

8800000



PERÚ Ministerio de la Producción



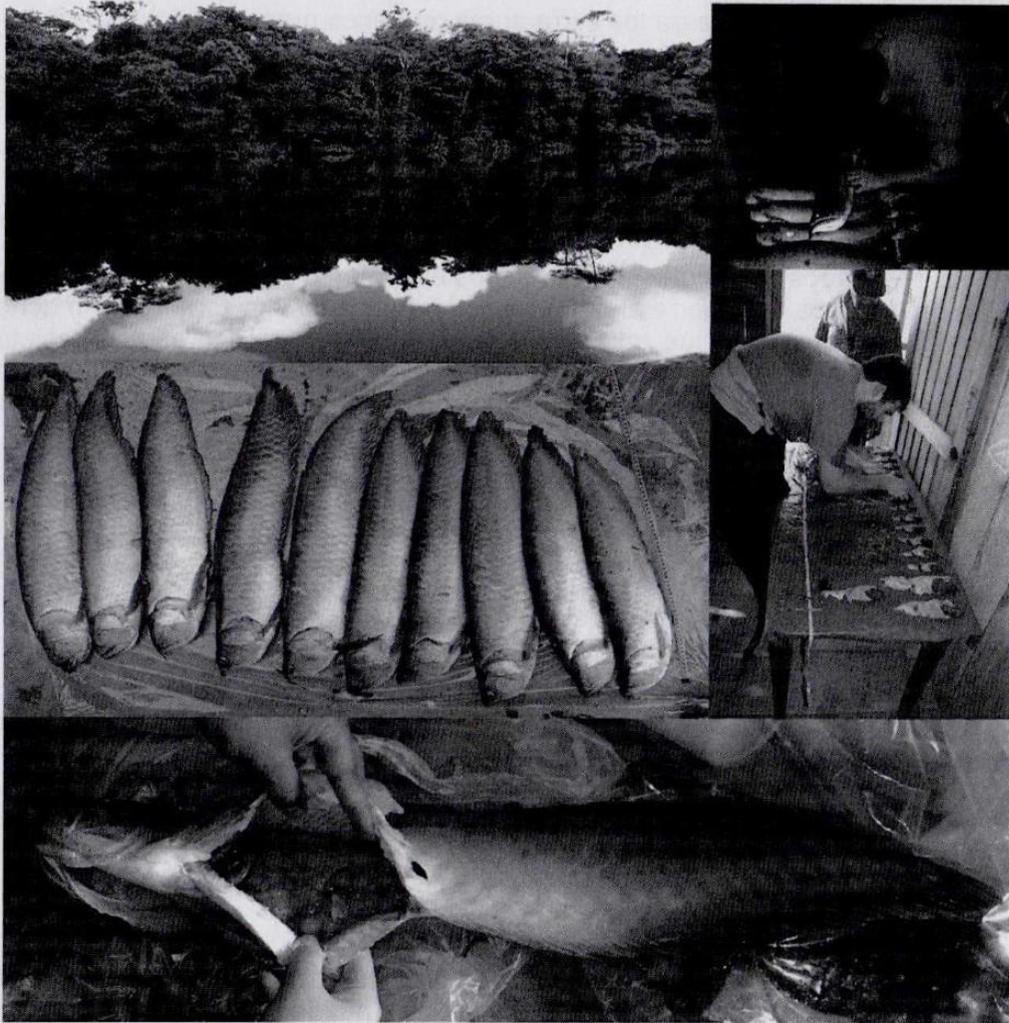
IMARPE 005
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
@tMARISOOS

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

**DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES EN ACUICULTURA
ÁREA FUNCIONAL DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS EN AGUAS CONTINENTALES**

**DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS PELÁGICOS
LABORATORIO DE BIOLOGÍA REPRODUCTIVA**



INFORME TÉCNICO
ASPECTOS BIOLÓGICOS Y REPRODUCTIVOS DE LA "ABAHUANA" *Osteoglossum bicirrhosum*
EN LA CUENCA DEL RÍO PUTUMAYO - LORETO



**CALLAO - PERÚ
NOVIEMBRE 2017**



ffi

"Año del Buen Servicio al Ciudadano" INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Año del Buen Servicio al Ciudadano" INFORME TÉCNICO

ASPECTOS BIOLÓGICOS Y REPRODUCTIVOS DE LA "ARAHUANA" *Osteoglossum bicirrhosum* EN LA CUENCA DEL RÍO PUTUMAYO - LORETO

INFORME TÉCNICO

RESUMEN ASPECTOS BIOLÓGICOS Y REPRODUCTIVOS DE LA "ARAHUANA" *Osteoglossum bicirrhosum* EN LA CUENCA DEL RÍO PUTUMAYO - LORETO

La "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* es una especie de alto valor comercial en el mercado de peces ornamentales, por ello es objeto de pesca en varias regiones de la Amazonia, principalmente en la cuenca del río Putumayo, donde se constituye como recurso transfronterizo de importancia económica para los extractores de peces ornamentales del Perú y Colombia.

La "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* es una especie de alto valor comercial en el mercado de peces ornamentales, por ello es objeto de pesca en varias regiones de la Amazonia, principalmente en la cuenca del río Putumayo, donde se constituye como recurso transfronterizo de importancia económica para los extractores de peces ornamentales del Perú y Colombia. En ese sentido, el presente estudio se efectuó con la finalidad de analizar la biología de la "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo (El Estrecho y Huapapa).

Según los resultados del estudio, la talla de los ejemplares varía de 37 a 97 cm de longitud total (LT). Las tallas de talla generales correspondieron a 67 cm tanto para machos como para hembras. Los histogramas de tallas agrupadas mostraron el ingreso de reclutas a partir de mayo, siendo más notorio en machos que en hembras. Entre mayo y diciembre hubo una notoria mortalidad. Según los resultados del estudio, la talla de los ejemplares varía de 37 a 97 cm de longitud total (LT). Las tallas de talla generales correspondieron a 67 cm tanto para machos como para hembras. Los histogramas de tallas agrupadas mostraron el ingreso de reclutas a partir de mayo, siendo más notorio en machos que en hembras. Entre mayo y diciembre hubo una notoria mortalidad. Según los resultados del estudio, la talla de los ejemplares varía de 37 a 97 cm de longitud total (LT). Las tallas de talla generales correspondieron a 67 cm tanto para machos como para hembras. Los histogramas de tallas agrupadas mostraron el ingreso de reclutas a partir de mayo, siendo más notorio en machos que en hembras. Entre mayo y diciembre hubo una notoria mortalidad.

En base al análisis de frecuencia de longitudes, se estimaron los parámetros de la función de Bertalanffy-L = 99,75 cm y K = 0,1, con los que se estableció una estructura de edades que pesa este periodo más importante de reproducción y hembras (50%) de dos años de edad coincide con los meses de aguas bajas; manifestando reposo gonadal o baja actividad reproductiva en los otros meses del año.

Se determinó el ciclo reproductivo de la "arahuana" en el río Putumayo, a partir del cual se estableció que el periodo más importante de reproducción se da entre diciembre y marzo, la cual coincide con los meses de aguas bajas; manifestando reposo gonadal o baja actividad reproductiva en los otros meses del año. Dicho periodo fue determinado mediante el seguimiento de los cambios mensuales en la madurez gonadal del recurso y con el cálculo de la fracción desovante (indicador directo del desove) basados ambos en el análisis microscópico de las gonadas; además se realizó el cálculo del índice gonadosomático mensual.

Dicho periodo fue determinado mediante el seguimiento de los cambios mensuales en la madurez gonadal del recurso y con el cálculo de la fracción desovante (indicador directo del desove) basados ambos en el análisis microscópico de las gonadas; además se realizó el cálculo del índice gonadosomático mensual. Este incremento del factor de condición puede estar asociado a la migración ("mijano") que efectúan varias especies de peces desde el río Amazonas hacia el río Putumayo, lo que favorecería su alimentación por la mayor disponibilidad de peces.

Es necesario establecer medidas de ordenamiento binacionales (Perú-Colombia) para proteger a este importante recurso en su periodo de máxima actividad reproductiva. Este incremento del factor de condición puede estar asociado a la migración ("mijano") que efectúan varias especies de peces desde el río

Palabras clave: pez ornamental, crecimiento, reproducción, índice gonadosomático.

Amazonas hacia el río Putumayo, lo que favorecería su alimentación por la mayor disponibilidad de peces.

Es necesario establecer medidas de ordenamiento binacionales (Perú-Colombia) para proteger a este importante recurso en su periodo de máxima actividad reproductiva.

@3

Palabras clave: pez ornamental, crecimiento, reproducción, índice gonadosomático

800



ffi

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



ffi[MARF.-E.,,

1. INTRODUCCIÓN

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

El Perú es un país poseedor de una amplia diversidad de peces continentales, particularmente numerosos en la extensa cuenca del río Amazonas, donde decenas de especies son de importancia para el comercio nacional e internacional de peces ornamentales, destacando la "arahuana" por su alta demanda, principalmente en países del continente asiático.

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 "arahuana" en Loreto.

La "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* es uno de los recursos que sustenta el comercio de peces ornamentales en Loreto, dado que posee una alta demanda en el mercado internacional; constituyendo la cuenca del río Putumayo uno de los principales aportantes de ejemplares para la oferta nacional, ya que según las estadísticas, esta cuenca aportó con el 28% del total comercializado en el periodo 2001-2007 (Prensa 2008).

Según la DIREPRO Loreto, entre los años 2000 y 2012, esta región anualmente exportó en promedio 1 015 000 alevines de "arahuana" (cantidad que, acorde con algunas estimaciones, representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.

Representaría el 50% de la extracción del ambiente natural), los que habrían generado un ingreso estimado de S/. 2 030 000 (considerando S/. 2,00/pez) por año. Sin ninguna medida de manejo, la extracción intensa del recurso podría poner en peligro su sostenibilidad.



@

Veda extractiva, en una zonalájea o cuerpo de agua determinado para recuperar la población del recurso, la cual muestra comprobados indicios de afectación, cuya duración se fija teniendo en cuenta consideraciones definidas por estimaciones cuantitativas basadas en prospecciones seriadas de la condición poblacional.



Dada la importancia de la "arahuana" 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, de los cuales se pueden mencionar a Cortegano *et al.* (2014), Duponchelle *et al.* (2012), Torres *et al.* (2012), Ruiz (2011), IIAP (2011), Manzanares (2010), entre otros.

El presente estudio se realizó con el objetivo de generar información sustancial sobre los aspectos biológicos y reproductivos de la "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo (Loreto).

2. CONSIDERACIONES GENERALES

2.1 Características biológicas de la "arahuana"

Lo precisado se basa en información de Mota *et al.* (2008), Gómez (2007), INADE-PEDICP (2007), Argumedo (2005), Sánchez *et al.* (1996) y Cala (1973).

a) Distribución

La "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* es una especie de la familia Osteoglossidae cuya distribución natural comprende gran parte de la cuenca amazónica de Brasil, Perú, Ecuador y Colombia.

b) Hábitat y ecología

La "arahuana" es una especie bentopelágica que habita principalmente en lagos, pero también en orillas de ríos de agua blanca, negra y clara. Tiene hábitos diurnos y es sedentaria. Durante el periodo de creciente es más abundante en el bosque inundado. Habita ambientes acuáticos tranquilos, de poca profundidad y por lo general transparentes (aguas alcalinas). Nada habitualmente a lo largo de la superficie, por lo que su pesca se realiza en las orillas de las cochas y caños.

c) Alimentación

Es omnívora, pero tiene tendencia carnívora, presentando variaciones ontogénicas en su alimentación.

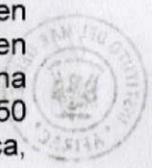
Los adultos se alimentan de invertebrados acuáticos y terrestres (insectos), decápodos, arañas, peces, y los juveniles consumen fitoplancton, zooplancton y semillas. Su preferencia por los insectos está asociada a su gran habilidad de saltar fuera del agua, para capturar a sus presas que caen en el bosque inundado.

d) Aspectos reproductivos

Alcanza la madurez sexual entre los 20 y 22 meses de edad en cautiverio, cuando alcanza 55 cm de longitud estándar (LE).

Su época de reproducción en el río Putumayo comprende los meses de noviembre a mayo, en la época de aguas bajas e inicio de la creciente, en este periodo forman parejas que construyen nidos y se mantienen unidas hasta el desove. Poseen una gónada izquierda funcional y una derecha atrofiada. Es de desove parcelado y fecundación externa, y la fecundidad oscila de 250 a 300 óvulos/ejemplar-año. A los 10 días del desove los machos guardan los huevos en su boca, con el fin incrementar la sobrevivencia de la progenie.

Sobrevive en ambientes con bajas concentraciones de oxígeno por medio de la respiración en la superficie acuática.





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Los ejemplares de "arahuana", antes de alcanzar una longitud de 5 cm, son incapaces de nadar porque el saco vitelino tiende a hundirlas. Al alcanzar el estadio de nadador, el progenitor (padre) permite la salida de la boca a las crías para nadar alrededor de él y cazar larvas de mosquitos y otros organismos microscópicos, recogiéndolas rápidamente al detectar algún peligro que pueda amenazarlas.

2.2 Sobre la cuenca del río Putumayo

a) Sistema hídrico

El río Putumayo posee una extensión aproximada de 2000 km, es un recurso hídrico transfronterizo, compartido por Perú y Colombia, nace en los páramos localizados entre el límite de los departamentos de Nariño y Putumayo al sur de Colombia, en el Cerro de Bordoncillo a 3600 msnm, su área total es 85 704 km², de los cuales 39 563 km² están en el territorio colombiano y 46 141 km² en el peruano; contiene varias sub cuencas que vierten sus aguas desde ambas márgenes del río, siendo de mayor tamaño el río Igará - Paraná con 12 812 km² en la parte colombiana y el río Yaguas con 10 863 km² en la parte peruana (SINCHI-INADE 1999; INADE-PEDICP 2005).

En la zona de frontera, los principales ríos afluentes (Figura 1) que tienen origen en territorio colombiano son el Caucajá, Caraparaná, Sábaloyacu, Buri-Buri, Igaráparaná, Pupuña, Porvenir y Cotuhé; y los que tienen origen en territorio peruano son los ríos Güeppi, Yaricaya, Peneya, Angusilla, Yubineto, Yabuyanós, Campuya, Ere, Algodón, Esperanza y Yaguas (Agudelo *et al.* 2006).

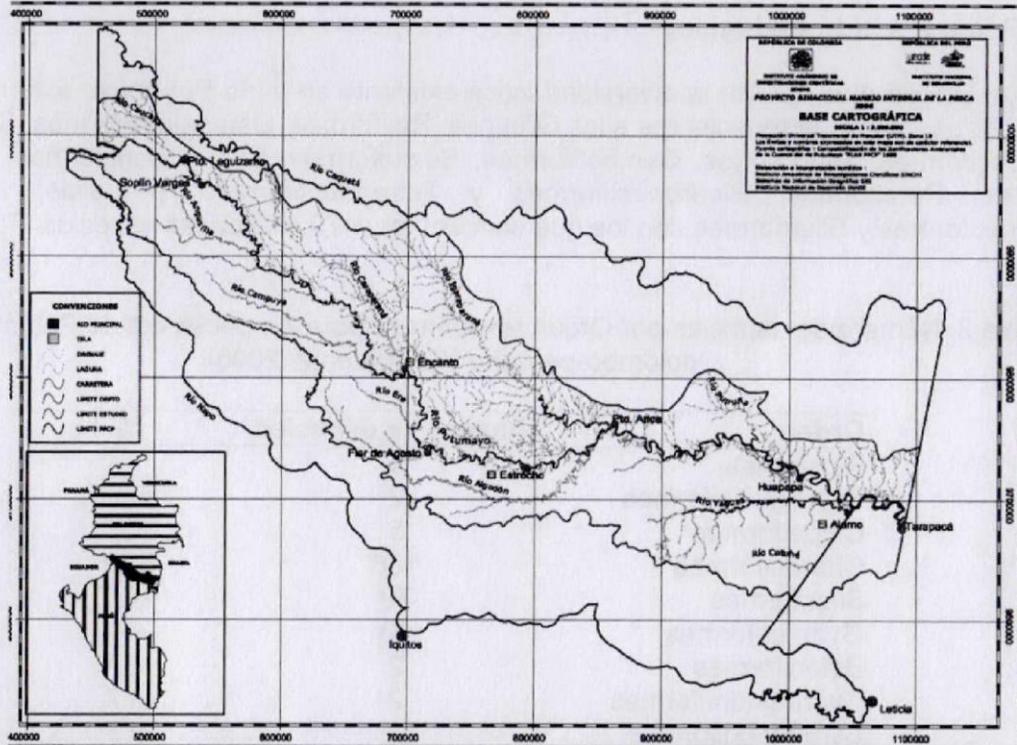


Figura 1. Río Putumayo en el área fronteriza colombo - peruana con sus principales sub cuencas y localidades (tomado de Agudelo *et al.* 2006)

Colombia y el Perú interactúan con más de 100 caseríos a lo largo del eje fronterizo compartido en un tramo cercano a los 1330 km lineales.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

b) Régimen hidrológico

El régimen de las aguas del río Putumayo es fluctuante, de alto dinamismo entre marzo y julio de cada año, por efecto de las precipitaciones particularmente abundantes, sujetas a las influencias predominantes de la Zona de Convergencia Intertropical – ZCIT. Los valores anuales de precipitación oscilan entre 1000 y 5300 mm (con promedio de 2450 mm) siendo el sector de Tarapacá - Huapapa el más lluvioso (3000 mm/año). El periodo de lluvias es de régimen monomodal, es decir presenta un pulso importante de precipitaciones en el año (Agudelo *et al.* 2006).

Debido a las precipitaciones que influyen sobre los niveles de agua, la dinámica del río es de carácter sinusoidal, pudiéndose identificar cuatro periodos hidrológicos según la información contenida en el informe del PEDICP-DIREPRO LORETO- IBC (2013) (Tabla 1).

Tabla 1. Periodos hidrológicos del río Putumayo

Periodo	Meses	Duración	
		Semanas	Días
Aguas bajas	diciembre-febrero	12,9	90
Aguas en ascenso	marzo-mayo	13,1	92
Aguas altas	junio-julio	8,7	61
Aguas en descenso	agosto-noviembre	17,4	122

2.3 Recursos hidrobiológicos

Según Ortega *et al.* (2006) la diversidad íctica existente en el río Putumayo está representada por 296 especies, pertenecientes a los Órdenes: Rajiformes, Osteoglossiformes, Clupeiformes, Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes, Beloniformes, Cyprinodontiformes, Synbranchiformes, Perciformes, Pleuronectiformes y Tetraodontiformes; de ellas, los órdenes Characiformes y Siluriformes son los que concentran el 79,4 % de las especies (Tabla 2).

Tabla 2. Número de especies por Orden taxonómico para los peces del río Putumayo, sector colombo-peruano (Ortega *et al.* 2006)

Orden	Número de especies	%
Rajiformes	4	1,4
Osteoglossiformes	2	0,7
Clupeiformes	5	1,7
Characiformes	156	52,7
Siluriformes	79	26,7
Gymnotiformes	13	4,4
Beloniformes	2	0,7
Cyprinodontiformes	2	0,7
Synbranchiformes	1	0,3
Perciformes	30	10,1
Pleuronectiformes	1	0,3
Tetraodontiformes	1	0,3
Total	296	100





2.4 Influencia del régimen hidrológico sobre la pesca en el río Putumayo

Durante el periodo de inundación, los peces se adentran a los bosques de llanura, que son inundados por la crecida del río, para alimentarse; comportamiento que limita su captura; pero durante el periodo seco (aguas bajas), la mayoría de los peces abandona estos sistemas utilizando el río Putumayo como vía de movilización, concentrando sus poblaciones y facilitando la pesca. El régimen hidrológico modula la actividad pesquera que se realiza en distintos ambientes (lagos, ríos, playas o brazos). En consecuencia, el río Putumayo es la zona con mayor presión pesquera donde se buscan los peces de cuero, mientras que algunos peces de escama como "pirarucú" y alevinos de "arahuana", se obtienen en la exploración de los lagos o cochas.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Ámbito de estudio

Las muestras biológicas para el estudio fueron obtenidas principalmente en lagunas ubicadas en dos sectores de la cuenca del río Putumayo. El primer sector "El Estrecho" (en la cuenca media del río), comprendió a aquellos cuerpos de agua que están próximos a la localidad de San Antonio de El Estrecho, siendo la laguna Cedrococha ($02^{\circ}24'10,33''$ S; $72^{\circ}37'5,09''$ O) el principal lugar donde se efectuó la captura de ejemplares por los 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 ($02^{\circ}30'58,27''$ S; $70^{\circ}30'12,56''$ O) como principal lugar de pesca, además de otros como Huapapa, Dispensa y Agua Negra, que también fueron frecuentados para la captura de ejemplares de "arahuana" (Figuras 2 y 3).

3.2 Obtención del material biológico

Se realizó un monitoreo biológico mensual en base a ejemplares de "arahuana" que fueron capturados sistemáticamente de manera mensual entre octubre del 2015 y junio del 2017.

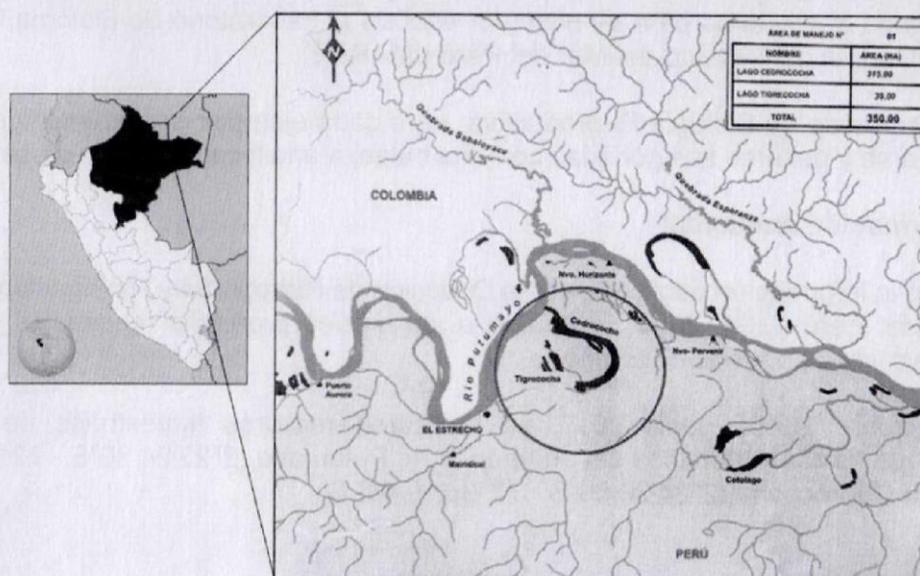


Figura 2. Ámbito de estudio: sector Cedrococha - El Estrecho - Cuenca del río Putumayo. Figura tomada de PEDICP (2013).



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

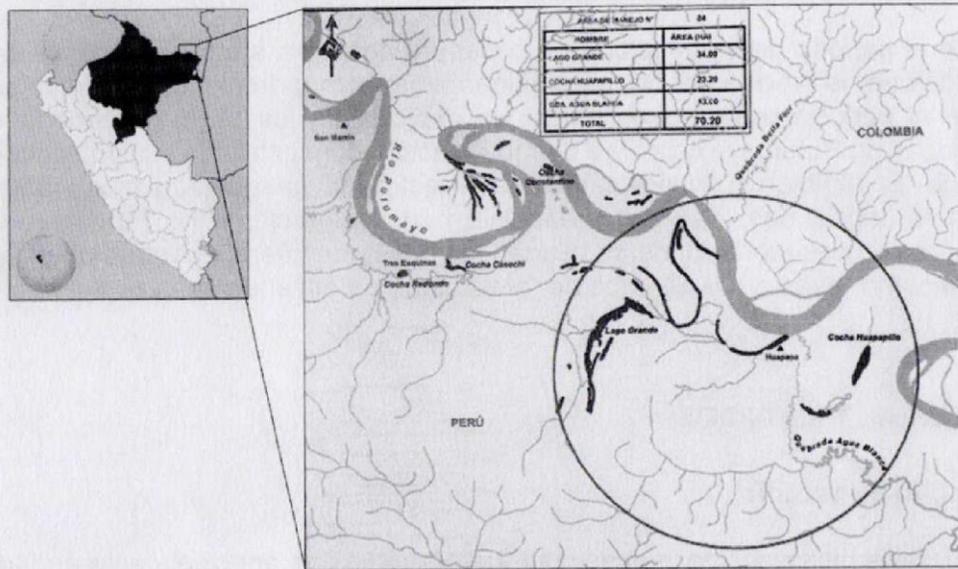


Figura 3. Ámbito de estudio: sector Huapapa - cuenca del río Putumayo. Figura tomada de PEDICP (2013).

3.3 Obtención de la información biológica

En base a las capturas mensuales de "arahuana", en los lugares antes señalados, se realizaron muestreos biológicos para cada pez; registrándose las variables de longitud total (LT), peso total (PT) y peso eviscerado (PE).

La LT se registró con ayuda de una cinta métrica graduada al milímetro, mientras que para el PT y PE se utilizó una balanza digital, con 0,005 kg de sensibilidad. Las vísceras (órganos del sistema digestivo y gónadas) fueron codificadas y colectadas en solución de formol bufferado al 10%; siendo trasladadas para su posterior análisis al Laboratorio de Biología Reproductiva en la Sede Central del Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

En el laboratorio de Biología Reproductiva, para cada ejemplar se determinó el sexo, además de extraerse y pesarse sus gónadas con una balanza analítica de 0,01 g de sensibilidad.

3.4 Información ambiental

Se utilizó la información publicada por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (MGP 2009), referente a los niveles promedio mensuales del nivel del río Putumayo, registrados en El Estrecho.

Entre octubre 2015 - junio 2017, se realizaron registros trimestrales de los principales parámetros físicos y químicos del agua en el río Putumayo (2°23'24,30"S - 72°38'8,10" O) y en la laguna Cedrococha (2°24'26,69"S - 72°36'19,46" O).





Los parámetros registrados, y métodos empleados en su registro, fueron los siguientes:

<u>Parámetro</u>	<u>Método</u>
Temperatura (°C)	Termómetro electrónico
pH	pHmetro digital
Oxígeno disuelto (mg/L)	Oxímetro portátil Hanna
	Método Químico
Conductividad (µS/cm)	Conductímetro
Dióxido de carbono (mg/L)	Test Kit HACH
Alcalinidad total (mg/L)	Test Kit HACH
Dureza total (mg/L)	Test Kit HACH

3.5 Análisis de la información biológica

3.5.1 Determinación de los aspectos poblacionales

a) Análisis de la estructura de tallas

Con la utilización del software Microsoft Excel 2013 se efectuó el análisis de frecuencia de tallas, estructurando clases de longitud total (LT) cada 5 cm, para facilitar los análisis e interpretación de resultados. Se analizó la distribución por clases de talla y su variación en el tiempo. Los resultados de dicho análisis se exponen en una serie mensual de doce meses (enero - diciembre), agrupando por meses la información generada en el periodo octubre 2015 – junio 2017.

Se determinaron estadísticos de la LT agrupada referidos a la mínima, máxima, moda; a la media, su desviación estándar (DE), y su coeficiente de variación porcentual [CV (%)].

b) Estimación de los parámetros de edad y crecimiento

Se estimaron los parámetros de la Función de Crecimiento de von Bertalanffy (FCVB), expresada en Beverton y Holt (1957):

$$LT_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

Donde:

LT_t = talla del pez en la edad t.

L_∞ = longitud asintótica.

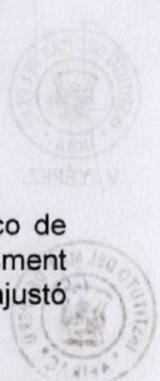
K = coeficiente de desaceleración del crecimiento.

e = base del logaritmo natural neperiano (2,71828).

t_0 = edad teórica del pez a la longitud cero.

Los parámetros de crecimiento K y L_∞ fueron obtenidos mediante el Análisis Electrónico de Frecuencia de Longitudes (ELEFAN), rutina del paquete FiSAT-ICLARM Fish Stock Assessment Tools (Gayanilo y Pauly 1997; Gayanilo *et al.* 2005). El inicio de la curva de crecimiento se ajustó al mes pico de actividad reproductiva. El parámetro t_0 fue considerado como cero.

Con los parámetros de crecimiento e información de tallas, se definió la estructura de edades para ambos sexos.





c) Relación longitud peso

Para estimar la relación longitud-peso (RLP) de los ejemplares machos y hembras, se aplicó la ecuación dada por Huxley (1924):

$$PT = a \cdot LT^b$$

Los valores de a y b, se obtuvieron con la regresión lineal de la ecuación de Huxley linealizada:

$$\ln (PT) = \ln (a) + b \cdot \ln (LT)$$

Donde:

PT = Peso total (g).

LT = Longitud total (cm).

a = Intercepto.

b = Pendiente (índice relativo de crecimiento).

Las regresiones por sexos entre $\ln (LT)$ y $\ln (PT)$ fueron realizadas a partir de información consolidada de longitudes y pesos de los ejemplares observados en el periodo de estudio.

3.5.2 Aspectos reproductivos y condición somática

3.5.2.1 Proporción sexual

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

3.5.2.2 Evolución de los estadios o fases de madurez gonadal

Para determinar los cambios en las fases de madurez gonadal de "arahuana", se estableció una escala de madurez gonadal validada histológicamente, sobre la base de los tipos de ovocitos observados, así como los tipos de células sexuales masculinas y su disposición en el estroma gonadal (ver en Anexos: Tablas 2 y 3); la cual consta de seis fases tanto para hembras como para machos (Tabla 3).

Tabla 3. Fases de madurez gonadal de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* validadas histológicamente.

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

3.5.2.3 Determinación del ciclo reproductivo

El ciclo reproductivo se determinó a partir del análisis de la evolución mensual del índice gonadosomático (IGS) y del índice de actividad de desove o fracción desovante (IAD o FD) en hembras adultas; mediante lo cual se identificó el periodo más importante de reproducción.





a) Índice gonadosomático (IGS)

El IGS indica el grado de desarrollo de las gónadas en un determinado momento. Sus bajos valores indican inactividad reproductiva o incipiente desarrollo gonadal. Sin embargo, el incremento del índice da señal que las gónadas presentan ovocitos que están incrementando su masa y volumen, producto de la incorporación de vitelo, lo que se traduce en el incremento del peso de las gónadas.

El índice gonadosomático (IGS) se calculó utilizando la ecuación de Vazzoler (1982), que considera la razón entre el peso de la gónada y el peso eviscerado de cada espécimen, como se expresa en la siguiente ecuación:

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

Donde:

PG = Peso de las gónadas (g).

PE = Peso eviscerado (g).

b) Índice de actividad de desove o fracción desovante (IAD o FD)

El IAD o FD es un índice que mide directamente el desove, el cual involucra exclusivamente a los individuos desovantes (fase IV), definiéndose a partir de las lecturas de los cortes histológicos, donde se detecta la presencia de estructuras celulares llamadas folículos post-ovulatorios (FPO).

El IAD o FD se calculó a partir de la ecuación propuesta por Buitrón *et al.* (2011):

$$IAD \text{ o } FD = \left(\frac{H_{IV}}{H_a} \right) * 100$$

Donde:

H_{IV} = número de hembras en fase IV (desovantes).

H_a = número de hembras adultas (suma del número de hembras con estadios de madurez reconocibles del I al V).

3.5.2.4 Factor de condición

Este parámetro se determinó utilizando la ecuación propuesta por Heincke (1908), modificada y expresada de la siguiente manera:

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

Donde:

PE = peso eviscerado (g).

LT = longitud total (cm).





4. RESULTADOS

4.1 Aspectos ambientales (parámetros limnológicos)

En la laguna Cedrococha y en el río Putumayo, las tendencias de los parámetros físicos y químicos del agua fueron similares.

Se observaron aguas cálidas en setiembre (31,8 °C en Cedrococha y 32,3 °C en el río Putumayo) y relativamente frías en junio (28,0 °C en Cedrococha y 29,5 °C en el río Putumayo). Hubo una mínima diferencia entre las temperaturas promedio (Cedrococha fue 30,1 °C y en el río Putumayo 30,3 °C) de ambos cuerpos de agua (Figura 4a).

La conductividad eléctrica del agua (Figura 4b) fue elevada en junio (75,6 μS/cm en Cedrococha y 115,8 μS/m en el río Putumayo) y descendió progresivamente en meses siguientes, registrando bajos valores (<30 μS/cm) en diciembre y marzo.

El pH (Figura 4c) fue elevado en setiembre (7,7 en Cedrococha y 8,2 en el río Putumayo) y bajo en junio (6,0 en Cedrococha y 6,4 en el río Putumayo) en ambos cuerpos de agua. El pH promedio en Cedrococha fue 7,0 y en el río Putumayo 7,1.

Se apreciaron altas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua en setiembre (6,33 mg/L en Cedrococha y 6,30 mg/L en el río Putumayo) y menores en marzo en ambos cuerpos de agua (6,01 mg/L en Cedrococha y 5,79 mg/L en el río Putumayo). El promedio fue similar (6,01 mg/L) en los dos cuerpos de agua evaluados (Figura 4d).

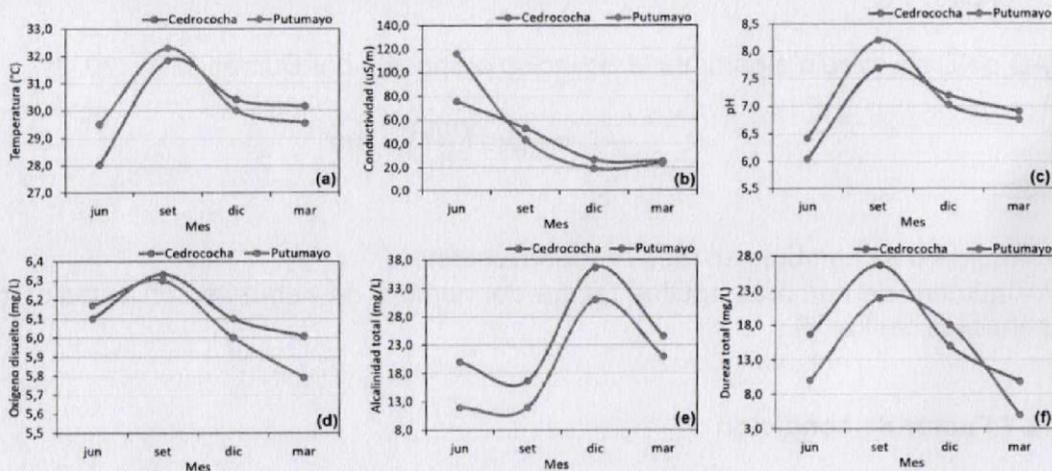


Figura 4. Variación trimestral de los principales parámetros limnológicos de laguna Cedrococha y el río Putumayo, octubre 2015-junio 2017

4.2 Aspectos poblacionales

a) Estructura de tallas

En base al análisis de LT agrupada en clases de talla de 5 cm, se determinó que para los machos (405 ejemplares evaluados) la talla fluctuó entre 37 y 97 cm, siendo la LT media calculada de $71,0 \pm 10,1$ cm (prom. \pm DE). Para el caso de las hembras (453 ejemplares evaluados), la talla fluctuó entre 42 y 97 cm, siendo la LT media calculada de $69,9 \pm 9,3$ cm (Tablas 4 y 5). La marca de clase modal en ambos sexos se ubicó en los 67 cm; siendo la configuración de la estructura de tallas agrupadas, relativamente similar en ambos sexos (Figura 5).



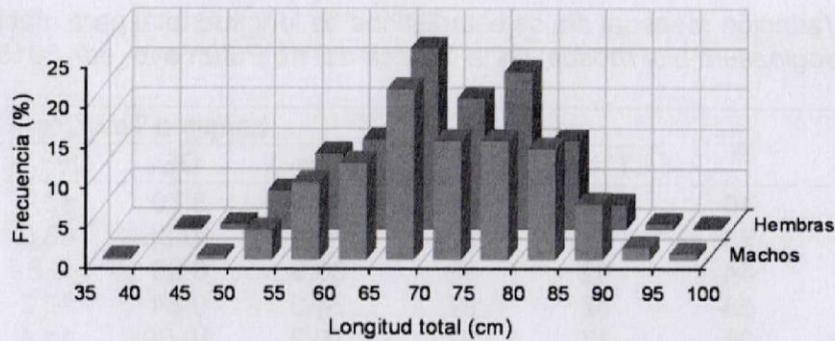


Figura 5. Estructura de tallas de hembras y machos de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo, oct. 2015 – jun. 2017

En el análisis por sexo de la variación mensual de la estructura de tallas agrupadas, se observó el ingreso de reclutas a partir del mes de mayo, en ambos sexos, con ejemplares cuyas tallas oscilaron de 45 a 60 cm. Entre enero y abril se apreció una mayor incidencia de ejemplares con tallas que oscilaron entre 75 y 85 cm, mientras que entre mayo y diciembre se apreció una menor frecuencia de ejemplares adultos de tallas superiores a 70 cm (Figura 6).

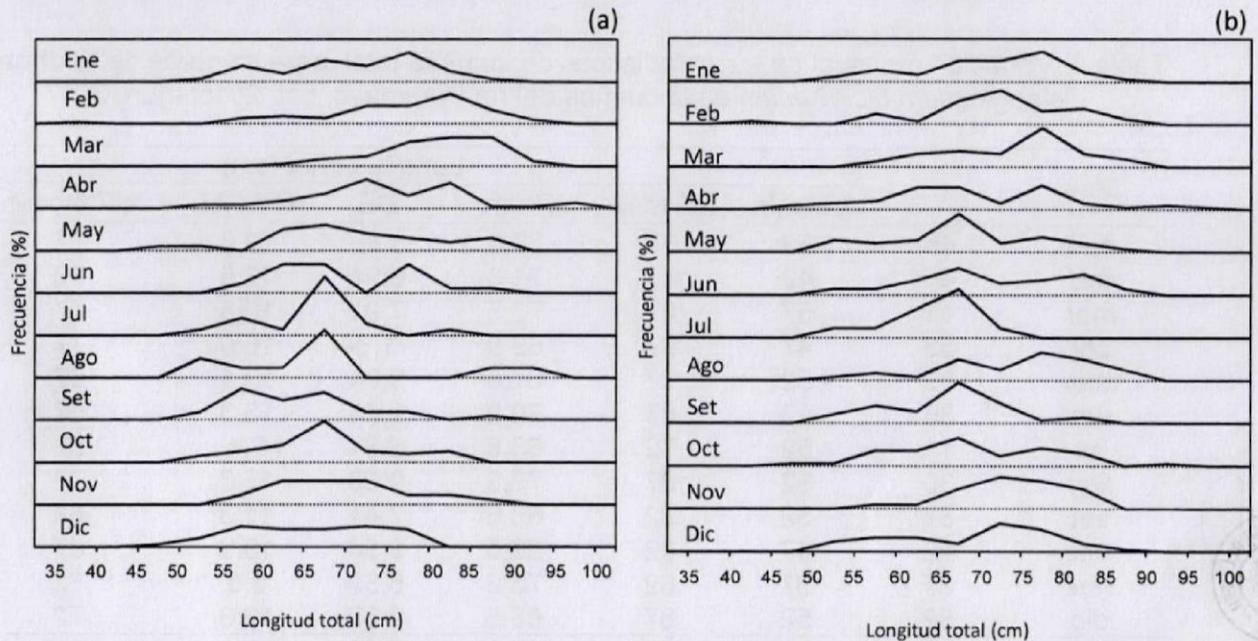


Figura 6. Variación mensual de la estructura de tallas agrupadas de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo, oct. 2015 – jun. 2017 (a: Machos; b: Hembras).

Las medias mensuales calculadas de LT, en el caso de los machos variaron entre 63,9 y 80,3 cm, y en las hembras entre 63,8 y 73,8 cm (Tablas 4 y 5).





Tabla 4. Variación mensual de los estadísticos de longitud total para machos de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo, oct. 2015 – jun. 2017.

Mes	n	Longitud Total (cm)					
		LT' mín.	LT' máx.	Prom.	DE	CV (%)	LT' Modas
ene	40	52	87	70,3	8,70	12,4	77
feb	53	37	92	75,9	10,35	13,6	82
mar	44	62	92	80,3	6,90	8,6	82 / 87
abr	58	52	97	74,3	9,84	13,2	72
may	25	47	87	70,2	10,09	14,4	67
jun	22	57	87	69,0	8,21	11,9	62 / 67 / 77
jul	18	52	82	65,6	6,63	10,1	67
ago	11	52	92	67,0	12,06	18,0	67
set	27	52	87	63,9	8,07	12,6	57
oct	49	52	82	67,1	7,86	11,7	67
nov	22	57	87	69,3	7,94	11,5	62 / 67 / 72
dic	36	47	77	65,1	8,44	13,0	57 / 72
Total	405	37	97	71,0	10,13	14,3	67

Tabla 5. Variación mensual de los estadísticos de longitud total, para hembras de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo, oct. 2015 – jun. 2017.

Mes	n	Longitud total (cm)					
		LT' mín.	LT' máx.	Prom.	DE	CV (%)	LT' Modas
ene	46	52	87	70,5	8,46	12,0	77
feb	41	42	87	71,3	8,94	12,5	72
mar	41	57	87	73,5	7,91	10,8	77
abr	53	47	97	68,9	11,04	16,0	77
may	36	52	87	67,6	9,04	13,4	67
jun	36	52	87	70,9	9,44	13,3	67
jul	11	52	72	63,8	5,34	8,4	67
ago	30	52	87	73,8	9,08	12,3	77
set	37	52	82	65,6	7,41	11,3	67
oct	42	47	92	68,5	9,54	13,9	67
nov	27	57	82	73,3	6,32	8,6	72
dic	53	52	87	68,5	9,35	13,6	72
Total	453	42	97	69,9	9,28	13,3	67

b) Parámetros de edad y crecimiento

En base a información de la estructura de tallas, se ejecutó el análisis ELEFAN (Figura 7) estimándose los parámetros de crecimiento de la FCVB: $L_{\infty} = 99,75$ cm y $K = 0,4$.

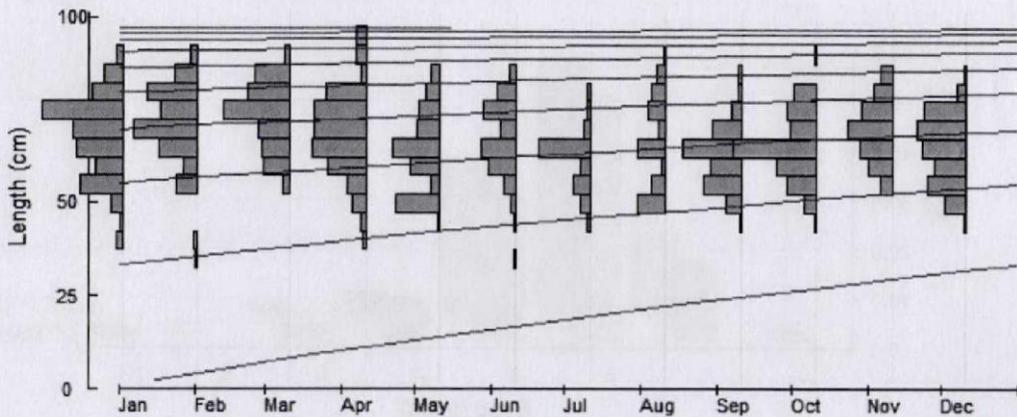


Figura 7. Histogramas de talla y curva de crecimiento determinada para la "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* con ELEFAN en la cuenca del río Putumayo, oct. 2015 – jun. 2017.

A partir de la función se graficó el incremento de la talla por edad, apreciándose que el crecimiento es acelerado durante los cuatro primeros años y lento posterior a ellos. Se determinó una talla media de 32,9 cm al primer año, 54,9 cm al segundo año, 69,7 cm al tercer año, y 79,6 cm al cuarto año (Figura 8).

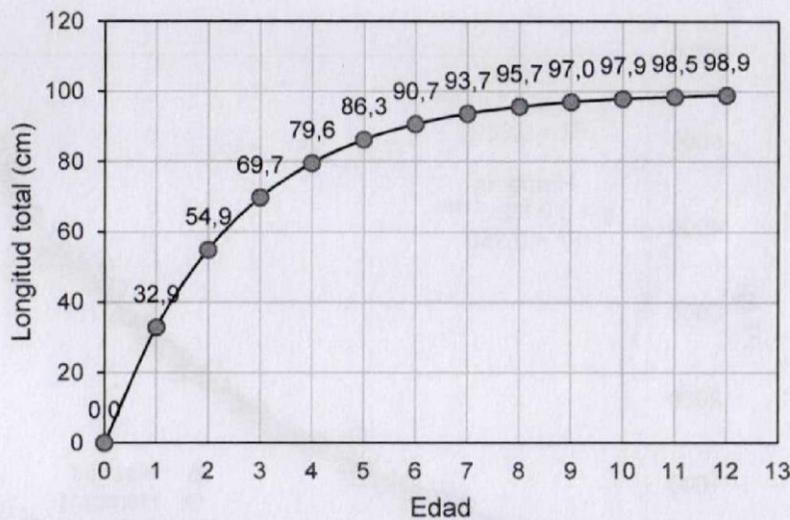


Figura 8. Proyección de la curva de crecimiento de la "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo.

Según la aplicación de la FCVB sobre la estructura de tallas, los machos tuvieron entre cero (clase que considera ejemplares < 1 año) y siete o más años (≥ 7 años), apreciándose una mayor frecuencia de ejemplares con edades de 2 y 3 años (Figura 9). La estructura por edades fue relativamente similar en ambos sexos, aunque en el caso de las hembras no se determinaron ejemplares con edad cero (Figura 9).





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

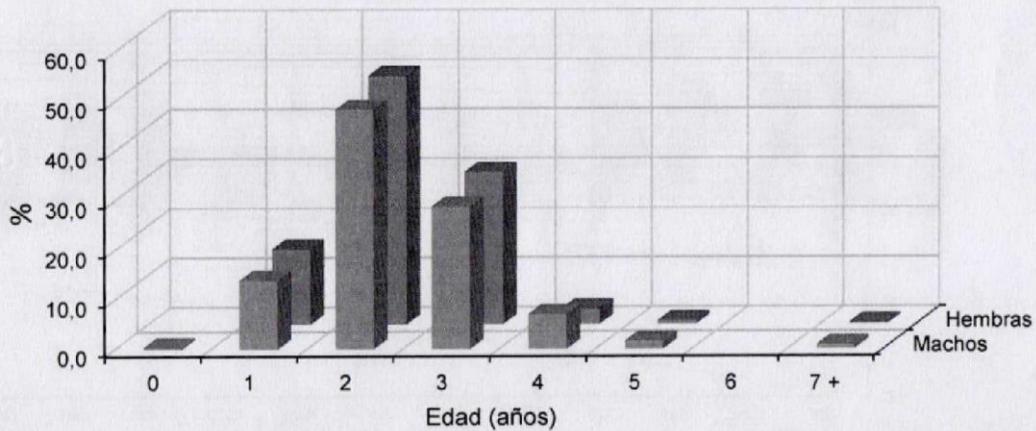


Figura 9. Composición por edades determinada para la "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo, oct. 2015 – jun. 2017.

c) Relación longitud peso

La relación entre la longitud y el peso de los ejemplares fue significativa, con coeficientes de determinación (R^2) de 0,98 en ambos sexos, habiéndose estimado coeficientes de crecimiento relativo (b) superiores a 3 (3,36 y 3,24 en machos y hembras respectivamente), lo que permite establecer que el crecimiento de la población evaluada es de tipo alométrico positivo (Figura 10).

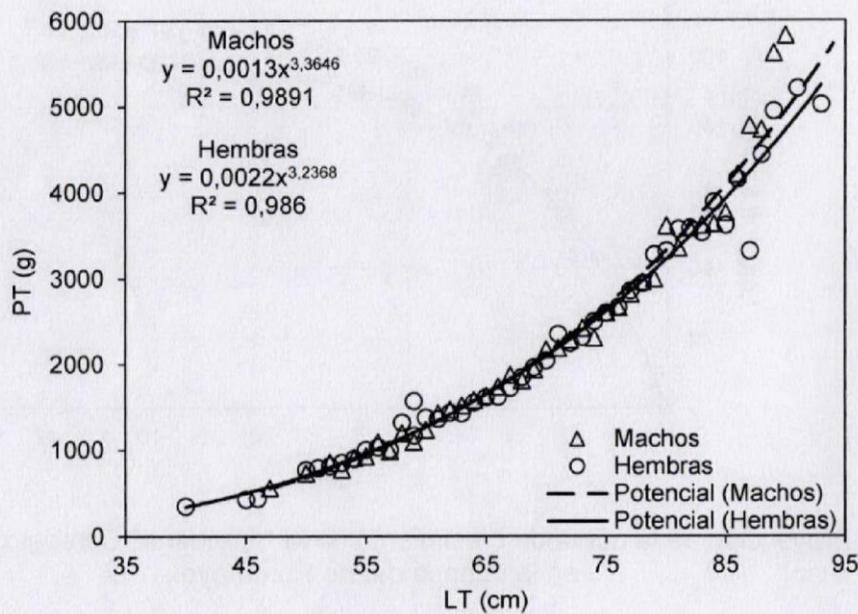


Figura 10. Relación longitud-peso determinada para la "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo, oct. 2015 – jun. 2017.





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

4.3 Aspectos reproductivos y condición somática

4.3.1 Proporción sexual

En general, la proporción sexual de 1:1 (♂ : ♀) se cumplió en la mayoría de meses; apreciándose sólo en agosto una proporción significativamente diferente en favor de las hembras (Tabla 6 y Figura 11).

Tabla 6. Proporción sexual mensual de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo.

mes	♀♀	♂♂	Total	Prop. ♀ : ♂	χ^2 (c)	Significancia
ene	46	40	86	1,2 : 1	0,2907	---
feb	41	53	94	0,8 : 1	1,2872	---
mar	41	44	85	0,9 : 1	0,0471	---
abr	53	58	111	0,9 : 1	0,1441	---
may	36	25	61	1,4 : 1	1,6393	---
jun	36	22	58	1,6 : 1	2,9138	---
jul	11	18	29	0,6 : 1	1,2414	---
ago	30	11	41	2,7 : 1	7,9024	**
set	37	27	64	1,4 : 1	1,2656	---
oct	42	49	91	0,9 : 1	0,3956	---
nov	27	22	49	1,2 : 1	0,3265	---
dic	53	36	89	1,5 : 1	2,8764	---
Total	453	405	858	1,1 : 1	2,5746	---

χ^2 (c): Chi cuadrado con corrección de Yates (Zar 2010); $\alpha = 0,05$; ** indica diferencia altamente significativa a la razón 1:1 cuando $\chi^2 \geq 3,84$

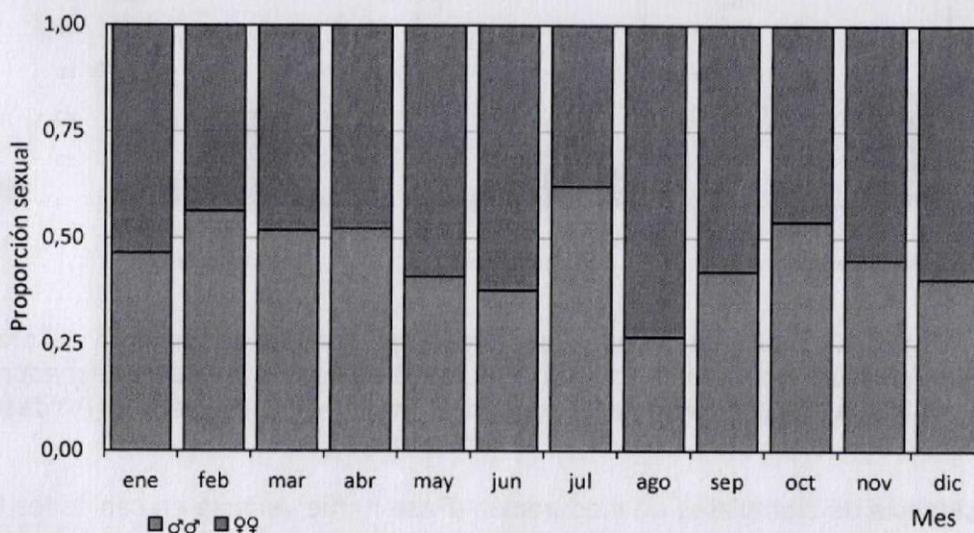


Figura 11. Proporción sexual mensual de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo, oct. 2015 – jun. 2017.



4.3.2 Evolución de la madurez gonadal

Se analizaron 394 ejemplares hembras (adultas) de "arahuana", colectadas en el periodo y ámbito de estudio.

En base al análisis de la evolución mensual de las fases de madurez gonadal de hembras, tomando en cuenta que los muestreos se realizaron en la quincena de cada mes, se pudo apreciar que la incidencia de ejemplares en reposo (Fase I) fue mayor a 40% en los meses de abril a setiembre (Figura 12).

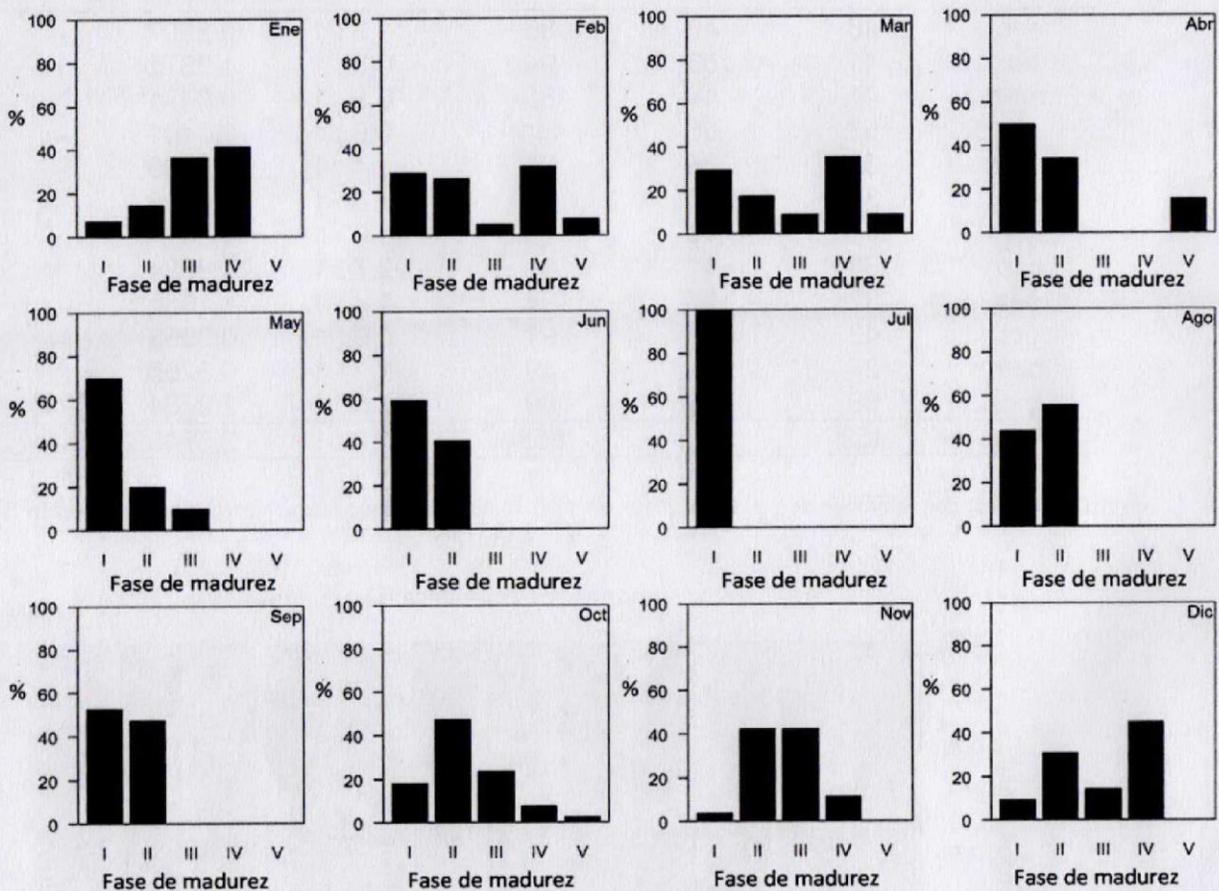


Figura 12. Evolución mensual de la madurez gonadal de hembras de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en el río Putumayo en base a la escala de madurez gonadal validada histológicamente. (I: reposo; II: maduración; III: maduro; IV: desovante; V: recuperación).

La incidencia de ejemplares en maduración (Fase II) fue variable en casi todos los meses, con mayores valores porcentuales principalmente de agosto a diciembre; la presencia de hembras maduras (Fase III) se apreció básicamente de octubre a marzo.

La fase IV (desovante) mostró porcentajes mayores a 30% desde la quincena de diciembre a la quincena de marzo. En la quincena del mes de abril se observó que el valor de la fase IV (desovante) fue 0,0%, marcando notoriamente el fin del periodo importante de reproducción.





4.3.3 Determinación del ciclo reproductivo

a) Índice gonadosomático (IGS)

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 manifiestan baja actividad reproductiva, presentando un incipiente desarrollo gonadal o que se encuentran en fase de reposo reproductivo. Los resultados evidencian que la reproducción acontece en los meses de aguas bajas (Figura 13).

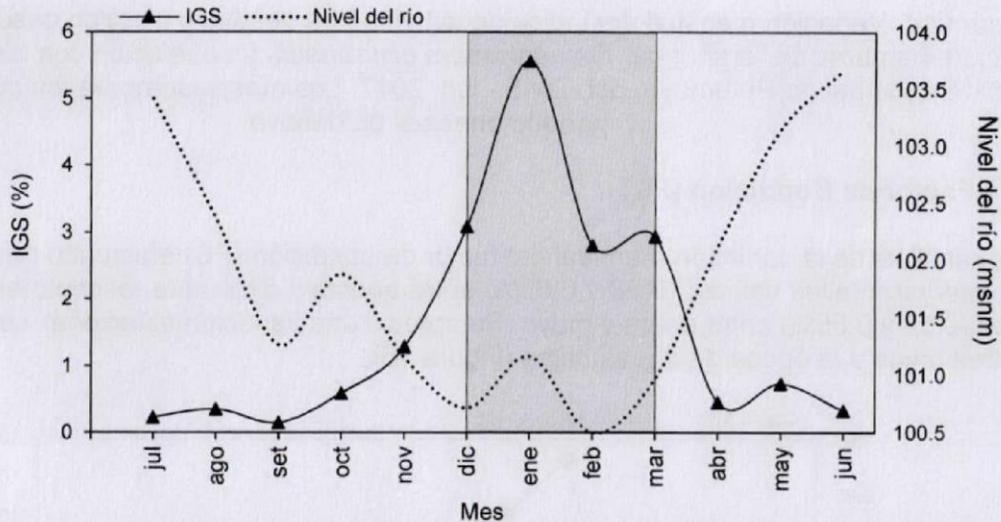


Figura 13. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) de hembras de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* y su relación con los cambios en el nivel de agua del río Putumayo, oct. 2015 - jun. 2017. Los meses sombreados corresponden al periodo principal de reproducción.

b) Análisis del índice de actividad de desove o fracción desovante (IAD o FD)

La información analizada muestra que el periodo más importante de desove abarcó los meses de diciembre (45,2%), enero (41,5%), febrero (31,6%) y marzo (35,3%); observándose además que la FD siguió una tendencia similar a la del IGS. Los meses de octubre y noviembre muestran reducidos valores de FD (< 12%) (Figura 14).

Se apreciaron altos valores de FD en meses donde se reportaron los promedios más bajos del nivel de agua del río Putumayo (< 101,4 msnm), reafirmando que el desove ocurre en el periodo de aguas bajas.





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

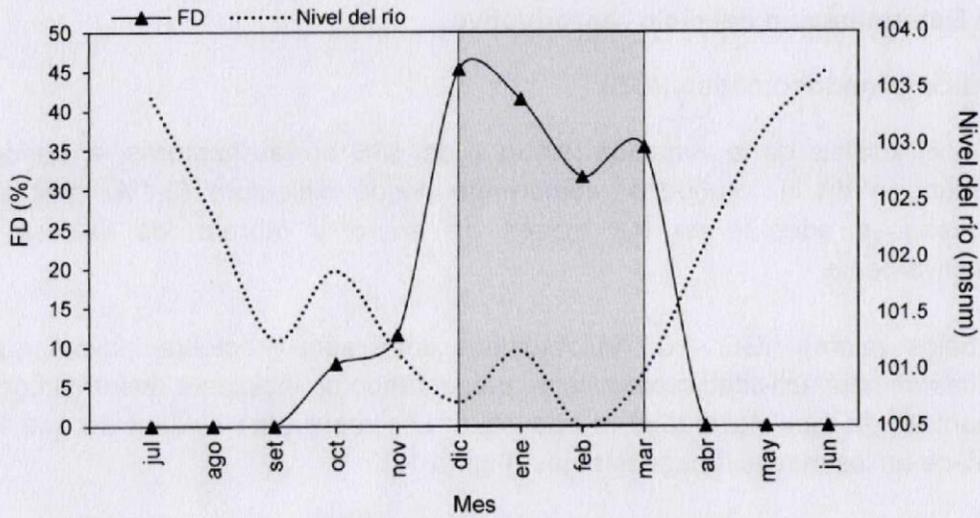


Figura 14. Variación mensual del índice de actividad de desove o fracción desovante (IAD o FD) de hembras de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* y su relación con los cambios de nivel de agua del río Putumayo, oct. 2015 - jun. 2017. Los meses sombreados corresponden al periodo principal de desove

4.3.4 Factor de Condición (FC)

En el análisis de la variación mensual del factor de condición (FC) efectuado para las hembras se observaron altos valores (0,58 y 0,63%) entre agosto y diciembre (excepto en setiembre), y bajos (0,52 y 0,55%) entre enero y mayo. Se apreció una variación estacional, correspondiendo valores bajos a la época de aguas bajas (Figura 15).

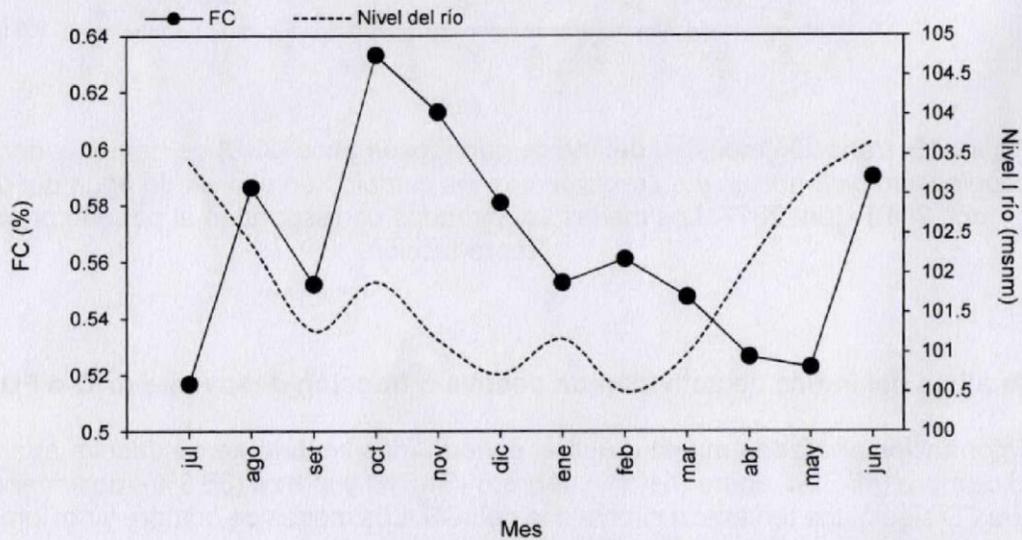


Figura 15. Variación mensual del factor de condición (determinado en hembras) de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* y su relación con los cambios de nivel de agua del río Putumayo, oct. 15 - jun. 17.





5. DISCUSIÓN

“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

Sobre la estructura por tallas s. Otscuró; j

La amplitud del rango de clases de talla de la "arahuana" del río Putumayo determinada en este estudio es similar a la reportada para el mismo río por Duponchelle *et al.* (2012) (39 a 72 cm de LE) y Manzanares (2011) (43 a 66 cm de LE); siendo menor a la amplitud del rango de LE informado por Ruiz (2012) en el río Ucayali (4,5 a 82,7 cm de LE); asemejándose más a las amplitudes reportadas en ese mismo estudio en los ríos Amazonas (28,5 a 91,0 cm LE) y Napo (34,1 a 82,5 cm LE).

En el análisis gráfico sobre la variación mensual de la estructura de tallas agrupadas se apreció que con normalidad acontece de marzo a mayo, según informe del PEDICP (2012). Los resultados de este estudio son consistentes con lo esperado por una mayor mortandad selectiva de machos y hembras, lo que podría ser consecuencia del impacto de la pesca ornamental, que con normalidad acontece de marzo a mayo, según informe del PEDICP (2012). Los resultados de este estudio son consistentes con lo esperado por una mayor mortandad selectiva de machos y hembras, lo que podría ser consecuencia del impacto de la pesca ornamental, que con normalidad acontece de marzo a mayo, según informe del PEDICP (2012). Los resultados de este estudio son consistentes con lo esperado por una mayor mortandad selectiva de machos y hembras, lo que podría ser consecuencia del impacto de la pesca ornamental, que con normalidad acontece de marzo a mayo, según informe del PEDICP (2012).

Las longitudes promedio por edad de la "arahuana" estimadas en este estudio para la cuenca del río Putumayo fueron diferentes a las estimadas por Duponchelle *et al.* (2012), lo cual podría deberse a la diferente composición de estructura de tallas observada en su estudio; así como al hecho que Duponchelle *et al.* utilizaron el método de lectura de otolitos.

Las longitudes promedio por edad de la "arahuana" estimadas en este estudio para la cuenca del río Putumayo fueron diferentes a las estimadas por Duponchelle *et al.* (2012), lo cual podría deberse a la diferente composición de estructura de tallas observada en su estudio; así como al hecho que Duponchelle *et al.* utilizaron el método de lectura de otolitos.

El coeficiente de crecimiento relativo (b) determinado para las hembras fue 3,24 y para los machos 3,36, manifestando un crecimiento alométrico positivo. El valor de b fue ligeramente mayor en los machos respecto a las hembras. Ruiz (2012) determinó, sin discriminar sexos, coeficientes de crecimiento relativo para poblaciones de "arahuana" en los ríos Ucayali (3,02), Napo (3,15) y Amazonas (3,28); siendo este último el más cercano a los estimados del presente estudio.

El coeficiente de crecimiento relativo (b) determinado para las hembras fue 3,24 y para los machos 3,36, manifestando un crecimiento alométrico positivo. El valor de b fue ligeramente mayor en los machos respecto a las hembras. Ruiz (2012) determinó, sin discriminar sexos, coeficientes de crecimiento relativo para poblaciones de "arahuana" en los ríos Ucayali (3,02), Napo (3,15) y Amazonas (3,28); siendo este último el más cercano a los estimados del presente estudio.

En octubre y noviembre los valores del factor de condición (FC) (0,63 y 0,61%, respectivamente) fueron altos en contraste con otros meses del año. Tales valores indicarían que la disponibilidad de alimento en el ambiente acuático sería mayor en los meses mencionados. La "arahuana" es una especie omnívora pero con tendencia a carnívora (Mota *et al.* 2008). Ruiz (2012) evaluó los hábitos alimentarios de la "arahuana" determinando que los peces de los géneros *Mylossoma*, *Triporthus*, *Potamorhina*, *Pimelodus*, 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 factor de condición (FC) (0,63 y 0,61%, respectivamente) fueron altos en contraste con otros meses del año. Tales valores indicarían que la disponibilidad de alimento en el ambiente acuático sería mayor en los meses mencionados. La "arahuana" es una especie omnívora pero con tendencia a carnívora (Mota *et al.* 2008). Ruiz (2012) evaluó la lenta recuperación que podría deberse a una escasez de alimento disponible o a la baja calidad del mismo durante dichos meses.



hábitos alimentarios de la "arahuana" determinando que los peces de los géneros Mylossoma, Triportheus, Potamorhina, Pimelodus, entre otros, conformaron más del 50% de la dieta durante los meses de agosto-octubre, lo que coincide con el periodo del "mijano" procedente de las aguas del río Amazonas.

§

Los menores valores del FC entre enero y mayo (rango de 0,52 a 0,55%), indican que la "arahuana" habría sufrido una descompensación somática influenciada por el gasto energético efectuado para la reproducción (Vazzoler 1996; Barbieri et al. 1996), seguida de una lenta recuperación que podría deberse a una escasez de alimento disponible o a la baja calidad del mismo durante dichos meses.

V. Épez Por otro lado, el PEDICP (2012), en su informe técnico, basándose en lo recomendado por la FAO ("los objetivos de uso sostenible y protección de los recursos pesqueros en la zona fronteriza del río Putumayo que Perú y Colombia desean alcanzar, solo serán posibles si se armonizan las regulaciones pesqueras por ambos países en esta zona"), y al análisis de los resultados de Sánchez y Alfonso (2003), García (2010) y Manzanares (2010), propuso establecer la

veda desde el 1 de noviembre hasta el 15 de marzo de cada año, tal como está **ffip** normado en Colombia (Acuerdo N° 018 de octubre 4-1996- INPA).

En este estudio, en base a un consistente sustento científico, basado en observaciones microscópicas de cortes histológicos del órgano reproductor, se propone establecer la veda de la "arahuana" *Osteoglossum bicinuosum* en la cuenca del río Putumayo, de diciembre a marzo.



6. CONCLUSIONES

- La estructura de tallas y edades de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* fue similar en machos y hembras.
- El porcentaje de ejemplares adultos de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* con tallas superiores a 70,0 cm, en el caso de machos, disminuye notoriamente a partir de mayo, lo cual puede deberse a la influencia de la pesca, que está orientada hacia los machos entre enero y marzo, para la obtención de larvas que luego son comercializadas como ornamentales.
- El crecimiento de la "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* es acelerado durante los cuatro primeros años de vida y lento posterior a dicha edad, apreciándose en este estudio, un coeficiente de crecimiento relativo superior a los determinados para la especie en otros ríos de la amazonia.
- En la cuenca del río Putumayo el periodo importante de reproducción de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* se presenta entre diciembre y marzo, apreciándose en los meses de diciembre y enero los valores más altos de índice gonadosomático (IGS) y fracción desovante (FD).

7. RECOMENDACIONES

Siendo el sacrificio de los machos una mala práctica de pesca para obtener a los juveniles de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum*, es pertinente que se utilicen métodos de pesca no letales.

Es pertinente definir fechas acerca del inicio y término del periodo de veda reproductiva para el manejo de la "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* en la cuenca del río Putumayo, relacionadas con los meses donde el recurso presenta desove intenso. En tal sentido, sobre la base de los resultados obtenidos, se sugiere:

- Establecer la veda reproductiva anual del recurso entre el 01 de diciembre y el 15 de marzo de cada año, como periodo predefinido.
- La norma debiera considerar la posibilidad de ejecución de monitoreos de evaluación del estado reproductivo del recurso, en caso de que por trascendentes alteraciones de las condiciones ambientales se observara evidencias científicas de cambios en el patrón de maduración; para oportunamente poder adecuar temporalmente la norma a la situación de excepción.

El establecimiento de la veda debe ser evaluado por el PRODUCE teniendo en consideración que la "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* es un recurso transfronterizo, cuyo aprovechamiento es de importancia para la economía de la zona fronteriza de Perú y Colombia. Por ello, su establecimiento debiera darse bajo consenso binacional.

Por otra parte, siendo el fin perseguido la conservación del recurso, la aplicación de un dispositivo de este tipo debe acompañarse con la ejecución de acciones y programas de concienciación que propicien su efectivo cumplimiento.





PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

028

ffi@

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Ministerio

ffi

IMARPE

028

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudelo E. Alonso JC, Moya LA. (Eds.) 2006. Perspectivas para el ordenamiento de la pesca y la acuicultura en el área de integración fronteriza colombo-peruana del río Putumayo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI e Instituto Nacional de Desarrollo INADE.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cortegano AC, Mori LA, Moya LA, Vásquez M, Soria P. 2014. Productivity and reproductive characteristics of silver arowana *Osteoglossum bicirrhosum* (Osteoglossiformes: Osteoglossidae) at Grande lake, Putumayo basin, Peru. *Biotropica* Vol. 44: 21-29.

Argumedo TCG. 2005. Arawanas. Manual para la cria comercial en cautiverio. Manejo de reproductores. Procedimientos de extracción, incubación y levante de larvas. ACUICA y Fondo para la Acción Ambiental.

Cortegano AC, Mori LA, Moya LA, Vásquez M, Soria P. 2014. Productivity and reproductive characteristics of silver arowana *Osteoglossum bicirrhosum* (Osteoglossiformes: Osteoglossidae) at Grande lake, Putumayo basin, Peru. *Biotropica* Vol. 44: 21-29.

Iheringia Serie Zoology 81:97-100

Argumedo TCG. 2005. Arawanas. Manual para la cria comercial en cautiverio. Manejo de reproductores.

Buitron B, Perea A, Mori J, Sanchez J, Roque C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Inf. Inst. Mar Perú. Vol. 38, num 4: 373-384.

Beverton R J H, y Holt S J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food (G.B.) (2 Sea Fish.) 19-533p.

Series Zoológicas Ictiológicas Colombianas: 1 Presencia de *Osteoglossum* en los llanos (orinoquia). *Lozania* 18:9-15.

Buitron B, Perea A, Mori J, Sanchez J, Roque C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Inf. Inst. Mar Perú. Vol. 38, num 4: 373-384.

Gastelblanc C. 2012. Hábitos alimenticios de la arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) en la cuenca medio del río Putumayo - El Estrecho, Loreto, Perú. *Ciencia Amazónica* Vol. 18:9-15.

Beverton R J H, y Holt S. J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food (G.8.) (2 Sea Fish.) 19-533 p.

Dirección Regional de la Producción - Loreto. 2013. Propuesta técnica de veda de pesca de *Osteoglossum bicirrhosum* "arahuana" en la parte media y baja de la cuenca del río Putumayo. Dirección de Extracción y Procesamiento Pesquero de Loreto.

Duponchelle F, Ruiz A, Waty A, Panfili J, Renno JF, Farfán F, Garcia-Vasquez A, Chu F, Garcia C, Vargas Castillo B, Pinedo R, Núñez J. 2012. Contrasted hydrological systems of the Peruvian Amazon induce differences in growth patterns of the silver arowana, *Osteoglossum bicirrhosum*. *Aquat. Living Resour.* 25, 17-26.

Gayanilo FC, Pauly D. 1997. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) Reference Manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries) N° 8. Rome. 262 p.

Dirección Regional de la Producción - Loreto. 2013. Propuesta técnica de veda de pesca de *Osteoglossum bicirrhosum* "arahuana" en la parte media y baja de la cuenca del río Putumayo. Dirección de Extracción y Procesamiento Pesquero de Loreto.

Gayanilo FC, Sparre P, Pauly D. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) N° 8. Rome. 168 p.

Duponchelle F, Ruiz A, Was A, Panfili J, Renno JF, Farfán F, Garcia-Vasquez A, Chu F, Garcia C, Vargas G, Gómez J. 2007. Plan de manejo de *Osteoglossum bicirrhosum* "arahuana" Cuenca del Pacaya, Reserva Nacional Pacaya Samiria, ProNaturaleza, Perú. 107 p.

Heincke F. 1908. Bericht über die Untersuchungen der Biologischen Anstalt auf Helgoland zur Naturgeschichte der Nutzfische. In: Die Beteiligung Deutschlands an der Internationalen Meeresforschung. 4. & 5. Jahresbericht. Verlag von Otto Salle, Berlin, pp. 67-150.

Gayanilo FC, Pauly D. 1997. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) Reference Manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries) N° 8. Rome. 262 p.

Huxley, J. S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, 114: 895-896.

Gayanilo FC, Sparre P, Pauly D. 2005. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised IAP 2011. Rasgos de vida de la Arahuana *Osteoglossum bicirrhosum*, en el Putumayo, localidades de Estrecho y Huapapa. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.

Gómez J. 2007. Plan de manejo de *Osteoglossum bicirrhosum* "arahuana" Cuenca del Pacaya, Reserva Nacional Pacaya Samiria, ProNaturaleza, Perú. 107 p.

INADE-PEDICP. 2005. Compatibilización e integración de la zonificación ecológica económica del ámbito del PEDICP Iquitos - Perú, 235 p.



V. YÉPEZ



Heincke F. 1908. Bericht über die Untersuchungen der Biologischen Anstalt auf Helgoland zur Naturgeschichte der Nutzfische. In: Die Beteiligung Deutschlands an der Internationalen VPE7
Verlag von Otto Salle, Berlin, pp. 67-150.
Meeresforschung, 4. & 5. Jahresbericht.

Huxley, J. S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. Nature, 114: 895-896.

IIAP 201 1. Rasgos de vida de la Arahua, Osteog/ossun bicirrhosum en el Putumayo, localidades de Estrecho y Huapapa. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

INAE-PEDICP 2007 . Plan de manejo pesquero de las especies "paiche" (Arapaima gigas) y "arahua" (Osteog/ossun bicirrhosum) en los sectores medio y bajo Putumayo 2008-2012. 73 pp.

INAE-PEDICP. 2005. Compatibilización e integración de la zonificación ecológica económica del ámbito del PEDICP Iquitos - Perú, 235 p.



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Manzanares CR. 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 Amazonía Peruana- Perú.

MGP. 2009. Informe Técnico: Investigaciones y mediciones de campo en el río Putumayo entre las confluencias de los ríos Yaguas y Güeppi. Dirección de Hidrografía y Navegación - Dirección General de Transporte Acuático, Marina de Guerra del Perú.

Mota GC, Lopes E, Siqueira-Souza FK, Beltrão dos Anjos HD, Yamamoto KC, De Carvalho CE. 2008. Peixes de lagos do Médio Rio Solimões. 2. ed. Rev. Manaus: Instituto I-Piatam. 160 pp.

PEDICP, DIREPRO LORETO, IBC, 2013. Programa de Manejo Pesquero de las especies "paiche" (*Arapaima gigas*) y "arauana" (*Osteoglossum bicirrhosum*) en los sectores medio y bajo Putumayo: 2013-2017. 81 p.

PEDICP 2012. Propuesta técnica y socioeconómica sobre la veda reproductiva de la especie "arauana" (*Osteoglossum bicirrhosum*) en el área fronteriza del río Putumayo (Perú). Iquitos. 22p.

Perea C. 2008. Informe sobre la extracción regional de arahuana en el periodo 2001-2007. Citado en Moya *et al.* 2012. Propuesta técnica y socioeconómica sobre la veda reproductiva de la especie arahuana (*Osteoglossum bocirrhosum*) en el área fronteriza del río Putumayo (Perú). Iquitos. 22 p.

Ruiz AD. 2011. Historia de vida de la "arauana" *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 CL, Alonso JC 2003. Proyecto: Evaluación ecológica y biológica reproductiva de la arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) en el Parque Nacional Natural La Paya, Puerto Leguizamo. Informe Final. Componente Biológico. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI. Citado en el Informe Técnico del PEDICP. 2012. Propuesta técnica y socioeconómica sobre la veda reproductiva de la especie "arauana" (*Osteoglossum bicirrhosum*) en el área fronteriza del río Putumayo (Perú). Iquitos. 22p.

Sánchez C, Camargo T, Valderrama M, Beltrán I. 1996. Esfuerzo y captura, Aspectos bioecológicos, Caracterización socioeconómica y comercialización de la Arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*, Vandelli 1829) en la Amazonía Colombiana. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura-INPA. Corporación Autónoma Regional del Putumayo-CAP. Santa Fe de Bogotá, D.C. 37 pp.

Sparre P. 1992. Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. Part I- Manual. FAO Fisheries Technical Paper 306/1. Rev 1. Rome.

SINCHI - INADE. 1999. Compatibilización de la macrozonificación ambiental de la Cuenca del río Putumayo. Plan Colombo - Peruano para el Desarrollo integral de la cuenca del río Putumayo. PPCP. OEA.

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), Vol. 2, No. 1: 17-26.

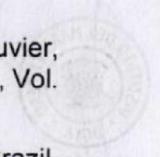
Vazzoler AE. 1996. Biología da reproducao de peixes teleósteos: teoría e prática. Eduem, Maringá, Brazil. 169 pp.

Zar J. H. 2010. Biostatistical Analysis (5th Edition). Prentice Hall, New Jersey. E.U.A. 945pp.

Callao, octubre 2017

Elaborado por: Stive Flores G. - AFIRAC
Javier Sánchez E. - LBR
Antonio Cuba M. - LBR

Revisado por:
José Wasiw G. - AFIRAC
Ricardo Bandín LI. - AFIRAC





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

ANEXO

ESCALA MICROSCÓPICA DE MADUREZ GONADAL DE "ARAHUANA" *Osteoglossum bicirrhosum*

Por: Javier Sánchez Espinoza y Antonio Cuba Martínez

Sobre la base del desarrollo ovocitario y espermatogénico, se clasificaron los ejemplares en seis estadios/fases para hembras y machos (Tabla 1).

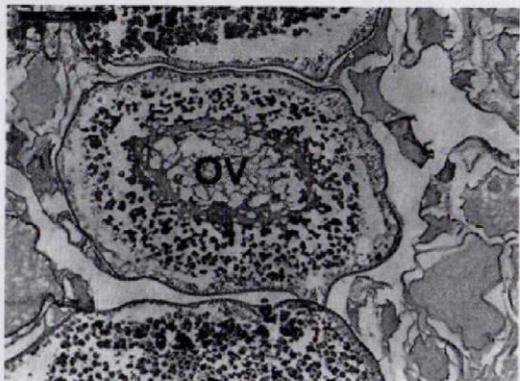
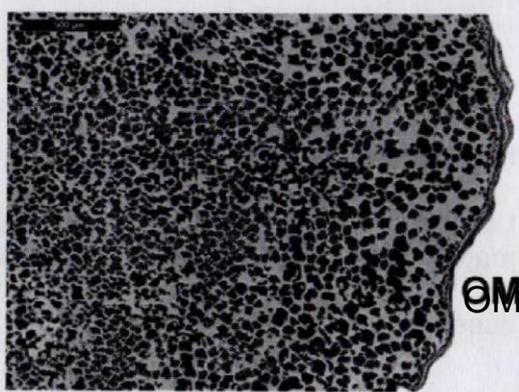
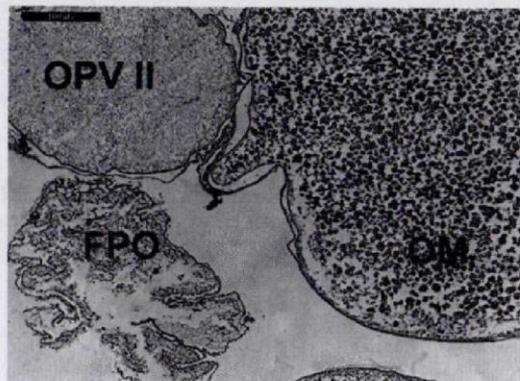
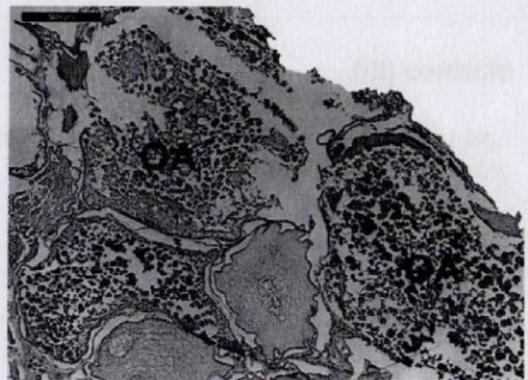
Tabla 1. Estadios/fases de madurez gonadal para "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* utilizados en el presente estudio.

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

Tabla 2. Descripción de las fases de madurez gonadal de hembras de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* determinado en base a observaciones microscópicas.

Fase	Figura
<p>Virginal (0)</p> <p>A nivel microscópico se puede observar 3 tipos de ovocitos. Ovocitos inmaduros (OI), ovocitos pre-vitelogenados I (OPV I) y ovocitos pre-vitelogenados II (OPV II).</p> <p>A nivel estructural se observan las células de una forma ordenada dentro de las lamelas.</p>	
<p>Reposo (I)</p> <p>Se logra identificar 3 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 se pierde y se ve de una forma aglomerada.</p>	



<p>En maduración (II)</p> <p>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.</p>	
<p>Maduro (III)</p> <p>Esta fase se caracteriza por la presencia de ovocitos maduros (OM). Los cuales, tienen un gran tamaño y se logra observar que los gránulos de vitelo están por toda la célula.</p>	
<p>Desovante (IV)</p> <p>Ovarios con presencia de folículo post-ovulatorio (FPO). El tamaño y forma del FPO depende de su grado de degeneración. Además, pueden presentarse ovocitos pre-vitelogenados II (OPV II), ovocitos maduros (OM).</p>	
<p>Recuperación (V)</p> <p>En esta fase se pueden identificar los ovocitos atresicos (OA), los cuales se caracterizan por presentar degeneración a nivel folicular y lisis al interior de la célula.</p>	

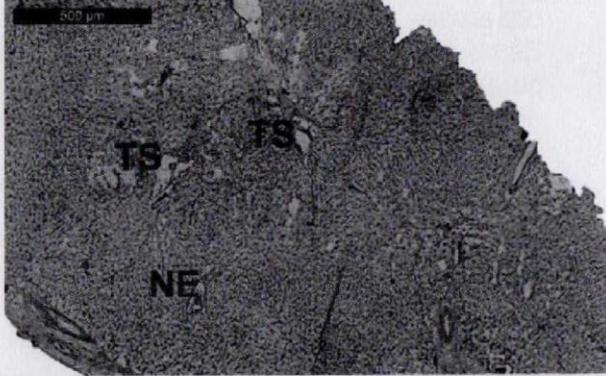
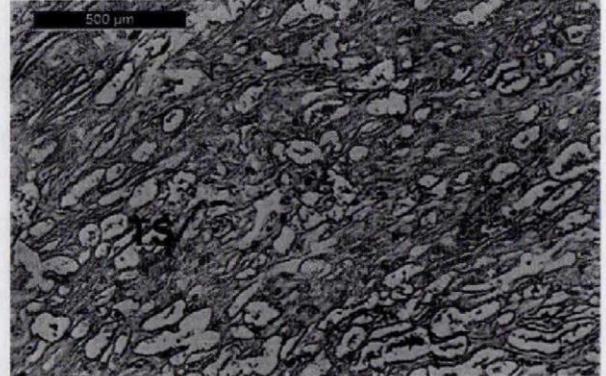
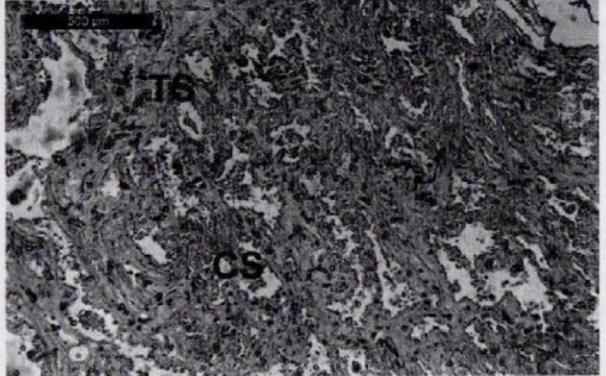
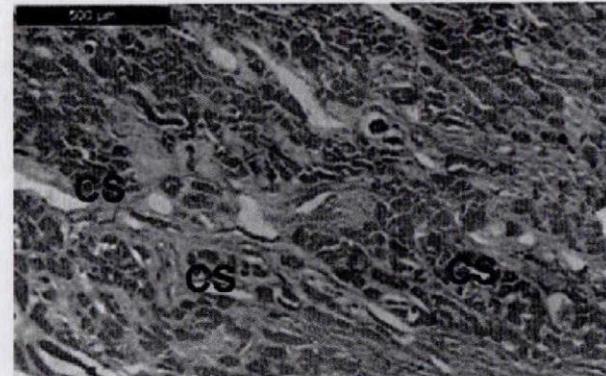

 V. YÉREZ





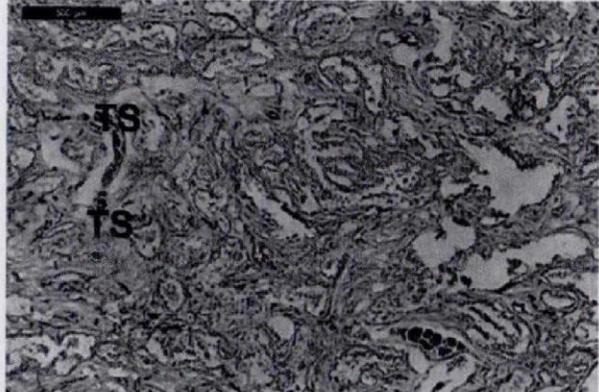
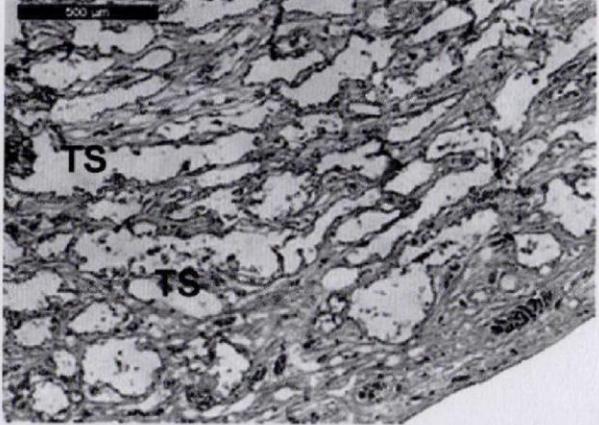


Tabla 3. Descripción de las fases de madurez gonadal de machos de "arahuana" *Osteoglossum bicirrhosum* determinado en base a observaciones microscópicas.

Fase	Figura
<p>Virginal (0)</p> <p>Se aprecia considerable cantidad de tejido conectivo. En los túbulos seminíferos (TS) se puede identificar los núcleos de espermatogonios (NE).</p>	
<p>Repose (I)</p> <p>Los túbulos seminíferos (TS) presentan un mayor desarrollo que en la fase virginal, con una baja cantidad de células espermáticas.</p>	
<p>En maduración (II)</p> <p>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.</p>	
<p>Madure (III)</p> <p>Los túbulos seminíferos de mayor diámetro y llenos de células espermáticas (CS).</p>	

V. YÉPEZ



<p>Expulsión (IV)</p> <p>Se observa algunas zonas vacías dentro de los túbulos seminíferos bien desarrollados (TS) con zonas vacías producto de la expulsión.</p>	
<p>Post-expulsante (V)</p> <p>Los túbulos seminíferos desarrollados (TS) se encuentran totalmente vacíos.</p>	

Callao, noviembre de 2017


V. YÉREZ

JSE - ACM/


ifip

