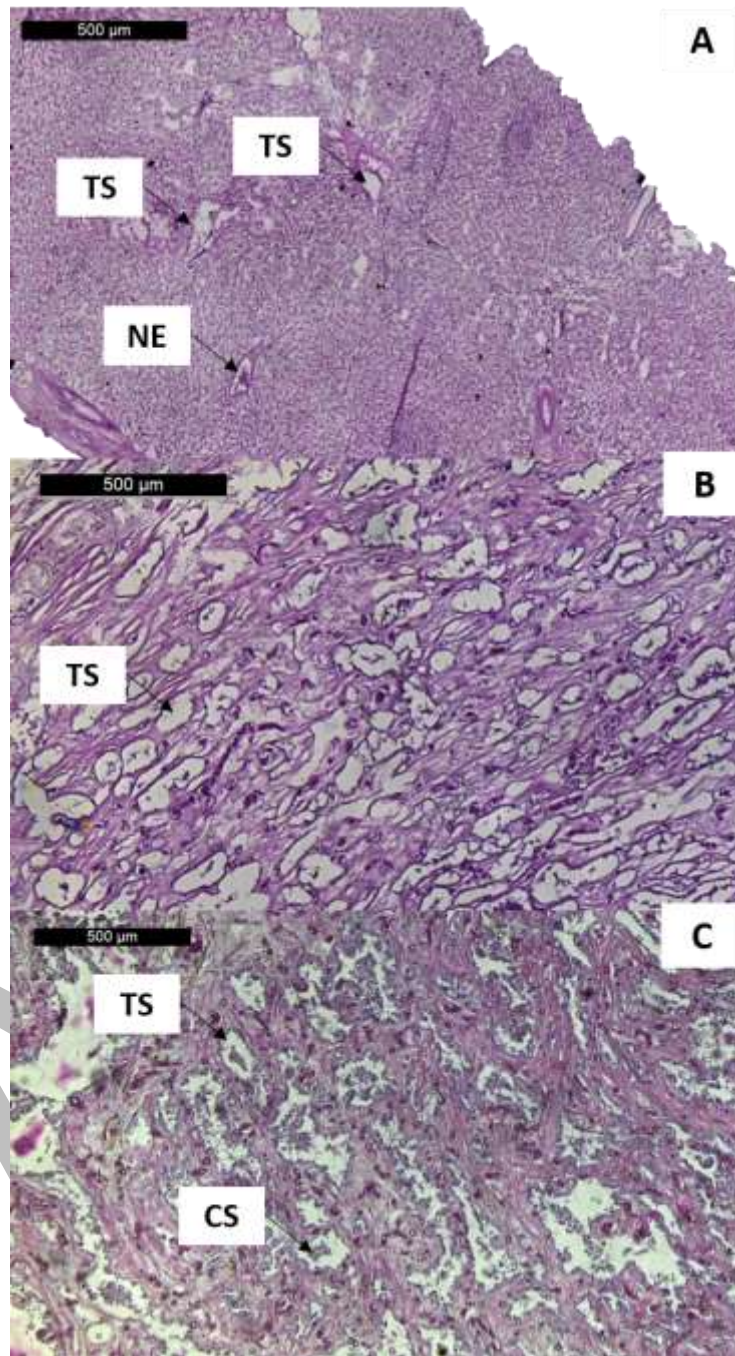
221 **Fase reposo (I):** Los túbulos seminíferos (TS) presentan un mayor desarrollo y se  
222 encuentran en mayor cantidad que en la fase virginal, con una baja cantidad de  
223 células espermáticas (Fig. 3B).

224 **Fase en maduración (II):** Los túbulos seminíferos (TS) están más desarrollados  
225 que en las fases virginal y reposo. Se observa una mayor cantidad de células  
226 espermáticas (CS) en la luz de los túbulos (Fig. 3C).

227 **Fase maduro (III):** Los túbulos seminíferos están más desarrollados en  
228 comparación a la fase II y se encuentran llenos de células espermáticas (CS) (Fig.  
229 4A).

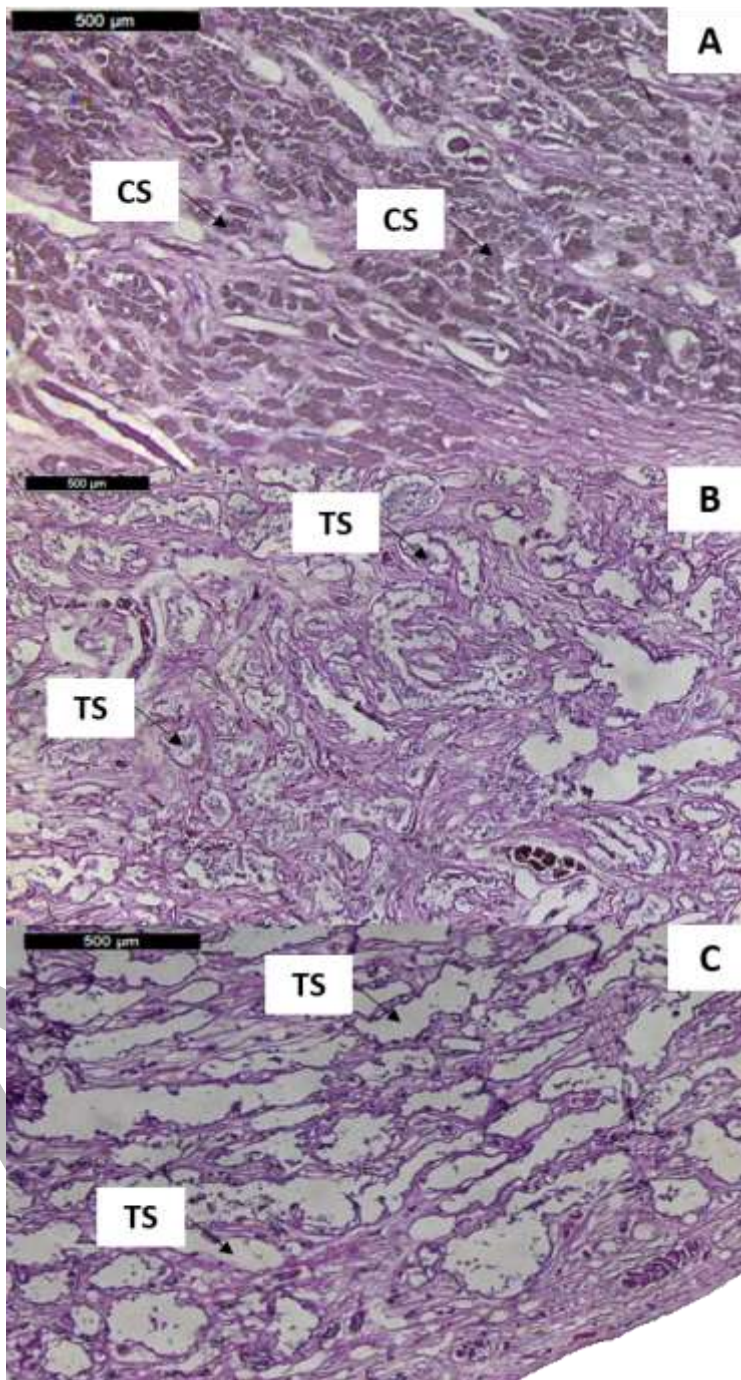
230 **Fase expulsante (IV):** Se observa túbulos seminíferos bien desarrollados (TS) con  
231 zonas vacías producto de la expulsión (Fig. 4B).

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



235

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



240

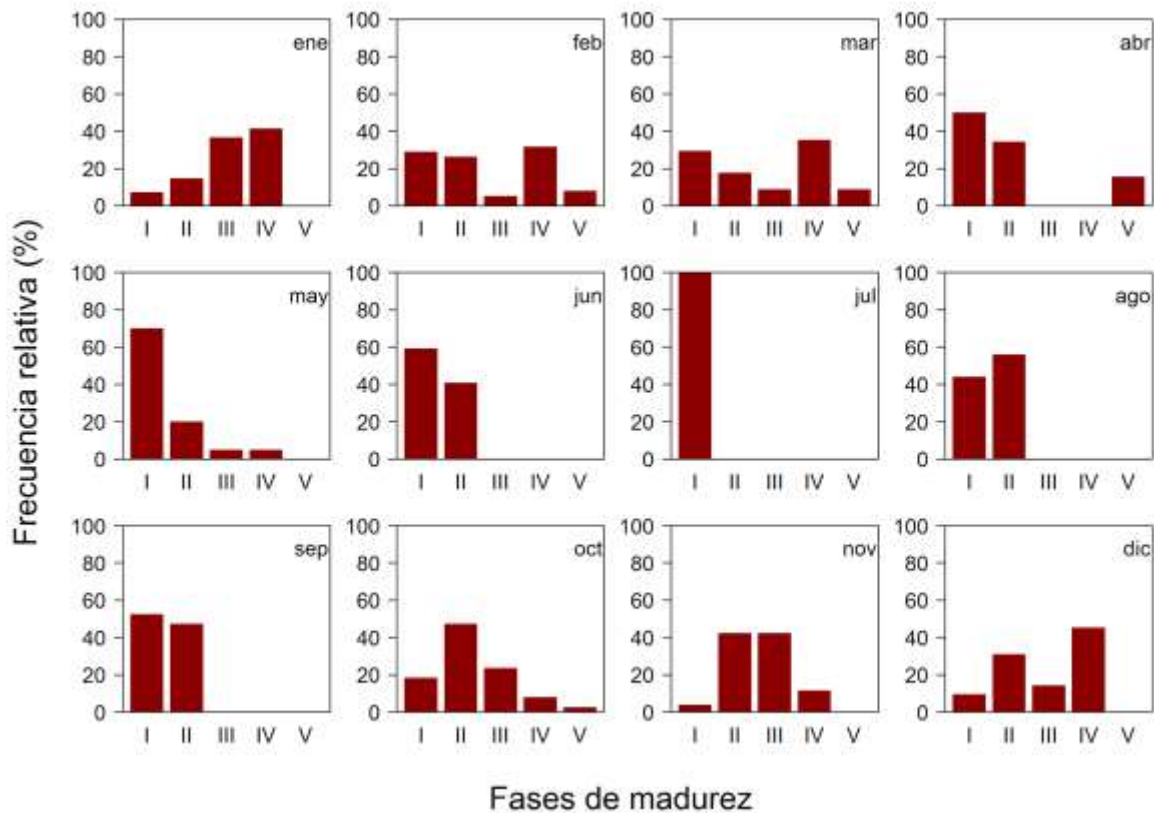
241 **Figura 4.** Microfotografía (40x) de fases de madurez gonadal de machos de  
242 arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* determinado en base a observaciones  
243 microscópicas. A: virginal; B: expulsante; C: post-expulsante. Donde: TS: Túbulos  
244 seminíferos, CS: Células espermáticas.

## 245 **Ciclo reproductivo**

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

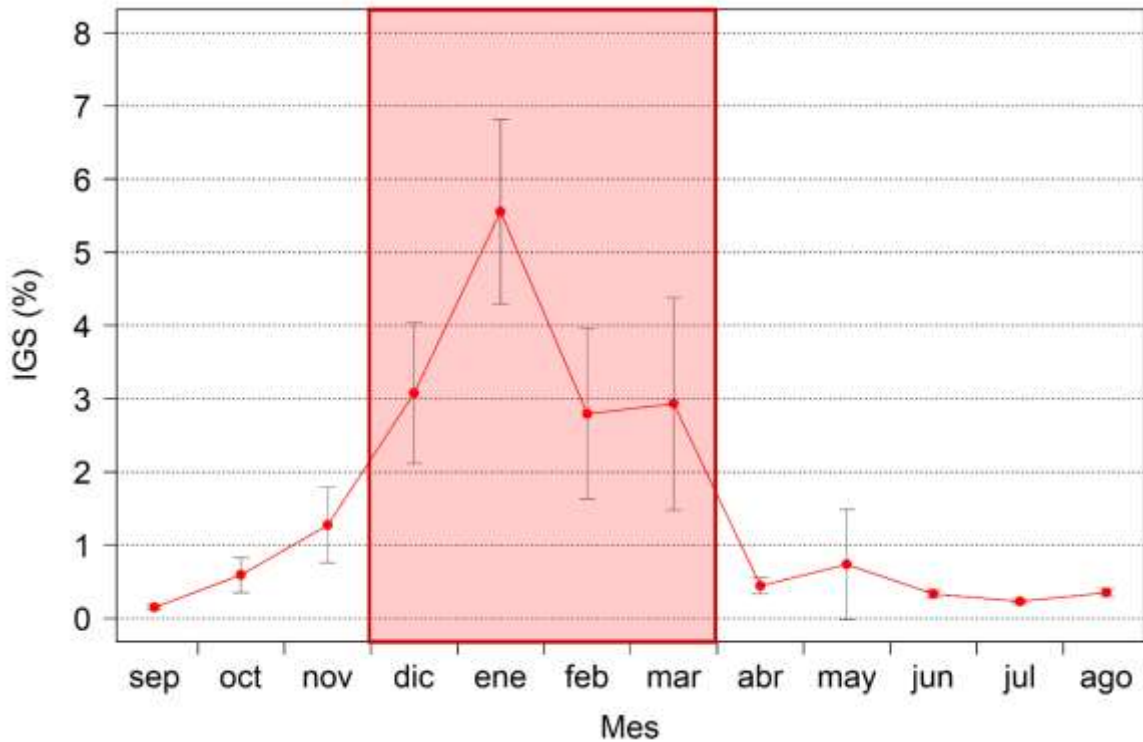
256 Según el análisis de la variación temporal del IGS en las hembras, el periodo  
257 principal de reproducción de la arahuana comprende desde diciembre (3,1%) hasta  
258 marzo (2,9%); observándose además en los meses de enero y febrero los valores  
259 5,6% y 2,8% respectivamente. Los bajos valores (IGS < 0,7%) obtenidos entre abril  
260 y octubre indican que las hembras presentan en dicho periodo baja actividad  
261 reproductiva, presentando un incipiente desarrollo gonadal (reposo gonadal) (Fig.  
262 6).

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



267

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

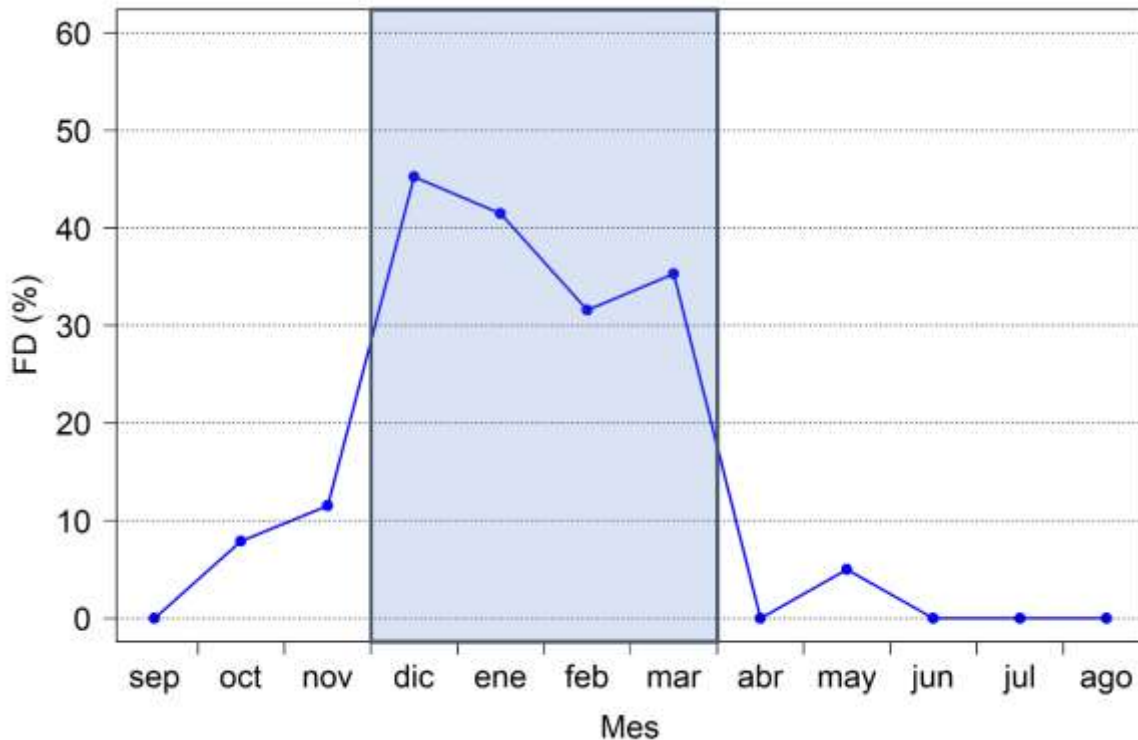


273

274

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





280

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

285 **Proporción sexual**

286 En general, no existió predominancia de ninguno de los sexos a lo largo de toda la  
 287 evaluación; observándose diferencia significativa sólo en los meses de abril y  
 288 agosto; siendo abril el mes donde hubo predominancia de machos y en agosto la  
 289 predominancia fue de hembras (Tabla 2).

290

291

292

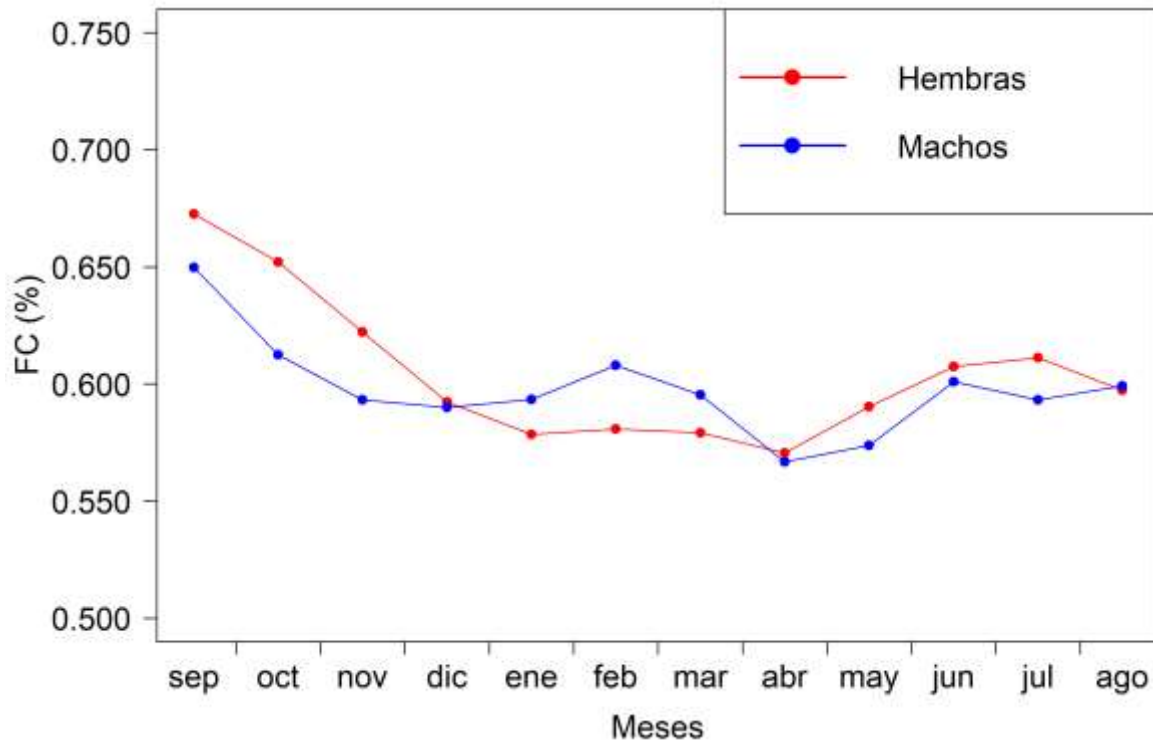
293 **Tabla 2.** Proporción sexual mensual promedio de arahuana *Osteoglossum*  
 294 *bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo de machos con respecto a hembras.  
 295 Periodo de estudio de octubre 2015 a junio 2017. Donde: PS: Proporción sexual;  
 296 X<sup>2</sup>: Ji-cuadrado, \*: diferencia significativa.

Meses	Machos	Hembras	Total	PS	X2	p-valor
<b>Enero</b>	40	46	86	0,87 : 1	0,42	0,51
<b>Febrero</b>	53	41	94	1,29 : 1	1,53	0,21
<b>Marzo</b>	44	41	85	1,07 : 1	0,11	0,74
<b>Abril</b>	58	53	111	1,09 : 1	0,23	0,63
<b>Mayo</b>	25	36	61	0,69 : 1	1,98	0,15
<b>Junio</b>	22	36	58	0,61 : 1	3,38	0,06*
<b>Julio</b>	18	11	29	1,64 : 1	1,69	0,19
<b>Agosto</b>	11	30	41	0,37 : 1	8,8	0,003*
<b>Setiembre</b>	34	46	80	0,74 : 1	1,8	0,18
<b>Octubre</b>	49	42	91	1,17 : 1	0,54	0,46
<b>Noviembre</b>	22	27	49	0,81 : 1	0,51	0,47
<b>Diciembre</b>	36	53	89	0,68 : 1	3,25	0,07

297

### 298 **Condición somática**

299 En el análisis de la variación mensual del factor de condición (FC) efectuado para  
 300 las hembras se observaron los mayores valores de setiembre (0,672%) a noviembre  
 301 (0,622%) y los menores de enero (0,578%) a abril (0,571%). Por otro lado, los  
 302 machos presentaron valores con un comportamiento similar al de las hembras a lo  
 303 largo del año, con el mayor valor en setiembre (0,650%) y el menor en abril  
 304 (0,567%). En ambos sexos se observa la caída progresiva del FC de setiembre a  
 305 enero (Fig. 8).



306

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

## 310 DISCUSIÓN

### 311 Escala de madurez gonadal

312 La correcta determinación de las fases de madurez gonadal son la base para  
 313 diversas estimaciones como la talla de madurez gonadal, potencial reproductivo,  
 314 periodos de actividad reproductiva y desove (Buitrón *et al.*, 2015a). El método más  
 315 utilizado para la determinación de una escala de madurez gonadal es el examen  
 316 visual de las gónadas, es decir, una escala de madurez macroscópica, en la que se  
 317 aplican diversos criterios; sin embargo, en muchos casos algunas fases no  
 318 presentan características visuales claras (Hunter & Macewiz, 2003), por lo que es  
 319 necesario la realización de cortes histológicos que permitan observar el desarrollo  
 320 y la distribución de las células sexuales (Stahl, 2008). En el caso de la arahuana, se

321 han venido aplicando escalas macroscópicas generales como la propuesta por  
322 Nuñez & Duponchelle (2009) y escalas macroscópicas no validadas  
323 microscópicamente dirigidas especialmente a la especie (Ruiz, 2011). Con respecto  
324 a ello, la escala que se propone en el presente trabajo, además de ser propia del  
325 recurso arahuana, ha sido realizada en base a la observación microscópicas de las  
326 células sexuales, con lo cual se pudo reducir el sesgo al momento de la  
327 determinación de las fases de madurez. Esto permitió identificar y diferenciar con  
328 precisión la fracción adulta de la juvenil, condición básica para calcular y mostrar  
329 con certeza el ciclo reproductivo de esta especie. Finalmente, la numeración y  
330 nombres asignados a cada fase de madurez gonadal, tienen como base estudios  
331 de escalas de madurez gonadal de peces realizadas anteriormente (Sánchez *et al.*,  
332 2013; Sánchez & Gálvez, 2015; Buitrón *et al.*, 2015b), que son prácticas y permiten  
333 conocer con precisión la condición reproductiva del recurso.

334 Para la elaboración de la presente escala de madurez gonadal, los cortes  
335 histológicos fueron obtenidos mediante el método de congelación propuesto por  
336 Perea & Buitrón (2004), el cual constituye un método de ayuda diagnóstico más  
337 rápido que el método tradicional de infiltración de parafina de Humason (1979),  
338 aunque su desventaja, en general, es la menor resolución de imagen que suele no  
339 permitir una descripción minuciosa de las células sexuales. Sin embargo, pese a su  
340 menor resolución, para el caso de la arahuana esta técnica permitió la descripción  
341 clara de la histoarquitectura ovárica, de los tipos de ovocitos, presencia o ausencia  
342 de folículos post-ovulatorios y proporción de ovocitos atrésicos, lo cual se utilizó  
343 para la asignación de las fases de madurez; mientras que, en los machos las fases  
344 de madurez fueron asignadas por el desarrollo de los túbulos seminíferos y su grado  
345 de llenura. Por otro lado, la utilización del método de congelación, que permitió  
346 determinar con seguridad la fase de madurez gonadal del recurso estudiado, siendo  
347 un método más rápido, permitiría en futuras evaluaciones, el seguimiento y  
348 diagnóstico de su condición reproductiva de manera oportuna y segura.

349

## 350 **Ciclo reproductivo**

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

365 El ciclo reproductivo de arahuana en el presente estudio, se determinó a partir del  
366 cálculo mensual de los índices reproductivos: índice gonadosomático (IGS) y  
367 fracción desovante o índice de actividad de desove (FD o IAD), a partir del análisis  
368 de muestras durante 22 meses (setiembre 2015 – junio 2017) de forma  
369 ininterrumpida. En este periodo de estudio, se realizaron análisis microscópicos de  
370 las gónadas de cada hembra para identificar la fase de madurez gonadal en la cual  
371 se encontraban y determinar su evolución mensual. Además, mediante los análisis  
372 microscópicos mencionados, se realizó el cálculo de la fracción desovante (índice  
373 reproductivo que mide directamente el desove) determinándose de forma precisa el  
374 periodo más importante de desove. En este sentido, los resultados mostrados en el  
375 presente estudio resultan siendo más precisos, consistentes y confiables respecto  
376 a los obtenidos por García (2010), que basó sus resultados sobre 14 meses de  
377 estudio, pero definió una curva de evolución de IGS solo para el periodo de febrero  
378 a noviembre, no logrando determinar valores para diciembre y enero,

379 imprescindibles para tener un panorama completo sobre el ciclo reproductivo de la  
380 arahuana. Manzanares (2010) analizó la evolución temporal del IGS de forma  
381 trimestral, teniendo sus resultados menor precisión sobre el periodo más importante  
382 de reproducción. Es de precisar que los estudios que involucren la observación  
383 microscópica de cortes histológicos de las estructuras gonádicas, resultan siendo  
384 más precisos y confiables respecto a los estudios realizados en base a  
385 catalogaciones macroscópicas de las fases de madurez gonadal, debido a que  
386 reducen al mínimo el sesgo producto de la observación subjetiva del evaluador.

### 387 **Condición somática**

388 Los mayores valores del factor de condición (FC) en hembras se observaron en  
389 septiembre (0,673), octubre (0,652) y noviembre (0,622); mientras que, en machos  
390 fueron en setiembre (0,650) y octubre (0,613). El valor elevado del FC en septiembre  
391 indicaría la preparación del recurso previo a su proceso reproductivo, almacenando  
392 reserva energética a utilizar en el dicho proceso; observándose la disminución del  
393 FC a partir del mes de octubre producto del inicio de su actividad reproductiva  
394 (madurez y desove/expulsión); además, este incremento del FC de abril a setiembre  
395 se ve favorecido porque no se encuentra en un periodo reproductivo importante o  
396 no está desovando (Leyton *et al.*, 2015) y la disponibilidad de alimento en su  
397 ambiente acuático sería mayor en los meses mencionados (Mota *et al.*, 2008). Ruiz  
398 (2011) evaluó los hábitos alimentarios de la arahuana determinando que los peces  
399 (de los géneros *Mylossoma* Eigenmann & Kennedy, 1903, *Triportheus* Cope, 1872,  
400 *Potamorhina* Cope, 1878, *Pimelodus* Lacepède, 1803, entre otros) conformaron  
401 más del 50% de su dieta en los meses de agosto-octubre, lo que coincide con el  
402 periodo del “mijano” procedente de aguas del río Amazonas. Los menores valores  
403 del FC entre enero y abril (rango de 0,567 a 0,607), indican que la arahuana  
404 disminuye su grado de bienestar, lo cual estaría explicado en parte por el gasto  
405 energético que implica el proceso reproductivo (maduración y desove/expulsión)  
406 (Barbieri *et al.*, 1996).

### 407 **Agradecimientos**

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

#### 415 **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

416 Alcántara-Bocanegra, F.; Chu-Koo, FW.; Chávez-Vintemilla, C.A.; Tello-Martín, J.S.;  
417 Bances-Chávez, K.C.; Torrejón-Meza, M.A.; Gomez-Noriega, J.L. & Noriega-  
418 Murrieta, J.L. 2007. La pesquería ornamental de la arahuana *Osteoglossum*  
419 *bicirrhosum* (Osteoglossidae) en Loreto, Perú y posibilidades de cultivo. Folia  
420 Amazónica, 16: 55-61.

421 Barbieri, B.; Hartz, SM. & Verani, JR. 1996. O fator de condicao e índice  
422 hepatossomático como indicadores do período de desova de *Astianax fasciatus* da  
423 represa fo Lobo, Sao Paulo (Osteichthyes, Caharacidae). Iheringia Serie Zoology  
424 81: 97-100.

425 Buitrón, B.; Perea, A.; Mori, J.; Sánchez, J. & Roque, C. 2011. Protocolo para  
426 estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Boletín  
427 Instituto del Mar Perú, 38: 373-384.

428 Buitrón, B.; Perea, A.; Mori, J.; Sánchez, J.; Roque, G.; Castillo, J. & Gálvez, M.  
429 2015a. Madurez gonadal de algunos peces de importancia comercial: escalas  
430 macroscópicas validadas microscópicamente. Boletín Instituto del Mar Perú, 30(1-  
431 2): 3–9.

432 Buitrón, B.; Perea, A.; Mori, J.; Sánchez, J.; Roque, G.; Castillo, J. & Gálvez, M.  
433 2015b. Escala de madurez gonadal de anchoveta peruana *Engraulis ringens*  
434 (Jenyns, 1842). Boletín Instituto del Mar Perú, 30(1-2): 10–19.

- 435 Castillo-López, E. J. 2019. *Diseño de un modelo de gestión empresarial ambiental*  
436 *para la producción de Arawana Plateada (Osteoglossum Bicirrhosum); como*  
437 *alternativa económica para los jóvenes rurales del municipio de Villagarzón*  
438 *Putumayo*. (Tesis de maestría). Universidad El Bosque.
- 439 Cavalcante, D.P. 2008. *Crescimento e Maturação Sexual de Aruanás Brancos*  
440 *(Osteoglossum bicirrhosum) em Mamirahuá*. (pp. 105-117). Camargo, M. (Org).  
441 *Biologia, conservação e manejo dos Aruanã na Amazônia Brasileira*. Instituto de  
442 Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.
- 443 Cortegano, AC.; Mori, LA.; Moya, LA.; Vasquez, M. & Soria, P. 2014. Productivity  
444 and reproductive characteristics of silver arowana *Osteoglossum bicirrhosum*  
445 (Osteoglossiformes: Osteoglossidae) at Grande lake, Putumayo basin, Peru. *Biota*  
446 *Amazônia*, 4: 21-26.
- 447 Duponchelle, F.; Ruiz, A.; Waty, A.; Panfili, J.; Renno, JF.; Farfán, F.; Garcia-  
448 Vasquez, A.; Chu, F.; Garcia, C.; Vargas, G.; Ortiz, A.; Pinedo, R. & Nuñez, J. 2012.  
449 Contrasted hydrological systems of the Peruvian Amazon induce differences in  
450 growth patterns of the silver arowana, *Osteoglossum bicirrhosum*. *Aquatic Living*  
451 *Resources*, 25: 55–66.
- 452 Fondepes (Fondo Nacional de desarrollo Pesquero). 2021. Protocolo de  
453 Reproducción de Arawana *Osteoglossum bicirrhosum*. Fondepes.
- 454 García, A. 2010. *Rasgos de vida de la Arahua, Osteoglossum bicirrhosum en el*  
455 *Putumayo, localidades de Estrecho y Huapapa*. Instituto de Investigaciones de la  
456 Amazonia Peruana.
- 457 Humason, G.L. 1979. *Animal tissue techniques*. 4<sup>ta</sup> Ed. W. H. Freeman Co.
- 458 Hunter, J. R. & Goldberg, S. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in  
459 northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery bulletin*, 77: 641-652.



- 460 Hunter, J. R. & Macewicz, B. J. 2003. *Improving the accuracy and precision of*  
461 *reproductive information used in fisheries*. In: Kjesbu, S.; Hunter, J.R. & Witthames,  
462 P.R. (eds). *Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold-*  
463 *water fish and squids*. *Fisken og Havet*, 12: 57-68.
- 464 Manzanares, CR. 2010. *Aspectos biológicos pesqueros de Osteoglossum*  
465 *bicirrhosum (Cuvier, 1829) arahuana (Piscis Osteoglossidae) en la cocha Lago*  
466 *Grande de la cuenca baja del río Putumayo - Loreto. Tesis para optar el título de*  
467 *Biólogo. Universidad Nacional de Amazonía Peruana- Perú.*
- 468 Mota, GC.; Lopes, E.; Siqueira-Souza, FK.; Beltrão dos Anjos, HD.; Yamamoto, KC.  
469 & De Carvalho, CE. 2008. *Peixes de lagos do Médio Rio Solimões*. 2<sup>nd</sup> Ed. Instituto  
470 I-Piatam.
- 471 Nuñez, J. & Duponchelle, F. 2009. Towards a universal scale to assess sexual  
472 maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. *Fish Physiology*  
473 *and Biochemistry*, 35: 167-180.
- 474 Leyton, S.; Muñoz, E.; Gordillo, M.; Sánchez, G.; Muñoz, L. & Soto, A. 2015.  
475 Estimación del factor de condición de Fulton (k) y la relación longitud-peso en tres  
476 especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en  
477 la cuenca alta del río Cauca. *Revista Asociación Colombiana de Ciencias*  
478 *Biológicas*, 27: 21-28.
- 479 Perea, Á. & Buitrón, B. 2004. Aplicación del método de congelación de ovarios para  
480 estimar la distribución espacial de cardúmenes desovantes de anchoveta. *Boletín*  
481 *Instituto del Mar Perú*, 32: 123–126.
- 482 Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish  
483 populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1-382.
- 484 Ruiz, A.D. 2011. *Historia de vida de la “arahuana” Osteoglossum bicirrhosum*  
485 *(Cuvier, 1829) en tres cuencas de la Amazonia peruana*. (Tesis para optar el grado

486 académico de Magister en Zoología con mención en Ecología y Conservación).  
487 Universidad Nacional Mayor de San Marcos–Perú.

488 Sánchez, C.L. & Alonso, JC. 2003. Proyecto: Evaluación ecológica y biológica  
489 reproductiva de la arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) en el Parque Nacional  
490 Natural La Paya, Puerto Leguizamo. Instituto Amazónico de investigaciones  
491 científicas, SINCHI. Puerto Leguizamo. 55 p.

492 Sánchez, J. & Gálvez, M. 2015. Escala de madurez gonadal de cabrilla *Paralabrax*  
493 *humeralis* (Valenciennes, 1828). Boletín Instituto del Mar Perú, 30: 58-65.

494 Sánchez, CL.; Alonso, JC. & Agudelo, E. 2007. La Arawana *Osteoglossum*  
495 *bicirrhosum* un Recurso para Usar y Conservar. Revista Electrónica de Ingeniería  
496 en Producción Acuícola, 3: 84-92.

497 Sánchez, J.; Perea, A.; Buitrón, B. & Romero, L. 2013. Escala de madurez gonadal  
498 del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. Revista peruana de biología, 20: 35-44.

499 Stahl, M. 2008. *Reproductive physiology of shovelnose sturgeon from the middle*  
500 *Mississippi river in relation to seasonal variation in plasma sex steroids, vitellogenin,*  
501 *calcium, and oocyte diameters.* (Thesis submitted in partial fulfillment of the  
502 requirements for the Master of Science Degree University Carbondale). *Illinois.*

503 Torres, B.; Pinedo, C. & Chu, F. 2012. Hábitos alimenticios de la arahuana  
504 *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) en la cuenca medio del río Putumayo - El  
505 Estrecho, Loreto, Perú. Ciencia Amazónica (Iquitos), 2: 17-26.

506 Vazzoler, AE. 1982. *Biología da reproducao de peixes teleósteos: teoría e prática.*  
507 Eduem.

508 Received April 20, 2022.

509 Accepted June 23, 2022.